



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique



**Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE : TECHNOLOGIE**

**DEPARTEMENT : GÉNIE DES PROCÉDÉS**

## **MEMOIRE DE MASTER**

Présenté par :

**Recioui Seida faddoua**

**DOMAINE : Sciences et Technologies**

**FILIERE : Génie des Procédés**

**OPTION : Génie chimique**

### **Thème**

**Vérification des Paramètres de  
Fonctionnement, et de Dimensionnement, du  
Débutaniseur.**

#### **Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
ABDELMOUIZ Ahmed	MCB	Président
MERIGUI Khaled	MAA	Examineur
BOUREZG Mohammed Tahar	MAA	Rapporteur

**Promotion : SEPTEMBER 2023.**

# Remerciement

*Ce travail a été réalisé sous la direction de BEN ALLIA moukhtar à qui, nous exprimons notre gratitude.*

*Je remercie Dieu, le tout Puissant et Miséricordieux pour la volonté et la patience qu'il m'a attribué, qu'il soit loué pour l'aide qu'il m'a fourni afin d'achever mes études et suivre le droit chemin dans ma vie.*

*Je tiens, tout d'abord à exprimer toutes mes gratitudes à mon encadreur monsieur **BOURZEG mohammed tahar** pour sa patience, ses précieux conseils, ses critiques constructives afin de réaliser ce modeste travail.*

*Je réitère mes vifs remerciements à l'ensemble du jury d'avoir répondu présent et accepter d'être parmi nous et me juger et porter des remarques et suggestions dans un but évidant d'amélioration.*

*Je remercie à la fin, tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire, ainsi que tous ceux qui ont participé à mon formation.*

*Merci à tous.*

## *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire :*

*À mes chers parents : **Zoulikha et Mustapha***

*Que nulle dédicace ne peut exprimer mes sincères sentiments, Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour vous,*

*J'ai conscience de tous les sacrifices que vous avez dû faire pour me permettre de mener mes études dans les meilleures conditions possibles. Que dieu le tout puissant vous préserve, vous accorde la santé, et vous protège de tout mal.*

*À mes frères **Amin et Mohammed** et, ma seule sœur **Fatima***

*À mes belles cousines pour leurs amours et encouragements*

*À tous les membres de la famille **Recioui et Oudenani***

*À mes amies, nous avons partagés tellement des moments ensemble, je vous*

*Dédie ce travail en témoignage de notre amitié que j'espère durera toute la vie*

*Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du*

*Secondaire ou de l'enseignement supérieur*

*Recioui seida faddoua*

Figure **I.1**: Schéma général du fonctionnement d'une colonne de distillation.....6

Figure **I.2**: Schéma descriptif du fonctionnement de la zone d'enrichissement .....6

Figure **I.3** : Schéma descriptif du fonctionnement de la zone d'épuisement .....7

Figure **I.4** : Corrélation de GILLILAND.....14

Figure **I.5** : Schéma descriptif du bilan thermique de la colonne.....15

Tableau II.1 : Composition molaire de la charge d'alimentation .....	18
Tableau II.2 : Données de départ pour le calcul du débutaniseur.....	20
Tableau II.3 : Composition molaire du distillat et du résidu.....	23
Tableau II.4 : Les débits molaires et massiques avec la masse molaire moyenne.....	23
Tableau II.5 : Paramètres de marche du débutaniseur et les coefficients d'équilibre.....	24
Tableau II.6 : Volatilités relatives.....	24
Tableau II.7 : Taux de vaporisation de la charge.....	25
Tableau II.8 : Taux de rebouillage minimal du résidu.....	26

**Introduction générale.....** 2

**CHAPITRE 1 : PARTIE THEORIQUE**

I. Théorie de la distillation 5

II. Lois fondamentales de distillation 7

III. Bilan de matière 9

IV. Paramètres de marche 10

V. Détermination du taux de reflux 12

VI. Nombres des plateaux 13

VII. Bilan thermique 14

VIII. Conclusion 16

**CHAPITRE 2 : PARTIE CALCULS**

I. Données de départ 18

II. Détermination des paramètres opératoires de la colonne 23

III. Calcul de nombre de plateaux de la colonne 27

IV. Le bilan thermique de la débutaniseur 28

**Conclusion générale** 31

# **INTRODUCTION**

## **GENERALE**

La distillation industrielle est un processus de raffinage qui consiste à traiter du pétrole brut préchauffé pour séparer les différentes fractions.

Chaque niveau de température correspond à une étape du fractionnement et donne un produit spécifique : les produits légers sont recueillis dans la partie supérieure de la tour (butane et propane, essence légère ou naphta), les produits moyens (essence lourde, kérosène et gazole) sont récupérés en soutirage latéral, et le résidu atmosphérique est recueilli au fond de la tour.

Il existe plusieurs méthodes normale pour le calcul de la distillation complexe, les majorités d'elle sont des méthodes numériques basé sur la résolution des équations de (Bilans matières, bilans enthalpiques et d'équilibres thermodynamiques, de tous les étages) étape par étape,

Les méthodes raccourcies sont toujours utiles dans le travail de conception préliminaire et comme aide à la définition des problèmes de simulation informatique, Il existe des logicielles comme UniSim ou Aspen permettent de résoudre ces problèmes (résolution exacte mais complexe). Comme il existe la solution approximative.

Une méthode de distillation raccourcie largement utilisée, communément appelée méthode Fenske-Underwood-Gilliland (FUG) est étendue pour atteindre la conception initiale de l'équipement et les paramètres de fonctionnement, notamment le nombre de plateaux et le taux de reflux.

Le présent travail se veut comme objectif essentiel le traitement d'un problème de distillation des mélanges complexes. Les données de base sont celles du fonctionnement d'un débutaniseur.

Les calculs de dimensionnement et de charges thermiques nécessaires sont menés par rapport à une alimentation (charge) à traiter qui est un mélange complexe composé de dix constituants ( $C_3$ ,  $nC_4$ ,  $iC_4$ ,  $nC_5$ ,  $iC_5$ ,  $C_6$ ,  $C_7$ ,  $C_8$ ,  $C_9$ ,  $C_{10}$ ).

Pour l'expose de notre mémoire et de nos principaux calcules nous procédons comme suit :

Après une introduction général, on présente dans le premier chapitre une généralité sur la distillation, principe de fonctionnement d'une colonne, loi fondamentaux, des bilans matière et thermique, avec détermination du taux de reflux et le nombre des plateaux.

Dans le deuxième chapitre nous exposons une série de calcul afin d'optimiser les paramètres de marche de débutaniseur pour maximiser La récupération de C5+ .en finirons notre travail par une conclusion générale.

**CHAPITRE 1 :**  
**PARTIE THEORIQUE**

## I. Théorie de la distillation :

### I.1 Généralités :

La distillation est une des méthodes de séparation les plus importantes dont dispose le génie chimique. Cette opération permet la séparation d'un ou plusieurs constituants d'un mélange liquide, en mettant à profit la différence de volatilité des constituants.

Est un processus de séparation d'un mélange de substances liquides ayant des températures d'ébullition différentes. Il sépare les composants d'un mélange homogène. Sous l'action de la chaleur ou d'une faible pression, les substances se vaporisent successivement, et la vapeur obtenue est liquéfiée pour donner le distillat.

Le procédé utilise la différence de volatilité entre les constituants afin de les séparer : le composé le plus volatil s'évaporerait plus facilement et composerait la majeure partie des vapeurs. Il est ainsi possible de créer une phase gazeuse ayant une composition différente du mélange initial. Par condensation de ces vapeurs.

### I.2 Principe de fonctionnement d'une colonne de distillation :

La colonne de distillation est un appareillage cylindrique, vertical, constitué de plateaux ou de garnissage. Pour assurer le contact intime entre les deux phases sur chaque plateau, sur le long de la colonne les vapeurs s'enrichissent d'un plateau à un autre, de bas en haut en élément le plus volatil et le liquide s'enrichit en élément le moins volatil de haut en bas.

Pour avoir en tête de la colonne un distillat  $D$ , de composition  $Y_D$  et en bas, un résidu  $R$  de composition  $X_R$ .

L'alimentation est introduite dans la zone d'alimentation dite zone de flash, à l'état vapeur, liquide ou biphasique (selon la température de la charge).

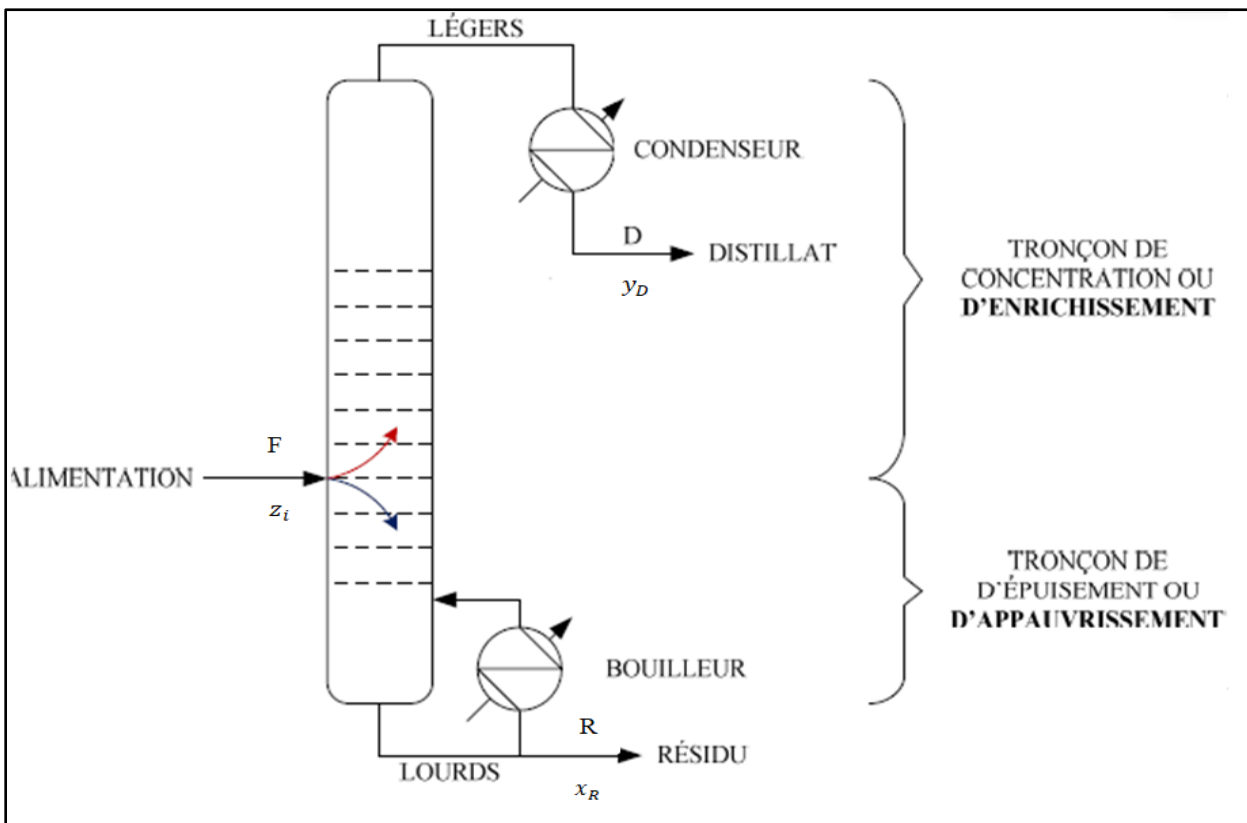


Figure I.1 : Schéma général du fonctionnement d'une colonne de distillation.

- La partie située au-dessus de la zone de flash est appelée zone d'enrichissement, caractérisée par un condenseur qui sert à condenser partiellement ou totalement la vapeur sortante de la tête de colonne. Une partie de ce mélange est envoyée en tant que reflux froid vers la partie supérieure de la colonne pour garder le gradient de température et corriger la composition des produits de tête.
- L'autre partie est extraite comme distillat à l'état liquide (lorsqu'il s'agit d'une condensation totale).

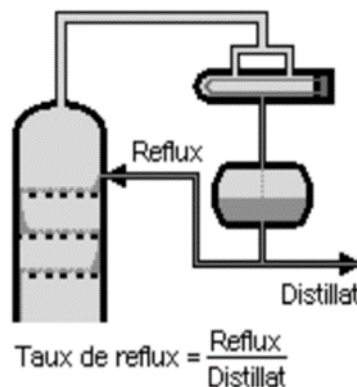


Figure I.2 : Schéma descriptif du fonctionnement de la zone d'enrichissement.

- La partie située au-dessous de la zone de flash est appelée zone d'épuisement, caractérisée elle aussi par la présence d'un rebouilleur, qui sert à apporter une certaine quantité de chaleur au liquide soutiré du dernier plateau afin de récupérer les constituants légers entraînés par les lourds.

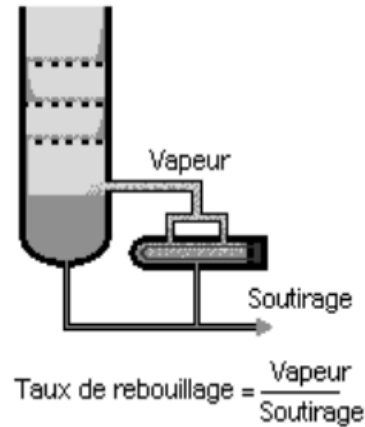


Figure I.3 : Schéma descriptif du fonctionnement de la zone d'épuisement.

## II. Lois fondamentales de distillation :

### II.1 Volatilité :

La volatilité désigne la plus ou moins grande facilité de vaporisation d'une substance, À l'équilibre, la concentration de tout composant présent dans la phase liquide peut être reliée à sa concentration dans la phase vapeur par le coefficient de partage appelé volatilité absolue (K) :

$$K_i = \frac{y_i}{x_i} \quad (\text{I.1})$$

- $y_i$  : la fraction molaire du constituant i dans la phase vapeur.
- $x_i$  : la fraction molaire du constituant i dans la phase Liquide.

### II.2 Loi de Dalton et Raoult :

La pression d'équilibre d'un mélange gazeux supposé parfait est la somme des pressions partielles de ces constituants,

$$P_T = \sum P_i \quad (\text{I.2})$$

- $P_T$  : pression totale du mélange.
- $P_i$  : pression partielle du constituant i.

-D'après la loi des gaz parfaits  $PV = nRT$ , la loi de Dalton peut s'écrire aussi en faisant intervenir le titre molaire,

$$P_i = y_i P_T \quad (I.3)$$

- loi de Raoult est applicable que pour les solutions idéales, c'est à dire les solutions dont les forces intermoléculaires sont identiques ou nulles quel que soit la composition,

$$P_i = x_i P_i^\circ \quad (I.4)$$

➤  $P_i^\circ$  : la pression saturante du constituant i.

### II.3 Détermination de la température du point bulle (Tb) et de rosée (Tr) :

D'après les relations d'équilibres [1]

$$\left\{ \begin{array}{l} y_i = K_i x_i \quad K_i=f(T) \text{ (Depreister diag)} \\ \sum_{i=1}^c y_i = 1 \quad (i=1,2,3,\dots,c) \\ \sum_{i=1}^c x_i = 1 \end{array} \right. \quad (I.5)$$

a) Température du point de bulle (Tb) (Xi données) :

$$\sum_{i=1}^c K(T)_i X_i = 1 \Rightarrow f(T) = \sum_{i=1}^c K(T)_i X_i - 1 \quad (I.6)$$

b) Température du point de rosée (Tr) (Yi données) :

$$\sum_{i=1}^c \frac{y_i}{K(T)_i} = 1 \Rightarrow f(T) = \sum_{i=1}^c \frac{y_i}{K(T)_i} - 1 \quad (I.7)$$

### III. Bilan de matière :

-Bilan de matière globale :

$$L' = D' + R' \quad (\text{I.8})$$

- Bilan de matière partielle :

$$L'Z'_{iL} = D'Y'_{iD} + R'X'_{iR} \quad (\text{I.9})$$

- $L'/D'/R'$  : Respectivement les débits d'alimentation, de distillat et de résidu (kmol/h).
- $Z'_{iL} / Y'_{iD} / X'_{iR}$  : Respectivement les fractions molaires du i dans l'alimentation, le distillat et le résidu.

#### III.1 Masse moléculaire moyenne :

$$M_{Lmoy} = \sum M_i \cdot Z'_{iL} = (\sum Z'_{iL} / M_i) \quad (\text{I.10})$$

$$M_{Dmoy} = \sum M_{iD} \cdot Y'_{iD} \quad (\text{I.11})$$

$$M_{Rmoy} = \sum M_{iR} \cdot X'_{iR} \quad (\text{I.12})$$

- $M_{Lmoy}, M_{Dmoy}, M_{Rmoy}$ : Les masses molaires moyennes d'alimentation et distillat, résidu (g/mole).
- $Z'_{iL}, Y'_{iD}, X'_{iR}$ : Les compositions molaires du constituant i dans l'alimentation, distillat et résidu.

#### III.2 Les compositions de distillat et du résidu :

$$Y_{iD} = \frac{(Y'_{iD} \cdot M_i)}{M_{Dmoy}} \quad (\text{III.13})$$

$$X_{iR} = \frac{(X'_{iR} \cdot M_i)}{M_{Rmoy}} \quad (I.14)$$

### III.3 Les débits :

$$L_i = L \times X_{iL} \quad (I.15)$$

$$L = L' \times M_{moy} = L_V \times \rho_L \quad (I.16)$$

$$D = D' \cdot M_{Dmoy} \quad (I.17)$$

$$R = R' \cdot M_{Rmoy} \quad (I.18)$$

- $L_V$ : Débit volumique de l'alimentation ( $m^3/h$ ).
- $\rho_L$  : la masse volumique de la charge ( $kg/m^3$ ).
- $L, D, R$  : Débit massique de l'alimentation, distillat et résidu ( $kg/h$ ).
- $L', D', R'$  : Débit molaire de la charge, Distillat et résidu ( $kmol/h$ ).

## IV. Paramètres opératoire :

Le choix de la pression dans la colonne est avant tout un enjeu économique ; on sait qu'à basse pression la sélectivité de la séparation sera meilleure et que l'on évitera l'altération thermique des produits, mais en contrepartie il faut condenser à basse température les vapeurs de tête pour obtenir le reflux liquide à sa température de bulle.

Par conséquent, le choix de fluide réfrigérant qui va imposer la pression dans la colonne, on doit utiliser une source froide abondante et bon marché, on utilise généralement l'air et l'eau qui permet d'obtenir un condensât de 30 à 45 °C, la pression dans la colonne sera au moins égale à la pression de bulles à ces températures.

Si la température de condensation de la vapeur distillée sous pression normale est supérieure à celle de l'eau ou de l'air, la distillation est généralement effectuée à une pression effective, un excès de pression est nécessaire pour vaincre les résistances des plateaux, des conduites et du condenseur.

Si la température de condensation de la vapeur de distillat à pression normale est inférieure à celle de l'eau ou de l'air, la colonne doit fonctionner à haute pression, pour que la condensation des vapeurs du distillat puisse être réalisée par réfrigération ordinaire (eau ou air). [2]

#### IV.1 Composés clés :

Les composants dont les récupérations fractionnaires de distillat et de queue sont spécifiées sont appelés éléments clés.

- La clé la plus volatile est appelée clé légère (LK).
- et la moins volatile est appelée clé lourde (HK).
- Les autres composants sont appelés non-clés (NK).

#### IV.2 Pression ballon :

$$P_{rf} = P_s - \Delta P$$

$$\text{Sommet de colonne : } P_s = P_a - \Delta P_1 \Rightarrow \Delta P \rightarrow 0,1 - 0,3 \quad (\text{I.19})$$

$$\text{Fond de colonne : } P_f = P_a + \Delta P_2 \Rightarrow \Delta P \rightarrow 0,3 - 0,5 \quad (\text{I.20})$$

$$\text{Alimentation : } P_a = (P_s + P_f)/2 \quad (\text{I.21})$$

- $\Delta P_1$  : Pertes de charges dues aux résistances des conduites et du condenseur.
- $\Delta P_2$  : Pertes de charges dues aux résistances des plateaux de la zone d'épuisement.

#### IV.3 Températures :

A partir l'approximation successive en peut déterminer les différentes températures dans la colonne de rectification :

$$\text{Tête de colonne } T_s \text{ (Vapeur)} \Rightarrow \sum Y'_{iD}/K_i = 1 \quad (\text{I.22})$$

$$\text{Fond de colonne } T_f \text{ (Liquide)} \Rightarrow \sum K_i \cdot X'_{iR} = 1 \quad (\text{I.23})$$

$$\text{Alimentation } T_a \text{ (Vapeur)} \Rightarrow \sum Y'_{iL}/K_{iL} = 1 \quad (\text{I.24})$$

$$\text{(Liquide)} \Rightarrow \sum K_{iL} \cdot X'_{iL} = 1 \quad (\text{I.25})$$

$$\text{Ballon de reflux (Liquide)} \Rightarrow \sum K_i \cdot X'_{iD} = 1 \quad (\text{I.26})$$

#### IV.4 Volatilité relative :

La volatilité désigne la plus ou moins grande facilité de vaporisation d'une substance :

$$\alpha = \frac{K_i}{K_r} \quad (I.27)$$

- $k_i$  : constante d'équilibre de l'élément  $i$ .
- $k_r$  : constante d'équilibre de l'élément de référence.

On prend le constituant clé lourd iC5 comme élément de référence.

## V. Détermination du taux de reflux:

Plusieurs cas peuvent être envisagés suivant le taux de reflux appliqué :

### V.1 Taux de reflux et rebouillage minimal :

C'est une autre limite de fonctionnement de la colonne correspondant à un nombre infini de plateaux théoriques. Pour calculer le reflux minimal la méthode d'Underwood est couramment employée.

Avant de calculer le reflux minimum, un paramètre conventionnel  $\varphi$  doit être déterminé par approximation successive à partir des équations suivantes [3] :

$$e'_0 = \sum \frac{(\alpha_{Li} \cdot X'_{Li})}{(\alpha_{Li} - \varphi)} \quad (I.28)$$

- $\alpha_{Li}$  et  $X'_{Li}$  : respectivement la volatilité et la fraction molaire du constituant  $i$  dans l'alimentation.
- $e'_0$  : taux de vaporisation de l'alimentation.

Dans ce moment, le calcul du taux de reflux minimal est possible à partir l'équation d'UNDERWOOD [3] :

$$rf_{min} = \varphi \sum \frac{Y'_{Di}}{(\alpha_{Li} - \varphi)} \quad (I.29)$$

Le taux de rebouillage minimal est calculé par la formule suivante :

$$rb_{min} = \sum \frac{(\alpha_{Li} \cdot X'_{Ri})}{(\alpha_{Li} - \varphi)} \quad (I.30)$$

### V.2 Taux de reflux optimal :

A partir de l'alimentation il est possible de réaliser une séparation spécifique en choisissant un taux opératoire en tête de colonne.

D'une manière générale, le taux de reflux correspond un nombre fini de plateaux théoriques et que ce nombre diminue quand le taux de reflux s'accroît, pour les calculs on peut utiliser la formule proposée par **GILLILAND** [3] :

$$\frac{(rf_{opt} - rf_{min})}{(rf_{opt} + 1)} = \frac{0,1}{0,3} \quad (I.31)$$

### V.3 Taux de rebouillage optimal :

La relation entre le  $(rb)_{min}$  et  $(rf)_{min}$  est donnée par la formule suivante :

$$rb_{min} = [(D/R)(rf_{min}) + (F/R)(1 - e'_0)] - 1 \quad (I.32)$$

## VI. Nombres des plateaux :

### VI.1 Nombres des plateaux minimaux :

Un nombre des plateaux minimaux est obtenu lorsque la colonne travaille en cycle fermé, L'équation du **Fenske**, nous permet de calculer le nombre des plateaux minimal  $N_{min}$  dans les zones de rectification et de l'épuisement [3] :

$$N_{min} = \frac{\ln \left[ \frac{(Y'_{iD} \cdot X'_{jL})}{(Y'_{jD} \cdot X'_{iL})} \right]}{\ln \left[ \frac{\alpha_{iL}}{\alpha_{jL}} \right]} \quad (I.33)$$

$$N_{min} = \frac{\ln \left[ \frac{(X'_{iL} \cdot X'_{jR})}{(X'_{jL} \cdot X'_{iR})} \right]}{\ln \left[ \frac{\alpha_{iR}}{\alpha_{jL}} \right]} \quad (I.34)$$

Ou :

- $N_{min}$  : Nombres des plateaux minimaux.
- $Y'_i$  : Fraction molaire de la clé légère.
- $X'_j$  : Fraction molaire de la clé lourde.

- $(\alpha_{iL}/\alpha_{jL})$  et  $(\alpha_{iR}/\alpha_{jL})$  : respectivement le rapport de la volatilité de la clé légère sur la clé lourde dans l'alimentation et le résidu.

### VI.2 Nombre de plateaux théoriques :

La corrélation de **GILLILAND**, permet de calculer la valeur du nombre de plateaux théoriques  $N$  par la relation :

$$\frac{N - N_{min}}{N + 1} = Cst \quad (I.35)$$

### VI.3 Nombre de plateaux réels :

Le nombre de plateaux réels dans la colonne est donné par [3] :

$$N_{réel} = \frac{N}{\eta} \quad (I.36)$$

- $\eta$  : Efficacité moyenne des plateaux réels.

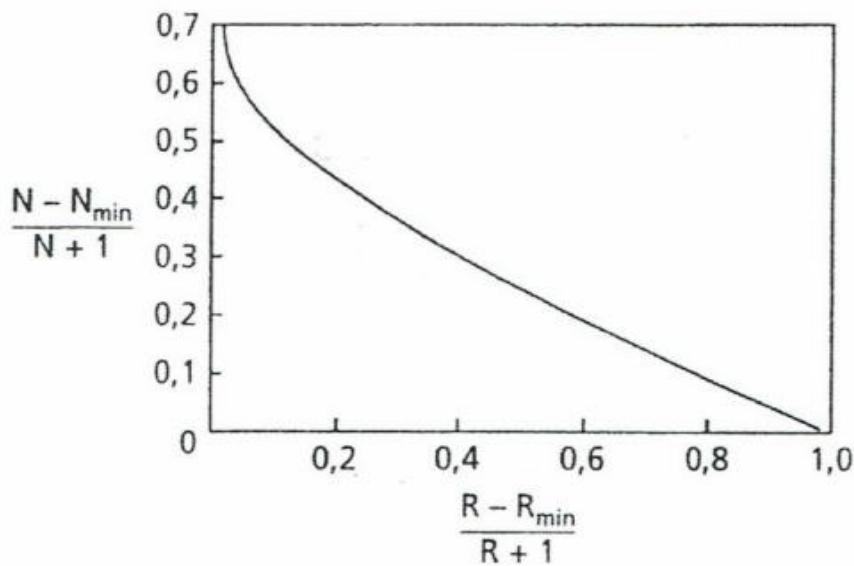


Figure I.4 : Corrélation de GILLILAND.

## VII. Bilan thermique :

Le bilan thermique de la colonne est nécessaire pour vérifier le débit du reflux liquide provenant du condenseur et pour déterminer les charges thermiques du condenseur et du rebouilleur [3],

$$Q_L + Q_{Rb} = Q_D + Q_R + Q_C \quad (I.37)$$

$$Q_L = L'.h_L \quad (I.38)$$

$$Q_R = R'.h_R \quad (I.39)$$

$$Q_D = D'.h_D \quad (I.40)$$

$$Q_C = (D' + g'x).(H_D - h_D) \quad (I.41)$$

- $Q_L, Q_R, Q_D$  : respectivement les Charges thermiques d'alimentation, résidu, distillat en kcal/h.
- $Q_C$  : Charge thermique de condenseur en kcal / h.
- $Q_{Rb}$  : Charge thermique fournie par le rebouilleur en kcal / h.
- $h_L$  : Enthalpie de la charge liquide en kcal / kmole.
- $h_R$  : Enthalpie de résidu à l'état liquide en kcal / kmole.
- $h_D$  : Enthalpie de distillat à l'état liquide en kcal/kmol.
- $H_D$  : Enthalpie de distillat à l'état vapeur en kcal/kmol.
- $H_R$  : Enthalpie de la phase vapeur provenant de rebouilleur en kcal/kmol.
- $g'x$  : Débit du reflux kmol/h.

Pour déterminer des débits molaires de reflux froid  $g'_x$  et du reflux chaud  $G'_R$  on a :

$$g'_x = rf_{opt}.D' \quad (I.42)$$

$$G'_R = rb_{opt}.R' \quad (I.43)$$

- $G'_R$  : Débit du reflux chaud (vapeur provenant de rebouilleur) en kmol/h.

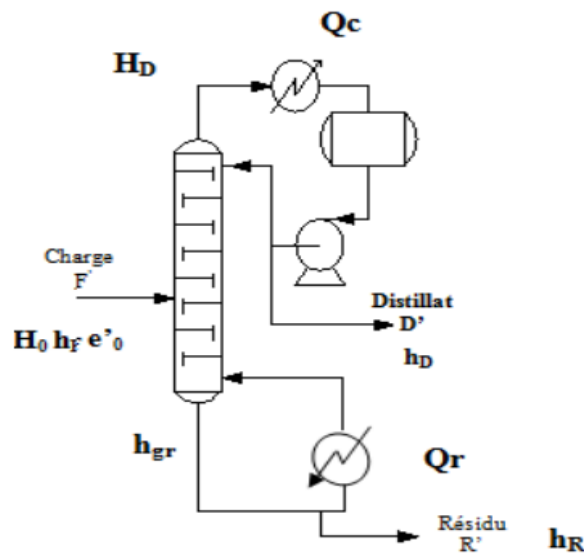


Figure I.5 : Schéma descriptif du bilan thermique de la colonne

## **VIII. Conclusion :**

Le calcul et la résolution des toutes équations précédents permet de faire des calculs d'un débutant, qui traitera une charge d'essence, ce que montre dans le chapitre suivant.

**CHAPITRE 2 :**  
**PARTIE CALCULS**

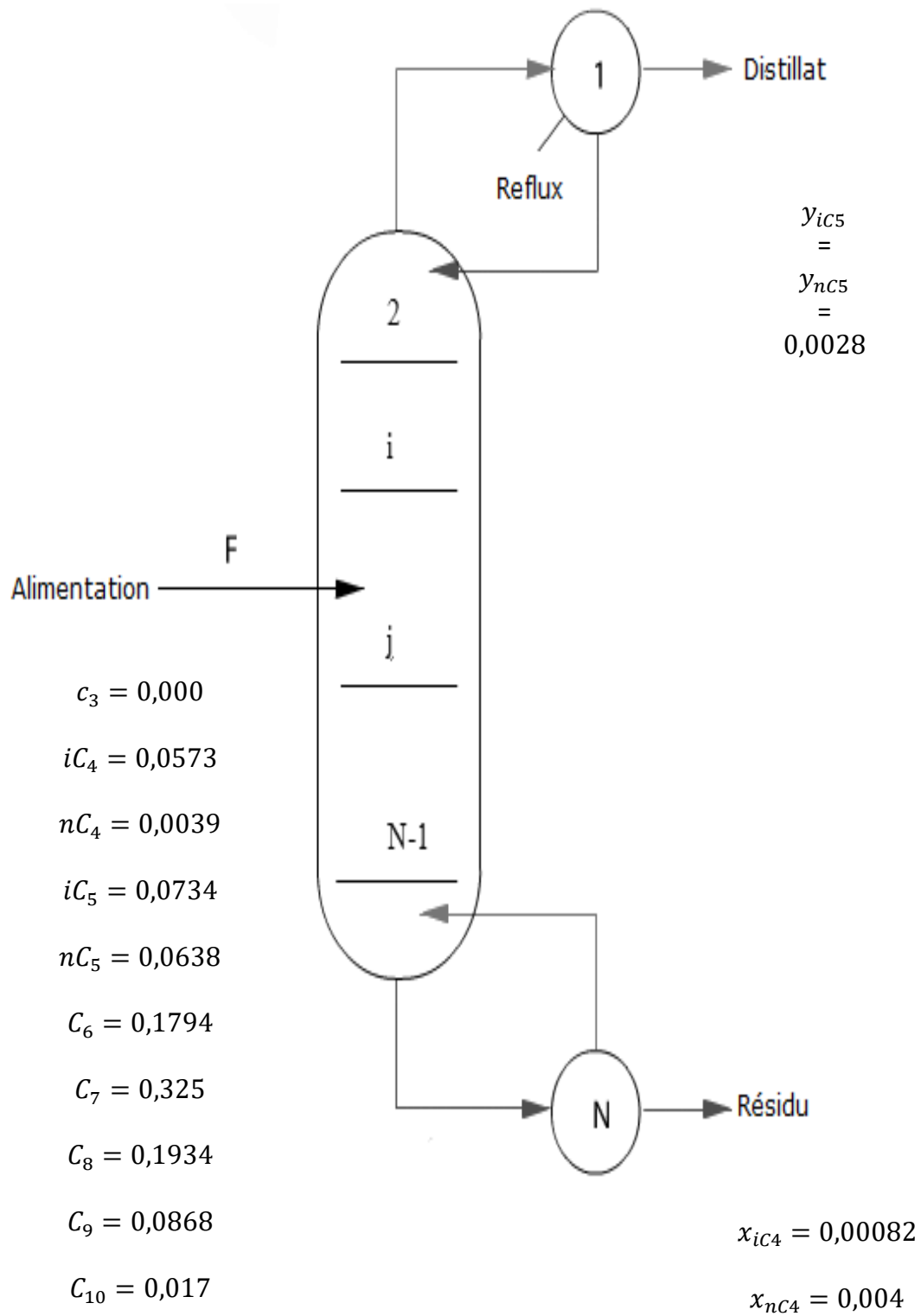
## I. Données de départ :

L'analyse chromatographique d'un échantillon de l'alimentation d'une colonne a donné la composition massique représentée par le tableau suivant :

Constituant	Fraction massique $Z_{iL}$
Propane C <sub>3</sub>	0,0000
Isobutane iC <sub>4</sub>	0,0537
n-butane nC <sub>4</sub>	0,0039
Isopentane iC <sub>5</sub>	0,0734
n-pentane nC <sub>5</sub>	0,0638
Hexane C <sub>6</sub>	0,1794
Heptane C <sub>7</sub>	0,325
Octane C <sub>8</sub>	0,1934
Nonane C <sub>9</sub>	0,0868
Decane C <sub>10</sub>	0,017
Totale	1

Tableau II.1 : Composition molaire de la charge d'alimentation.

- $Z_{iL}$  : concentration massique de l'élément  $i$  dans la charge.
- $T_a=108C^\circ$  : Température de l'alimentation.
- $P_s=15,5\text{bars}$  : Pression de sommet de la colonne.
- $F=94,3\text{m}^3/\text{h}$  : Le débit volumique de la charge entrant dans la colonne.



### I.1 Données de départ pour le calcul du Débutaniseur :

Les données de départ pour le calcul du débutaniseur résolues par les équations (III.10) à (III.18) sont regroupées dans les Tableaux suivant :

Constituants	Masse Molaire	Fraction Molaire $Z'_{iL}$	Débit massique L (Kg/h)	Débit Molaire L' (Kmol/h)
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	0,0916	3674 ,3052	63,3844
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	0,0062	250,0836	4,2902
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72	0,0945	4706,7016	65,3911
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72	0,0821	4091,1112	56,8106
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	0,1933	11503,8456	133,7576
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100	0,3012	20840,3	208,4210
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114	0,1572	12401,5816	108,7775
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	128	0,0628	5565,9632	43,4556
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142	0,0111	1090,108	7,6809
	$\Sigma$	1,0000	64124	691,9689

Masse Molaire (Kg/Kmol)	Masse volumique (Kg/m <sup>3</sup> )
92,6689	680

Débit d'alimentation		
Volumique (m <sup>3</sup> /h)	Massique (kg/h)	Molaire (kmol/h)
94,3	64124	691,9689

Tableau II.2 : Données de départ pour le calcul du débutaniseur.

## I.2 Détermination de la composition et du débit du distillat et du résidu de la colonne :

-Les éléments clés sont :  $X'_{iC4} = 0,00082$   $X'_{nC4} = 0,004$

$$Y'_{iC5} = 0,0028 \quad Y'_{nC5} = 0,0028$$

-Les fractions des constituants C<sub>6</sub> et C<sub>7</sub> et C<sub>8</sub> et C<sub>9</sub> et C<sub>10</sub>, sont nulle dans le distillat :

$$Y'_{C6D} = Y'_{C7D} = Y'_{C8D} = Y'_{C9D} = Y'_{C10D} = 0$$

-Le bilan matière :  $L'Z'_{iL} = D'Y'_{iD} + R'X'_{iR}$

-Le bilan matière de chaque constituant :

$$L'Z'_{iC4L} = D'Y'_{iC4D} + R'X'_{iC4R}$$

$$\rightarrow 691,9689 \times 0,0916 = D'Y'_{iC4D} + R' \times 0,0040 \dots \dots \dots (1)$$

$$L'Z'_{nC4L} = D'Y'_{nC4D} + R'X'_{nC4D}$$

$$\rightarrow 691,9689 \times 0,0062 = D'Y'_{nC4D} + R' \times 0,0040 \dots \dots \dots (2)$$

$$L'Z'_{iC5L} = D'Y'_{iC5D} + R'X'_{iC5R}$$

$$\rightarrow 691,9689 \times 0,0945 = D' \times 0,0028 + R'X'_{iC5R} \dots \dots \dots (3)$$

$$L'Z'_{nC5L} = D'Y'_{nC5D} + R'X'_{nC5R}$$

$$\rightarrow 691,9686 \times 0,0821 = D' \times 0,0028 + R'X'_{nC5R} \dots \dots \dots (4)$$

$$L' Z'_{C6L} = D' Y'_{C6D} + R' X'_{C6R}$$

$$\rightarrow 691,9689 \times 0,1933 = 0 + R' X'_{C6R} \dots \dots \dots (5)$$

$$L' Z'_{C7L} = D' Y'_{C7D} + R' X'_{C7R}$$

$$\rightarrow 691,9689 \times 0,3012 = 0 + R' X'_{C7R} \dots \dots \dots (6)$$

$$L' Z'_{C8L} = D' Y'_{C8D} + R' X'_{C8R}$$

$$\rightarrow 691,9689 \times 0,1572 = 0 + R' X'_{C8R} \dots \dots \dots (7)$$

$$L' Z'_{C9L} = D' Y'_{C9D} + R' X'_{C9R}$$

$$\rightarrow 691,9689 \times 0,0628 = 0 + R' X'_{C9R} \dots \dots \dots (8)$$

$$L' Z'_{C10L} = D' Y'_{C10D} + R' X'_{C10R}$$

$$\rightarrow 691,9689 \times 0,0111 = 0 + R' X'_{C9R} \dots \dots \dots (9)$$

On addition les équations (3) à (9) et remplaçons R' par R'=L'-D', On obtient l'équation suivante :

$$624,2943 = 0,0056 D' + (L' - D') [1 - (X'_{iC4R} + X'_{nC4})] \dots \dots \dots (10)$$

- On remplace  $X'_{iC4R}$ ,  $X'_{nC4R}$  et L' par leurs valeurs dans l'équation (10), trouve la valeur de **D'** :

$$D' = 65,0295$$

- En déduit la valeur de R' tel que  $R' = L' - D'$  :

- A partir le remplace du D' et R' d 

$R' = 626,9394$

 à (9), on peut

Déduire les valeurs des  $Y'_{iD}$  et  $X'_{iR}$ , C'est qui résumées dans le tableau suivant :

Constituants	$Y'_{iD}$	$X'_{iR}$
$iC_4H_{10}$	0,9668	0,00082
$nC_4H_{10}$	0,0274	0,004
$iC_5H_{12}$	0,0028	0,1040
$nC_5H_{12}$	0,0028	0,0903
$C_6H_{14}$	0,0000	0,2134
$C_7H_{16}$	0,0000	0,3324
$C_8H_{18}$	0,0000	0,1735
$C_9H_{20}$	0,0000	0,0693
$C_{10}H_{22}$	0,0000	0,0123
Totale	0,9998	1,0002

Tableau II.3 : Composition molaire du distillat et du résidu.

Les débits et masse molaire moyenne sont respectivement dans le tableau suivant :

	Distillat (D)	Résidu (R)
Débit molaire (kmole/h)	65,0295	626,9394
Débit massique (kg/h)	3798,4511	60347,682
Masse molaire moyenne (kg/kmol)	58,4112	96,2576

Tableau II.4: Les débits molaires et massiques avec la masse molaire moyenne.

## II. Détermination des paramètres opératoires de la colonne :

La résolution des équations (I.19) à (I.26) donnés les températures et pression dans les différentes zones dans la colonne avec les coefficients d'équilibre de chaque constituant qui sont présenté dans les Tableaux suivant :

	Ballon de reflux		Tête de colonne		Alimentatio n	Fond de Colonne	
Pression (bar)	15,2		15,5		15,8	16,1	
Température(C°)	84		94,2		108	196,9	
Constituants	Ki	Ki.Y'ID	Ki	Ki/Y'ID	KiL	Ki	Ki.X'IR
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1,02	0,986034	1	0,9668	1,6	3,3	0,0027
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,78	0,0216216	0,84	0,0326	1,15	2,9	0,0112
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,4	0,00112	0,42	0,0067	0,6	1,9	0,1976
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,335	0,000938	0,38	0,0047	0,52	1,9	0,1716
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,16	0		0	0,26	1,3	0,2497
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0,075	0		0	0,13	0,7	0,246
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0,38	0		0	0,065	0,46	0,0781
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	0,016	0		0	0,039	0,31	0,0222
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	0,006	0		0	0,01	0,22	0,0027
Totale Σ		1,0097		1,0135			0,9818

Tableau II.5 : Paramètres de marche du débutaniseur et les coefficients d'équilibre.

### II.1 Calcule des volatilités relatives :

D'après l'utilisation de l'équation (I.27), on calcule les volatilités relatives :

	Alimentation		Rectification		Epuisement	
	Ki	$\alpha_{iL}$	Ki	$\alpha_{iD}$	Ki	$\alpha_{iR}$
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1,6	2,6667	1	2,2826	3,3	1,7368
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1,15	1,9167	0,84	1,8913	2,9	1,5263
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,6	1	0,42	1,0000	1,9	1,0000
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,52	0,8667	0,38	0,8478	1,9	1,0000
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,26	0,4333	-	-	1,3	0,6842
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0,13	0,2167	-	-	0,7	0,3684
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0,065	0,1083	-	-	0,46	0,2421
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	0,039	0,065	-	-	0,31	0,1632
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	0,01	0,0167	-	-	0,22	0,1158

Tableau II.6 : Volatilités relatives.

## II.2 Détermination du taux de reflux et rebouillage minimal :

Sachant que la charge est à l'état liquide l'alimentation doit se faire dans la partie supérieure de la colonne, donc le taux de vaporisation ( $e'_{0i}=0$ ), la résolution de l'équation (I.28) et après plusieurs itérations on trouve :

Constituants	$X'_{Li}$	$\alpha_{Li}$	$\alpha_{Li} \cdot X'_{Li}$	$\alpha_{Li} - \varphi$	$e'_{0i}$
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0916	2,6667	0,2443	0,6509	0,3753
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0062	1,9167	0,0119	-0,0991	-0,1199
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0945	1	0,0945	-1,0158	-0,0930
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0821	0,8667	0,0712	-1,1491	-0,0619
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,1933	0,4333	0,0838	-1,5825	-0,0529
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0,3012	0,2167	0,0653	-1,7991	-0,0363
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0,1572	0,1083	0,0170	-1,9075	-0,0089
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	0,0628	0,065	0,0041	-1,9508	-0,0021
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	0,0111	0,0167	0,0002	-1,9991	-0,0001
$\Sigma$	1,0000		0,5921		0,0001

Tableau II.7 : Taux de vaporisation de la charge

- Les résultats des calculs montrent que  $e'_{0i} = 0,0001$ , Donc la valeur

Supposée de  $\varphi$  :

$$\varphi = 2,0158$$

- Ce qui permet de calculer le taux de reflux minimal selon la formule (I.29) :

$$rf_{min} = 2,4263$$

-Et le taux de rebouillage selon l'équation(I.30) Les résultats obtenus sont dans le tableau suivant :

Constituants	$X'_{Ri}$	$\alpha_{Li}$	$\alpha_{Li} \cdot X'_{Ri}$	$\alpha_{Li} - \varphi$	$(\alpha_{Li} \cdot X'_{Ri}) / (\alpha_{Li} - \varphi)$
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,00082	2,6667	0,0022	0,6509	0,0034
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,004	1,9167	0,0077	-0,0991	-0,0774
iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,1040	1	0,1040	-1,0158	-0,1024
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0903	0,8667	0,0783	-1,1491	-0,0681
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,2134	0,4333	0,0925	-1,5825	-0,0584
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0,3324	0,2167	0,0720	-1,7991	-0,0400
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0,175	0,1083	0,0190	-1,9075	-0,0099
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	0,0693	0,065	0,0045	-1,9508	-0,0023
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	0,0123	0,0167	0,0002	-1,9991	-0,0001
$\Sigma$	1,0002				-0,3552

Tableau II.8 : Taux de rebouillage minimal du résidu.

- La formule nous donne le résultat suivant :

$$rb_{min} = 0.3552$$

### II.3 Détermination du taux de reflux et rebouillage optimal :

- Le calcul de taux de reflux optimale est par la formule du GILLILAND De l'équation (I.31) :

$$(rf_{opt} - 2,4236) / (rf_{opt} + 1)$$

Pour un rapport de 0,3 on aura :

$$rf_{opt} = 3,8947$$

- Le taux de rebouillage optimal est calcul par l'équation (I.32) :

$$rb_{opt} = [(65,0295 / 626,9394) \cdot 3,8947 + (1 - 0) \cdot (691,9689 / 626,9394)] - 1$$

$$rb_{opt} = 0,5076$$

### III. Calcul de nombre de plateaux de la colonne :

#### III.1 Nombres des plateaux minimaux :

➤ Zone d'épuisement :

La formule de FENSK est appliquée l'équation (I.33) et (I.34) aux deux éléments clés  $iC_4H_{10}$  (légère) et  $nC_5H_{12}$  (lourd) :

$$N_{min} = \frac{\ln\left(\frac{0,0916 \cdot 0,0903}{0,0821 \cdot 0,00082}\right)}{\ln\left(\frac{1,7368}{0,8667}\right)} = 6,9213$$

➤ Zone de rectification :

$$N_{min} = \frac{\ln\left(\frac{0,9668 \cdot 0,0821}{0,0028 \cdot 0,0916}\right)}{\ln\left(\frac{2,6667}{1}\right)} = 5,1024$$

#### III.2 Nombre de plateaux théorique :

La méthode utilisée pour la détermination de nombre de plateaux théorique est la méthode approximative de GILLILAND.

Et avec la résolution de l'équation (I.35) on obtient :

$$\frac{rf_{opt} - 2,4236}{rf_{opt} + 1} = \frac{3,8947 - 2,4263}{3,8947 + 1} = 0,29$$

Par la projection de cette valeur 0,29 sur le diagramme GILLILAND on trouve **0,37** (Figure-1-)

➤ Zone de rectification :

$$\frac{(N - 6,9213)}{(N + 1)} = 0,37$$

N=12
------

➤ Zone d'épuisement :

$$\frac{(N - 5,1024)}{(N+1)} = 0,37$$

$$N=11$$

### III.3 Nombre de plateaux réels :

En tenant compte de l'efficacité des plateaux à clapet  $\eta = 0,65$  le nombre totale de plateaux dans chaque zone après la résolution de l'équation (I.36) :

➤ Zone de rectification :

$$N_r = 12/0,65 = 19$$

➤ Zone d'épuisement :

$$N_E = 11/0,65 = 17$$

➤ Nombre total de plateaux dans la colonne est :

$$N_T = N_R + N_E$$

$$N_T = 36$$

Le nombre total de plateaux existant dans la colonne est de 39 plateaux, ce qui implique que la colonne supporte la charge d'alimentation.

### IV. Le bilan thermique de la débutaniseur:

La résolution des équations (I.37) à (I.43) :

➤  $Q_L = 691,9689.3547,1338$

$$Q_L = 2454506,274 \text{ kcal/h}$$

➤  $Q_D = 65,0295.5134,9987$

$$Q_D = 333926,398 \text{ kcal / h}$$

➤  $Q_R = 9096,1122.626,9394$

$$Q_R = 5702711,125 \text{ kcal / h}$$

$$\text{➤ } Q_C = (65,0295 + 253,2704) \cdot (5134,9987 - 2012,2542)$$

$$Q_C = -993969,2621 \text{ kcal / h}$$

$$\text{➤ } Q_{Rb} = 333926,398 + 993969,2621 + 5702711,125 - 2454506,274$$

$$Q_{Rb} = +4576100,511 \text{ kcal/h}$$

$$\text{➤ } G'_R = 626,9394.0,5076$$

$$G'_R = 318,2344 \text{ kmole / h}$$

$$\text{➤ } g'_x = 3,8947.65,0295$$

$$g'_x = 253,2704 \text{ kmole / h}$$

***CONCLUSION***  
***GENERALE***

La théorie de procédé de distillation joue un rôle très important dans l'industrie de traitement des hydrocarbures, ce procédé est basé sur le transfert de matière et de chaleur.

Nous avons pour objectif de vérification et calcul des paramètres de fonctionnement, et de dimensionnement, d'un débutaniseur.

Dans un premier temps, nous avons exploré des concepts liés à la distillation, notamment une explication du fonctionnement d'un débutaniseur, des lois et des paramètres du marché de ce même.

Ensuite, nous avons découvrir une méthode de distillation raccourcie la plus connu, communément appelée méthode **Fenske-Underwood-Gilliland (FUG)**, pour résoudre les problèmes approximatifs d'un mélanges complexe.

Enfin, ont été obtenus à partir les calculs de ce débutaniseur, les résultats suivants :

- Taux de reflux optimal  $r_{opt} = 3,8947$  .
- Et le taux de rebouillage optimal  $rb_{opt} = 0,5076$ .

D'après les calculs effectués avec les nouveaux paramètres de fonctionnement, on peut conclure ce qui suit :

- Le nombre total de plateaux calculé est 36 plateaux.

# *Annexe*

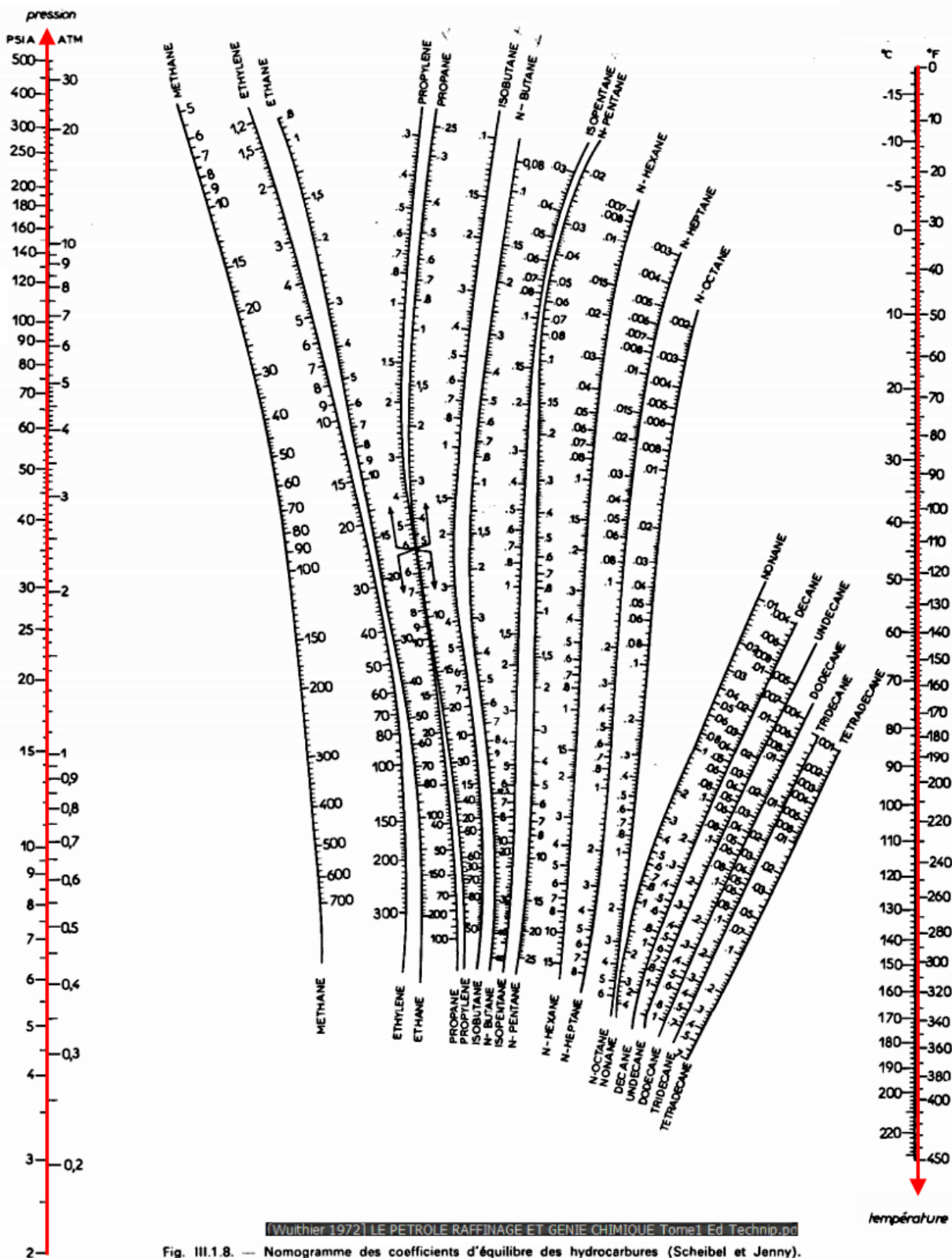


Fig. III.1.8. — Nomogramme des coefficients d'équilibre des hydrocarbures (Scheibel et Jenny).

Graph: Jenny et Scheibel (Wuithier)

***REFERENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

- [1] F.Grisafi, Multicomponent distillation.
- [2] P.WHUITIER, Raffinage et génie chimique tome I Edition technip1972, Pages : 391-544.
- [3] J. P.WAUQUIER, Procèdes de séparation tome II - Edition technip1998, Pages : 95- 236.

العنوان : التحقق من معايير تشغيل وتصميم برج نازع البوتان  
اللقب: رسيوي الإسم : سيدة فدوى

المؤطر : بورزق محمد الطاهر

### ملخص:

لغاز البترولي المسال (LPG) هو مزيج غازي يتكون بشكل أساسي من البيوتان والبروبان في درجة حرارة الغرفة وضغط جوي. تختلف التركيبة الكيميائية للغاز البترولي المسال حسب معايير البلدان المختلفة واستخداماته. هدف هذا العمل إلى حل مشكلة تقطير المخاليط المعقدة. تستند البيانات الأساسية إلى تشغيل البدأنيزر لاسترداد الغاز البترولي المسال.

في هذا العمل، نقترح إجراء حساب للتحقق من معلمات عمود البدأنيزر. يعتمد التصميم والحمل الحراري اللازم على طريقة فاج، ويتم إجراؤه في حالة إدخال التغذية في العمود في شكل سائل مشبع، ثم في حالة إدخال التغذية في العمود في شكل بخار مشبع. في نهاية هذا المشروع، تم الحصول على نتائج مثل الضغوط والدرجات الحرارة مع نسبة التقطير والعدد من الطوابق.

كلمات مفتاحية: غاز البترول المسال، المكثفات، نازع البوتان، فاج.

### Memory title: Verification of Operating and Dimensioning Parameters of the Debutanizer.

Name: Recioui First Name : Seida Faddoua Directed by : Bourezg Med Tahar

### Abstract:

Liquefied petroleum gas (LPG) is a gaseous mixture composed mainly of butane and propane at ambient temperature and atmospheric pressure. The chemical composition of LPG varies according to the standards of different countries and its uses.

The present work aims primarily to solve a problem of distillation of complex mixtures. The basic data are those of the operation of the debutanizer for the recovery of LPG.

In this work, we propose to perform a calculation to verify the parameters of the debutanizer column. The sizing and necessary heat loads are based on the FUG method; the results of this project include pressures, temperatures, reflux ratio, and number of trays.

**Key words:** LPG, Condensate, Debutanizer, FUG.

### Titre : Vérification des Paramètres de Fonctionnement, et de Dimensionnement, du Débutaniseur.

Nom: Recioui Prénom : Seida Faddoua Encadreur : Bourezg Med Tahar

### Résumé :

Le gaz de pétrole liquéfié est un mélange gazeux composé principalement de butane et de propane à température ambiante et pression atmosphérique. La composition chimique du G.P.L., varie selon les normes des différents pays et ses usages.

Le présent travail se veut comme objectif essentiel le traitement d'un problème de distillation de mélanges complexes. Les données de base sont celles du fonctionnement du débutaniseur pour la récupération du GPL.

Durant ce travail, nous proposer de faire un calcul de vérification des paramètres de la colonne de débutaniseur ce qui dimensionnement et de charges thermiques nécessaires est basés sur la méthode de FUG, pour finir ce projet ont été obtenus des résultats comme les pressions et températures avec le taux de reflux et le nombre des plateaux.

**Mots clés :** GPL, Condensat, Débutaniseur, FUG.