



**Université Kasdi-Merbah Ouargla**

**Faculté des sciences appliquées**

**Département de Génie des Procédés**



## **Mémoire**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine** : Sciences et Technologies.

**Filière** : Industries Pétrochimiques.

**Spécialité** : Génie du Raffinage

**Présenté par** :

Ghedairi Noureddine

Chacha Mohamed Abdeltouab

**Thème** :

**Étude Le circuit de réfrigération dans la  
cristallisation du paraxylène**

Soutenu publiquement le :

Devant le jury composé de :

Mr.	MAA	Président	UKM Ouargla.
Mr.	Pr	Examineur	UKM Ouargla.
Mr.	MCA	Rapporteur	UKM Ouargla.

**Année universitaire : 2021/2022**



# Dédicace

*Je dédie ce message à mon cher père, qui a toujours veillé pour nous rendre heureux. A ma chère maman, qui ne nous a pas privés de son amour et de sa tendresse, et grâce à eux, nous récoltons les fruits de nos efforts à tous les professeurs et enseignants de toutes les phases qui nous ont aidés à réussir notre parcours académique. A mes frères et sœurs qui m'ont toujours soutenu, à toute ma famille, Ghedairi et Salkhen , et à tous les amis qui nous ont aidés de près ou de loin.*

*Noureddine*





# Dédicace

*Je dédie ce message à mon cher père, qui a toujours veillé pour nous rendre heureux. A ma chère maman, qui ne nous a pas privés de son amour et de sa tendresse, et grâce à eux, nous récoltons les fruits de nos efforts à tous les professeurs et enseignants de toutes les phases qui nous ont aidés à réussir notre parcours académique. A mes frères et sœurs qui m'ont toujours soutenu, à toute ma famille, Chacha et kadi , et à tous les amis qui nous ont aidés de près ou de loin.*

*Mohamed Abdeltouab*



# REMERCIEMENTS

*Tout d'abord, nous remercions Dieu Tout-Puissant, qui nous a permis de mener à bien ce projet. J'adresse également mes remerciements à tous les professeurs de l'Université Kasdi Merbah de Ouargla. En particulier, je tiens à remercier tous les professeurs du Département de Génie des Méthodes, dirigé par notre encadrant, Mme Dr. Zighmi Souad, ainsi que le jury qui a accepté de discuter de notre mémoire, ainsi que les travailleurs de la Raffinerie de Skikda à Unité 400, et notamment les ouvriers Kh. Djamaleddine et Bou. SaifEddine. Nous n'oublions pas non plus de remercier tous ceux qui nous ont aidé à mener à bien ce projet de près ou de loin.*

*Merci à tous*



## ملخص

نظرا لارتفاع استهلاك المواد العطرية المستخلصة أساسا من البترول ، فضلا عن ارتفاع نشاطها في الأسواق الكبرى أردنا تقديم هذه الأطروحة لدراسة أحد أهم المركبات العطرية ، وهي الباراكسيلين .

أجريت هذه الدراسة بمصفاة سكيكدة بوحدة بلورة الباراكسيلين الوحدة 400 وتعتبر مصفاة سكيكدة من أهم وحدات التكرير في الإنتاج الوطني للمشتقات البترولية. والتي لها دور رئيسي في تحويل النفط الخام القادم من حاسي مسعود بطاقة معالجة قدرها (15 مليون طن / سنة).

تمت هذه الدراسة في قسم التبريد بواسطة برنامج محاكاة العملية Aspen hysys. تم من خلاله تحديد مبدأ التشغيل لقسم التبريد وأهم المعدات المستخدمة ، بالإضافة إلى أهم الخطوات المستخدمة لإنتاج الباراكسيلين النقي ، حيث بلغت نسبة نقاوته في هذه الدراسة حوالي 7.99 % ، بالإضافة إلى المشاكل التي نواجهها في العمل واهم الحلول لتفادي هذه المشاكل .

**الكلمات الرئيسية :** التبلور ، الباراكسيلين ، التبريد ، مصفاة

## **Résumé**

En raison de la forte consommation de substances aromatiques extraites principalement du pétrole, ainsi que de la forte activité sur les principaux marchés. Nous avons voulu présenter cette mémoire pour étudier l'un des composés aromatiques les plus importants, le paraxylène.

Cette étude a été menée à la raffinerie de Skikda au niveau de l'unité de cristallisation du paraxylène Unité 400. La raffinerie de Skikda est considérée comme l'une des unités de raffinage les plus importantes dans la production nationale de dérivés pétroliers. Qui a un rôle majeur dans la conversion du pétrole brut en provenance de Hassi Messaoud avec une capacité de traitement de (15 millions de tonnes/an).

Cette étude a été réalisée dans le département de réfrigération par le programme de simulation Aspen hysys. Grâce à laquelle le principe de son fonctionnement et l'équipement le plus important utilisé ont été déterminés, en plus des étapes les plus importantes utilisées pour produire du paraxylène pur, où le pourcentage de sa pureté dans cette étude était d'environ 99,7%, en plus de résoudre les problèmes que nous face au travail et les solutions les plus importantes pour éviter ces problèmes.

**Mots clés :** cristallisation, paraxylène, réfrigération, raffinerie



## ***Abstract***

---

### **Abstract**

Due to the high consumption of aromatic substances extracted mainly from petroleum, as well as the high activity in the main markets. We wanted to present this thesis to study one of the most important aromatic compounds, paraxylene.

This study was conducted at the Skikda refinery at the paraxylene Unit 400 crystallization unit. The Skikda refinery is considered as one of the most important refining units in the national production of petroleum derivatives. Which has a major role in the conversion of crude oil from Hassi Messaoud with a processing capacity of (15 million tons/year)

This study was carried out in the refrigeration department by the Aspen hysys simulation program. Through which the principle of its operation and the most important equipment used have been determined, in addition to the most important steps used to produce pure paraxylene, where the percentage of its purity in this study was approximately 99.7 % , in addition to solving the problems we face at work and the most important solutions to avoid these problems

**Key words:** crystallization, paraxylene, refrigeration. refinery

## Sommaire

<b>Sommaire</b> .....	I
<b>Liste de figures</b> .....	IV
<b>Liste de tableaux</b> .....	V
<b>Liste de abréviations</b> .....	VI

<b>Introduction général</b> .....	01
-----------------------------------	----

### *Chapitre I : Présentation de la raffinerie de Skikda (RAIK)*

<b>I.1 Introduction</b> .....	03
<b>I.2 Historique de l'Entreprise</b> .....	03
<b>I.3 Présentation de la Raffinerie de Skikda</b> .....	04
3.1 Situation géographique .....	04
3.2 Construction .....	05
3.3 Structure hiérarchique de la raffinerie .....	05
<b>I. 4 Présentation des différentes unités</b> .....	07
4.1 Département production .....	07
4.2 Unités annexes et utilités .....	07
4.2.1 Unité 10/11 topping .....	08
4.2.2 Unité 70 production et conditionnement bitumes .....	09
4.2.3 Les unités 30-31-104 (Séparation et traitement des gaz) ... ..	09
4.2.4 Unité 100 et 103 MAGNAFORMING-PLATFORMING.....	10
4.2.5 Unité 200 d'extraction des aromatiques .....	10
4.2.6 Unité 400 de cristallisation et séparation du paraxylène .....	10
4.2.7 Unité 500 d'isomérisation du xylène .....	11
4.2.8 Unité melex (600) .....	11
4.2.9 La centrale thermoélectrique (CTE 1050) .....	11
4.2.10 Unité 1090: Torche .....	12
4.3 Centre de commande .....	12
4.4 Bas de conception .....	12
<b>I.5 Capacité de l'Installation</b> .....	13
5.1 Capacité de production .....	13
<b>I.6 Conclusion</b> .....	14



## Chapitre II: cristallisation de paraxylène (unité 400).

<b>II.1 Introduction</b> .....	14
<b>II.2 Les xylènes</b> .....	14
2.1 Généralités .....	14
2.2. Historique .....	15
2.3 Utilisation.....	15
2.4 Propriétés physico-chimiques .....	16
<b>II.3 La cristallisation</b> .....	17
3.1 Description du circuit process .....	17
3.2 Cristallisation .....	19
3.3 Centrifugation .....	20
3.4 Fusion .....	20
<b>II.4 Point eutectique</b> .....	21
<b>II.5 Conclusion</b> .....	25

## Chapitre III :Le système de réfrigération

<b>III.1 Introduction</b> .....	26
<b>III.2 Système de réfrigération (Ethylène /Propane)</b> .....	26
2.1 La composition .....	26
2.2 Les équipements principaux .....	26
2.3 Description des compresseurs principaux .....	27
2.3.1 Compresseur à l'éthylène (400-K-81).....	27
2.3.2 Compresseur au propane (400-K-82) .....	27
2.4 Méthode de contrôle .....	27
2.5 Description du Système de réfrigération .....	28
2.5.1 Pré-refroidissement de l'alimentation .....	28
2.5.2 Ethylène .....	29
2.5.3 Propane .....	30

<b>III.3 Propriétés des gaz éthylène/propane</b> .....	32
<b>III.4 Conclusion</b> .....	32

**Chapitre IV : Calculs et discussion des résultats**

<b>IV.1 Introduction</b> .....	33
<b>IV.2 Facteurs affectant la récupération du paraxylène</b> .....	33
2.1 Teneur en paraxylène dans l'alimentation .....	33
2.2 Température des Cristalliseurs (400-U-52 A/B/C) les plus froids.....	33
<b>IV.3 Equilibre de cristallisation et outils de calcul</b> .....	34
3.1 Solubilité du paraxylène dans le mélange d'isomères .....	34
3.2 Calcul de récupération du paraxylène basée sur la température des Cristalliseurs 400-U-52A/B/C.....	35
3.3 Calculer le pourcentage des solides du paraxylène dans un courant des boues du xylène.....	37
3.4 Calcul de température eutectique.....	37
3.5 Pureté du paraxylène et point de congélation.....	39
<b>IV.4 Optimisation du procédé de cristallisation du paraxylène</b> .....	39
<b>IV.5 Conditions opératoires et données de calcul</b> .....	40
<b>IV.6 Problèmes d'exploitation</b> .....	43
6.1 Basse pureté des produits du Paraxylène .....	43
6.2 Basse récupération du paraxylène .....	43
6.3 Débit réduit ou grande ouverture des vannes de contrôle d'alimentation .....	44
6.4 Ampérage des pompes des boues – bouchage de refoulement/aspiration .....	44
6.5 Forte perte de gâteau dans la centrifugeuse des produits .....	44
6.6 Bouchage de goulotte des solides de centrifugeuse.....	45
<b>IV.7 Conclusion</b> .....	46
<b>Conclusion général</b> .....	47
<b>Références</b> .....	48
<b>Annexe</b> .....	

## Liste des figures

<b>Chapitre I</b>		<b>P</b>
<b>Figure I.1</b>	Situation géographique de la Raffinerie de Skikda	04
<b>Figure I.2</b>	Plan général de la zone industrielle de Skikda	05
<b>Figure I.3</b>	Organigramme générale de la raffinerie de skikda	06
<b>Figure I.4</b>	différentes unités du complexe RA1/K	07
<b>Figure I.5</b>	schéma général du compose des unités production	08
<b>Chapitre II</b>		
<b>Figure II.1</b>	Schéma-bloc simplifié du Projet Réhabilitation RA1K	14
<b>Figure II.2</b>	Représentation des molécules d'ortho-xylène (OX), de métaxylène(MX) de paraxylène(PX) et d'éthyle-benzène (EB)	15
<b>Figure II.3</b>	Principales utilisations des isomères du xylène.	16
<b>Figure II.4</b>	la section 400 de la cristallisation	19
<b>Figure II.5</b>	diagramme d'équilibre d'un mélange A et B	21
<b>Figure II.6</b>	section de cristallisation de première étape	22
<b>Figure II.7</b>	préparation des boues et production du paraxylène à haute-pureté	23
<b>Figure II.8</b>	Les trois ballons de rinçage à chaud	24
<b>Chapitre IV</b>		
<b>Figure IV.1</b>	Effet de composition d'alimentation sur la récupération de PX	33
<b>Figure IV.2</b>	Effet de température du cristalliseur le plus froid sur la récupération de PX	34
<b>Figure IV.3</b>	Solubilité du paraxylène	35
<b>Figure IV.4</b>	Pureté de PX vs. Point de congélation	39

## Liste des tableaux

<b>Chapitre I</b>		<b>P</b>
<i>Tableau I.1</i>	la capacité de production totale de RA1/K	13
<b>Chapitre II</b>		
<i>Tableau II.1.</i>	Données thermodynamiques des xylènes	17
<i>Tableau II.2</i>	températures d'ébullition et de fusion des xylènes	21
<i>Tableau II.3</i>	paramètres de cristallisation de première étape	22
<i>Tableau II.4</i>	paramètres de fonctionnement de section de production PX	23
<i>Tableau II.5</i>	La composition de l'alimentation de cristalliseurs 1ers étape	25
<b>Chapitre III</b>		
<i>Tableau III.1</i>	Composition éthylène	26
<i>Tableau III.2</i>	Composition de propane	26
<i>Tableau III.3</i>	Les équipements principaux	27
<i>Tableau III.4</i>	Propriétés des gaz éthylène /propane	32
<b>Chapitre IV</b>		
<i>Tableau IV.1</i>	Table pour le calcul des températures eutectiques	38
<i>Tableau IV.2</i>	Données de calcul d'alimentation de cristalliseur	40
<i>Tableau IV.3</i>	Conditions d'opération et de calcul de Cristalliseur	41
<i>Tableau IV.4</i>	Données de calcul des Centrifugeuses à 1 <sup>ère</sup> étape	42
<i>Tableau IV.5</i>	Données de calcul des Centrifugeuses des produits de 2 <sup>ème</sup> étape	42
<i>Tableau IV.6</i>	Données de calcul des Centrifugeuses de récupération à 2 <sup>ème</sup> étape	43

## Liste des abréviations

<b>RAI/K</b>	Raffinerie de Skikda
<b>PX</b>	Paraxylène
<b>OX</b>	ortho-xylène
<b>MX</b>	méta-xylène
<b>EB</b>	Ethylbenzene
<b>CTE</b>	centrale thermique électrique
<b>BRI</b>	brut réduit importé
<b>HP</b>	vapeur haut pression
<b>BP</b>	vapeur basse pression
<b>MP</b>	Vapeur moyenne pression
<b>S</b>	Bac de stockage (Storage)
<b>C</b>	Colonne
<b>E</b>	Echangeur
<b>EA</b>	Aéro
<b>J</b>	Ejecteur
<b>V</b>	Ballon (vacuum)
<b>F</b>	Four
<b>X</b>	Centrifugeuse
<b>MELEX</b>	stockage, mélange et expédition
<b>HCL</b>	Acides chlorhydriques
<b>LT</b>	liquide réfrigérant
<b>FRC</b>	contrôleur régulateur de débit
<b>PRC</b>	Contrôleur et régulateur de pressions
<b>TRC</b>	Contrôleur et régulateur de température
<b>LIC</b>	contrôleur et régulateur de niveau
<b>DLIC</b>	Contrôleur et régulateur dE différence niveau
<b>MP</b>	Motopompe

# *Introduction générale*

## **Introduction générale :**

L'industrialisation joue un rôle prépondérant par la création des industries nécessaires et indispensables à une économie nationale indépendante. Les branches de l'industrie sont nombreuses et parmi elles celle des hydrocarbures dont la matière de base est le pétrole et le gaz

L'économie algérienne dépend principalement du secteur pétrolier et gazier puisqu'il contribue à 20% du PIB et à 85% des exportations totales du pays. [1]

Le pétrole est un mélange de différents produits hydrocarbonés et non hydrocarbonés. Il contient des composés aromatiques qui se trouvent essentiellement après distillation dans le naphta. Les hydrocarbures aromatiques sont utilisés dans des différentes branches de l'industrie, d'où la nécessité de les valoriser pour leur utilisation en synthèse pétrochimique. Cette extraction concerne essentiellement le benzène, le toluène, les trois isomères de xylènes et l'éthylbenzene.

La raffinerie de Skikda a installé une nouvelle unité de cristallisation du paraxylène dans le cadre de la réhabilitation du bloc aromatiques. L'unité 400 de la cristallisation une partie du schéma de traitement du nouveau bloc aromatiques, et pour objectif d'augmenter la production de paraxylène par le séparer du méta-xylène et de l'ortho-xylène dans le mélange xylène. [2]. [3]

La cristallisation est une opération unitaire du génie chimique à la fois d'une très grande complexité théorique et d'une importance économique vitale. À l'heure actuelle, 25 à 30 % du chiffre d'affaires de la chimie est réalisé avec des produits obtenus dans des procédés comportant au moins une étape de cristallisation ou de précipitation. Ce pourcentage atteint 75 à 80 % pour les procédés de chimie organique fine, principalement utilisés pour la fabrication de principes actifs de l'industrie pharmaceutique ou agrochimique. Et parmi les produits obtenus à partir de la cristallisation c'est le paraxylène. [4]

Le paraxylène est un hydrocarbure aromatique, sous forme liquide, qui est utilisé principalement dans la chaîne de procédés menant à la fabrication de fibres de polyester. Ces fibres sont un composant plastiques recyclables, de pellicules photographiques et de textiles.

Il est produit à partir d'un mélange de xylènes provenant de la transformation du pétrole , qui après une série d'étapes de transformation et de purification génère du paraxylène de haute-pureté.



### *Introduction générale :*

---

Les coproduits sont le benzène, la composante d'essence appelée C9+, l'hydrogène et le dioxyde de carbone. La cristallisation de paraxylène nécessite un module de réfrigération avec deux circuits de propane et l'éthylène . [4]

***Chapitre I :***  
***Présentation de la***  
***raffinerie de Skikda***  
***(RAIK)***

## I.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons d'abord expliquer le principe de fonctionnement du complexe RA1/K de SKIKDA dont nous avons eu l'occasion de donner un aperçu grâce aux études et recherches que nous avons menées dans la raffinerie de SKIKDA, qui est l'une des plus importantes raffineries d'Algérie.

## I.2 Historique de l'Entreprise:

A l'origine, le raffinage était une activité intégrée dans la société nationale SONATRACH. A partir du 01 Janvier 1982, le raffinage et la distribution des produits pétroliers sont séparés et érigés en Entreprise Nationale de Raffinage et de Distribution de Produits Pétroliers (ERDP-NAFTAL).

L'ERDP créée par décret N°80-101 du 06 Avril 1980 dans le cadre de la restructuration de la SONATRACH, et mise en place le 01 Janvier 1982. L'E.R.D.P est placée sous tutelle du ministère de l'énergie et des industries pétrochimiques. A partir du 02 Février 1985, l'ERDP a été transformée sous le nom commercial qui est "NAFTAL" cette dernière est subdivisée en 04 unités à savoir

- \*- Unité NAFTAL de Raffinage.
- \*- Unité NAFTAL de Distribution.
- \*- Unité NAFTAL Portuaire.
- \*- Unité NAFTAL de Maintenance.

L'effectif de l'entreprise NAFTAL est environ de 35.000 travailleurs, elle est présente sur tout le territoire national.

A compter du 25 Août 1987 et par décret N°87-190 fut créé l'entreprise nationale "NAFTEC" de l'entreprise nationale NAFTAL et mise en place le 02 Janvier 1988. L'entreprise "NAFTEC" a pour mission de promouvoir, développer, gérer et organiser l'industrie du raffinage traitement du pétrole brut et du condensât, ainsi que du brut réduit importé en vue d'obtenir des produits raffinés destinés à la consommation nationale et à l'exportation.

Le nombre total des travailleurs est environ : 3500 travailleurs, présents sur l'ensemble de trois (03) raffineries plus la direction générale.

Actuellement, l'entreprise nationale de raffinage de pétrole "NAFTEC" gère l'ensemble des trois (03) raffineries se trouvant dans les villes de : Skikda, Alger et Arzew.

La capacité totale de l'entreprise NAFTEC seulement est de (24.791.100 T/AN). [1].[5]

### I.3 Présentation de la Raffinerie de Skikda :

Le complexe de raffinerie de pétrole de SKIKDA, baptisé RA1/K, a pour mission de transformer le pétrole brut provenant de Hassi-Messaoud avec une capacité de traitement (15 millions t/an), ainsi que le brut réduit importé (277.000 t/an).

Elle emploie à le heure actuelle plus 1500 travailleurs [2]

#### 3.1 Situation Géographique :

Cette raffinerie est située dans la zone industrielle à 7 Km à l'est de Skikda et à 2 Km de la mer, elle est aménagée sur une superficie de 190 hectares avec un effectif à l'heure actuelle de 1300 travailleurs environ.

Elle est alimentée en brut algérien par l'unité de transport est ETU de Skikda (c'est une station intermédiaire de Hassi Messaoud).

Le transport du pétrole brut est réalisé à l'aide d'un Pipe-line à une distance de champs pétroliers jusqu'à le complexe de 760 Km [2]. [5] , Comme le montre les figures suivantes .

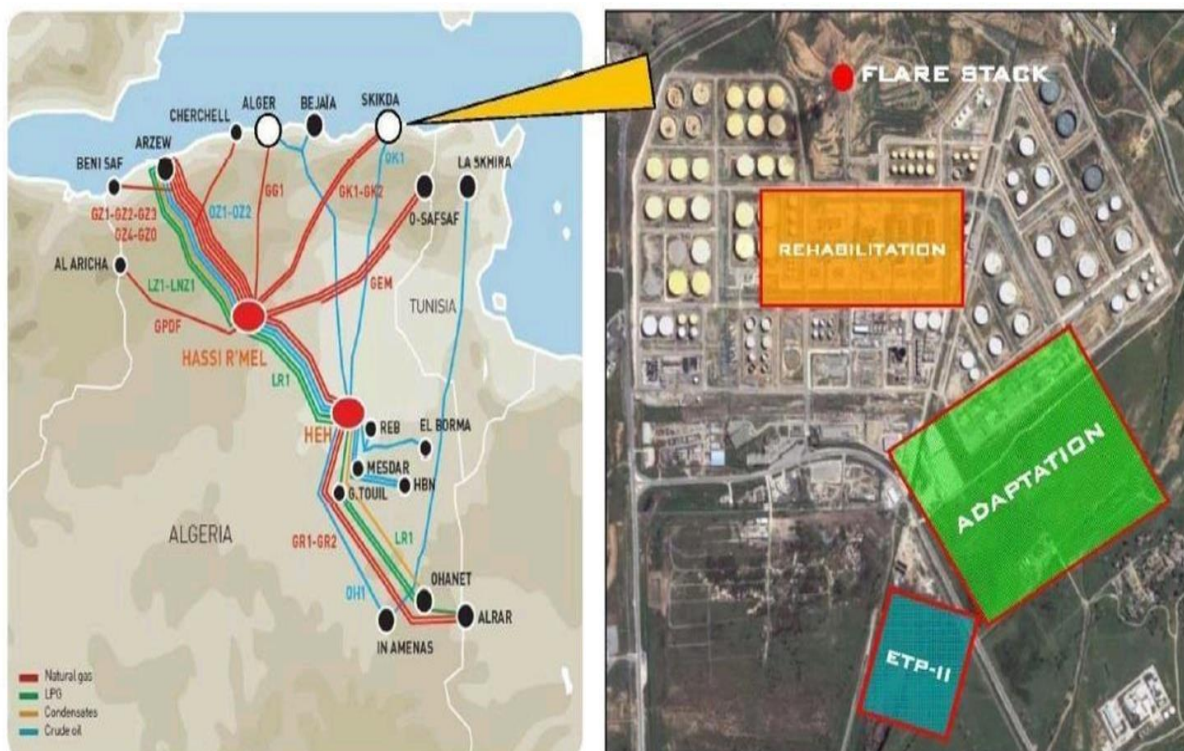


Figure I-1 Situation géographique de la Raffinerie de Skikda

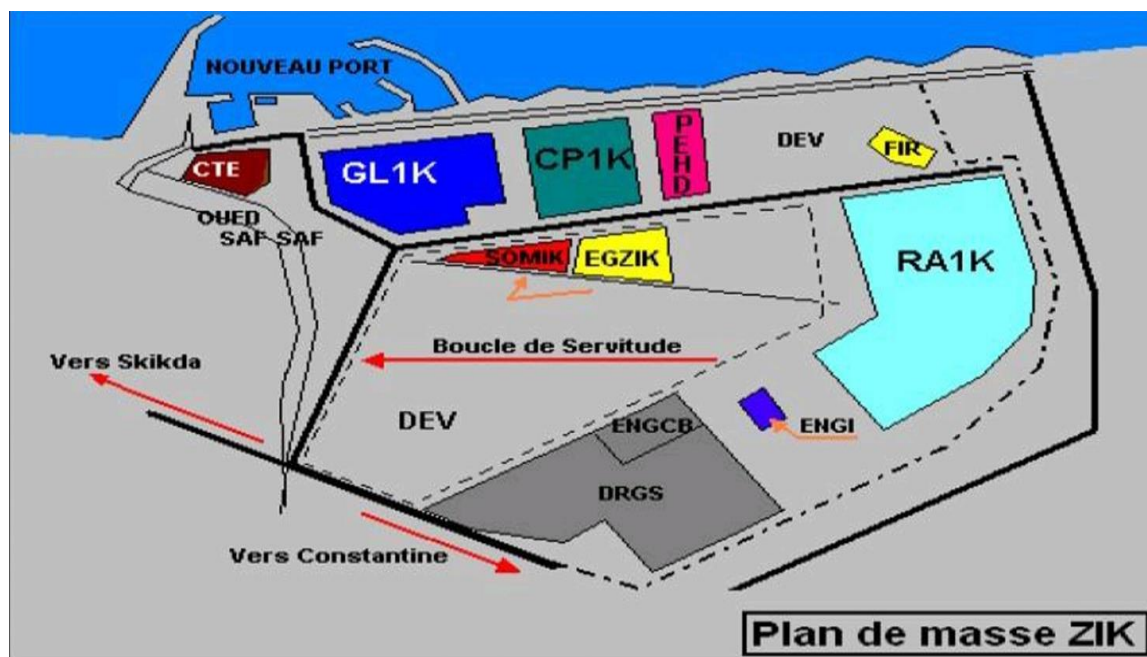


Figure I-2 Plan général de la zone industrielle de Skikda [3]

### 3.2 Construction :

La raffinerie a été construite en janvier 1976 à la suite d'un contrat signé le 30 avril 1974 entre le gouvernement algérien et le constructeur italien SNAM PROGETTI et SAIPEM, il a été mis en vigueur du contrat une année après (le 11 mars 1975) assisté par la sous irai tance de trois principales sociétés nationales: SONATRO, SONATIBA et SNMETAL.

Le démarrage du chantier a commencé le 02 janvier 1976, et pris la fin de mars 1980.

Il faut noter qu'il y a deux nouvelles unités, construites par la société japonaise J-G- C Corporation, ces deux unités sont : l'unité de prétraitement et de reforming catalytique (platforming U103) et l'unité de traitement et séparation des gaz (GPL.U104), ces deux unités ont démarré en octobre 1993. [4]

### 3.3 Structure hiérarchique de la raffinerie :

La structure graduer de la gestion de la raffinerie de Skikda prévoit à son sommet un Directeur de quel dépend cinq services, techniques de ligne, plus deux de staff comme le montre l'organigramme suivant :

Organigramme de la raffinerie de SKIKDA :

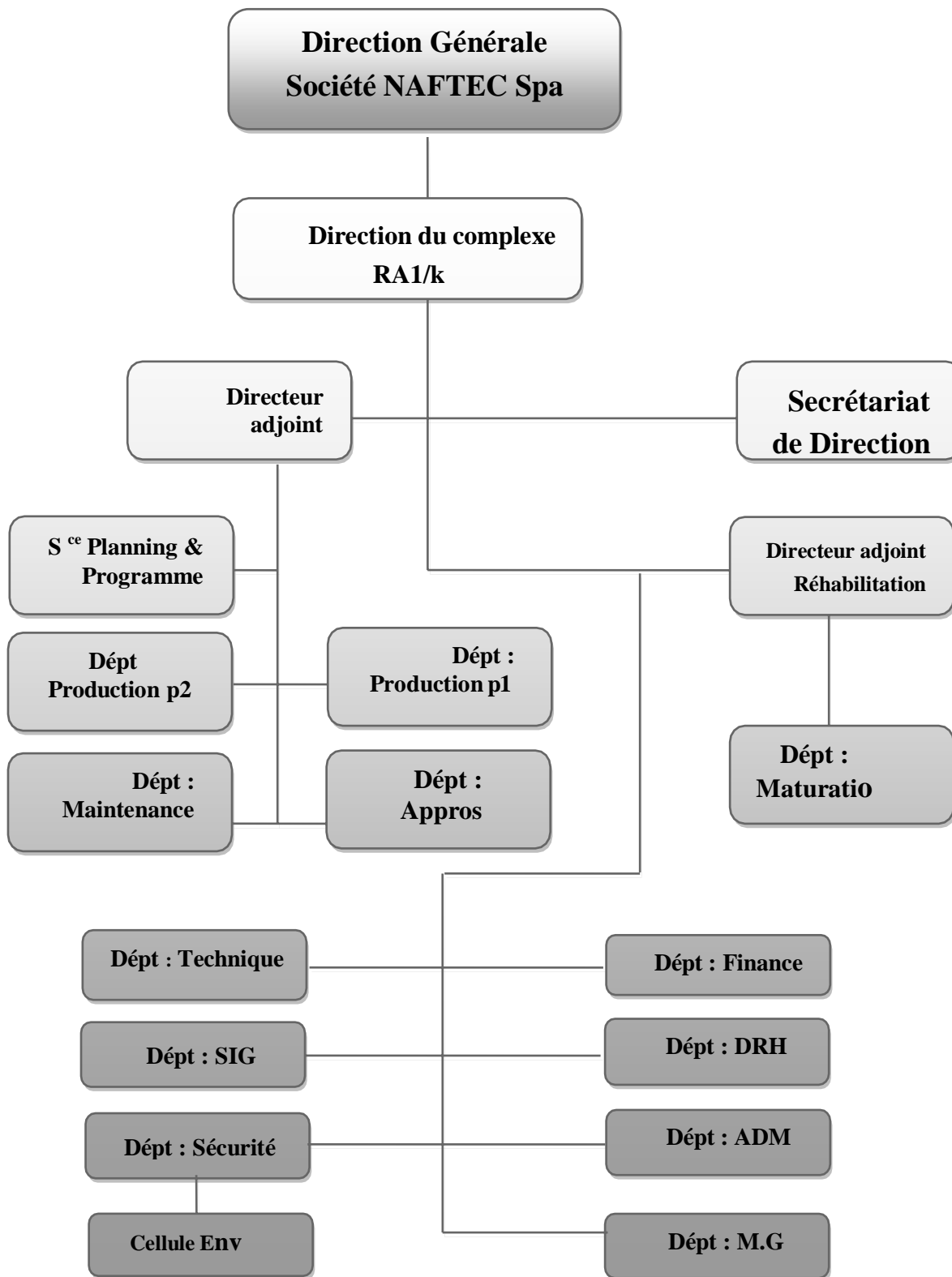


Figure I.3 Organigramme générale de la raffinerie de skikda [2]

## I.4 Présentation des différentes unités :

La raffinerie de skikda est divisée en différentes unités de production en outre elle comprend 22 unités présentées dans le figure suivante : [3] . [6]

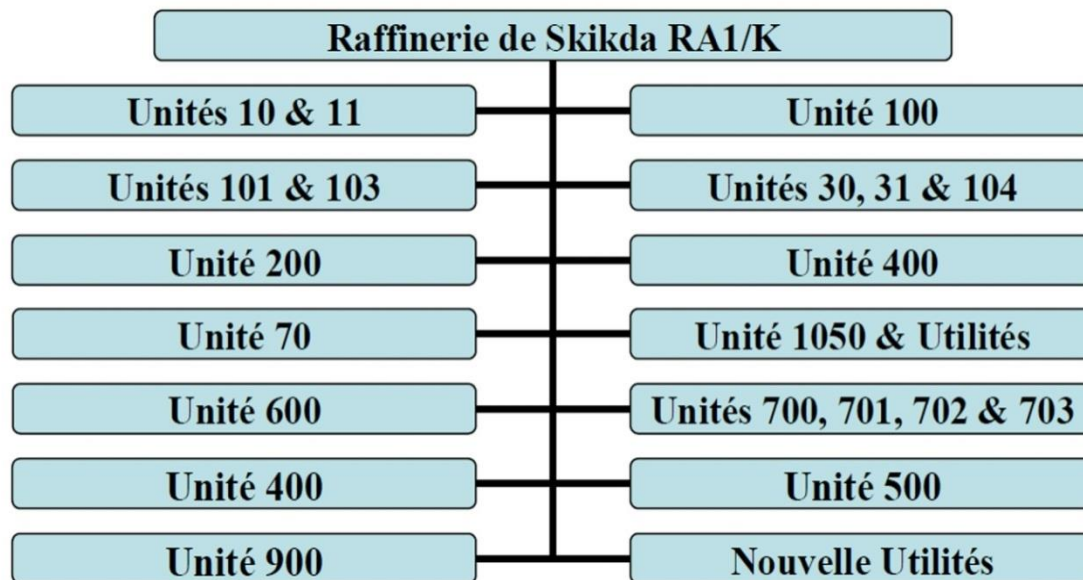


Figure I.4 différentes unités du complexe RA1/K [3]

### 4.1 Département production :

Il se compose des unités de production suivantes:

- a) Unité 10/11 de distillation atmosphérique (TOPPING).
- b) Unité 70 de distillation sous vide (Production des bitumes).
- c) Unité 30/31 et 104 de traitement et séparation des gaz (GPL).
- d) Une unité de prétraitement et reforming catalytique1 : Magnaforming (U100).
- e) Unité Unité101/103de reformage catalytique (PLATFORMING).
- f) Unité 200 d'extraction des aromatiques.
- g) Unité 400 de cristallisation et séparation du paraxylène.

### 4.2 Unités annexes et utilités :

- a) Unité 600 de stockage, mélange et expédition (MELEX).
- b) Unité 1050 : centrale thermique électrique (C. T. E).
- c) Système Blowdown: torche (U1090).
- d) Une unité de traitement des effluents.
- e) Un parc de stockage des produits finis et semi-finis.



La figure suivante montre un schéma général du compose des unités production de la raffinerie de skikda .

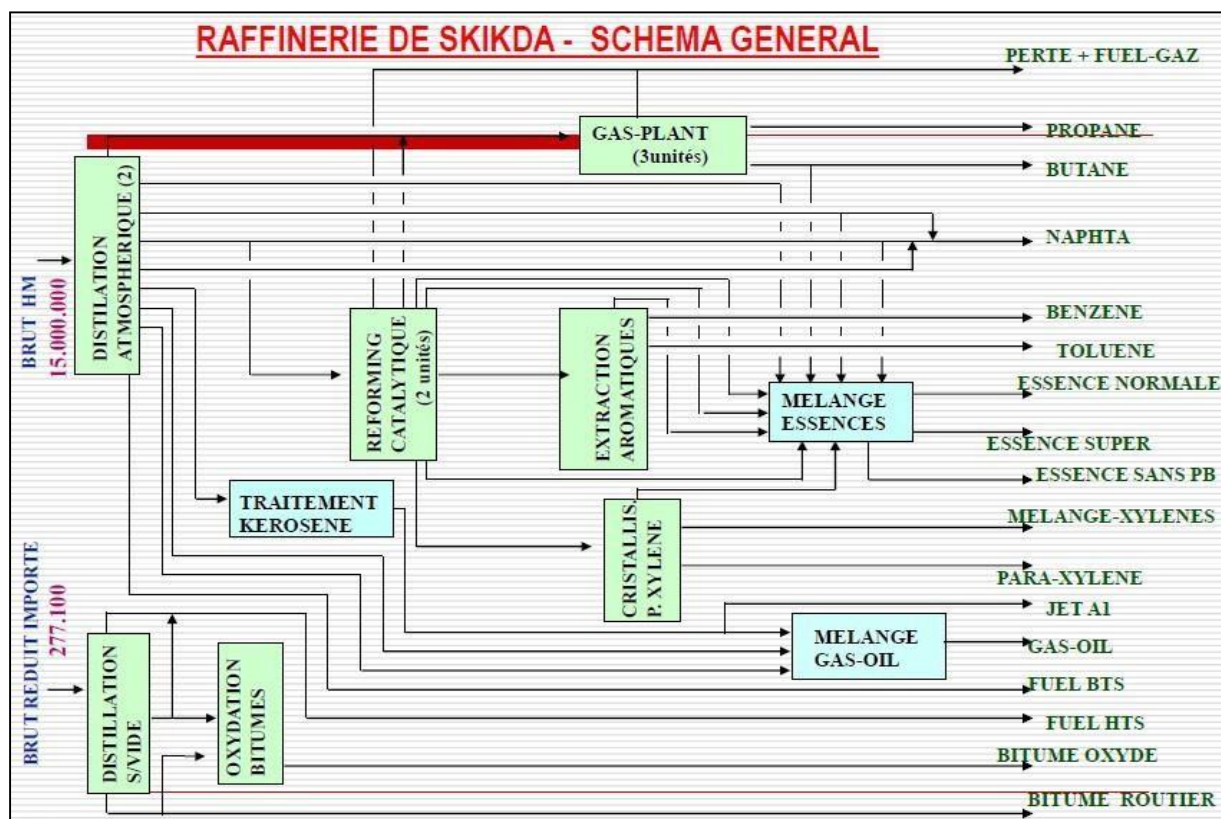


Figure I.5 : schéma général du compose des unités production

#### 4.2.1 Les unités 10-11 de Topping :

Le Topping ou la distillation atmosphérique a pour but de fractionner le brut en différentes coupes stabilisées pouvant être utilisées pour l'obtention de produits fins (naphta, gas-oil, jet..) ou devant alimenter d'autres unités situées en aval (Magnaforming, Platforming, gaz-plant). Elles traitent le brut de Hassi Messaoud avec une capacité annuelle de  $15.10^6$  t/an pour produire les produits suivants :

- 1) G.P.L  $\longrightarrow$  unité 30.
- 2) Iso pentane  $\longrightarrow$  mélange des essences.
- 3) Naphta A  $\longrightarrow$  stockage .
- 4) Naphta B ( $65^\circ - 150^\circ$ )  $\longrightarrow$  Reforming catalytique .
- 5) Naphta C ( $150^\circ - 180^\circ$ )  $\longrightarrow$  huiles combustibles.
- 6) Kérosène ( $180^\circ - 225^\circ$ )  $\longrightarrow$  jet fuel, mélange des gasoils .
- 7) Gasoil léger ( $225^\circ - 320^\circ$ )  $\longrightarrow$  mélange des gasoils .
- 8) Gasoil lourd ( $320^\circ - 360^\circ$ )  $\longrightarrow$  mélange des gasoils .
- 9) Résidu ( $>360^\circ$ )  $\longrightarrow$  huiles combustibles .

#### 4.2.2 Unité 70 (Production de bitume) :

L'unité 70 a été conçue pour traiter 271 100 t/an de brut réduit importé (BRI) qui peut être :

- Charge A : résidu TIA juan a médium 372°C plus.
- Charge B : résidu TIA juan a lourd 450°C plus.
- Charge C : résidu du brut du Koweït.

L'unité se compose principalement d'une colonne de distillation sous vide et d'un réacteur d'oxydation des bitumes. Le produit de fond de colonne est le bitume routier ordinaire qui est envoyé :

- Une partie vers le stockage.

L'autre partie comme charge à la section d'oxydation où elle sera oxydée au moyen de l'air en bitume oxydé

#### 4.2.3 Les unités 30-31-104 (Séparation et traitement des gaz) :

Ces unités sont destinées à traiter les gaz liquides venant des unités 10, 11, 100 et 103 dans l'ordre suivant:

- **Unité 30** : Traité le gaz liquide qui vient de l'unité 100 en particulier ceux de tête de la colonne C<sub>7</sub> où les GPL sont séparés du pentane.
- **Unité 31** : Reçoit les gaz provenant de la tête des colonnes de stabilisation de l'essence des deux unités de Topping.
- **Unité 104** : Elle a été conçue dernièrement avec la nouvelle unité de Platforming 103 afin de traiter les GPL venant de cette unité.

Le traitement des gaz dans ces unités est accompli en deux stades :

##### **Dans le premier stade :**

On fait subir au gaz un traitement qui consiste à passer la charge qui est le bitume, propane, éthane, H<sub>2</sub>S et l'humidité à travers une colonne contenant des tamis moléculaires qui possèdent la propriété de retenir l'humidité et l'acide H<sub>2</sub>S par le phénomène d'absorption.

##### **Dans le deuxième stade :**

C'est l'étape de séparation des gaz effectuée par deux colonnes dont le premier (deéthaniseur). On fait le stripping des gaz incondensables (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>) qu'on envoie à partir de la tête vers le réseau fuel gaz, le produit de fond (butane, propane) alimente la 2<sup>ème</sup> colonne où le propane est séparé du butane par simple distillation.

**\* Unités de Reforming Catalytique (Magnaforming)**

**\* Unité 100 :** La charge de cette unité est la Naphta B issue du Topping U10. Elle se compose de 3 sections :

- une section prétraitement (élimination de l'oxygène, du soufre et de l'azote).
- une section Magnaforming
- une section Fractionnement.

**\*- Les produits obtenus sont:**

1. Le GPL.
2. Le Pentane C5.
3. Reformat
4. Le toluène brut.
5. Les Xylènes.

**4.2.4 Unités 101 et 103 (unité Magnaforming, platforming):**

La Magnaforming et le platforming ont pour but de transformer la Naphta moyenneet lourde obtenues du Topping (réformât) utilisé comme charge pour les unités d'aromatiques (unité 200 et 400). Cette transformation a pour conséquence une augmentation de l'indice d'octane de 45 a 99 permet ainsi d'utiliser le réformât obtenu pour la fabrication des essences.

**4.2.5 Unité 200 ( extraction des aromatiques) :**

L'installation d'extraction des aromatiques a été projeté pour extraire de l'essence réformée des aromatiques qui seront fractionnées par la suite en benzène et toluène très pures .La charge est constitué par la coupe de réformât léger provenant directement ou à travers un réservoir de la colonne C<sub>5</sub> splitter du réformât de l'unité 100.

**Dans le premier stade :** les aromatiques sont fractionnés à l'aide d'un solvant sélectif qui est le Sulfolane.

**Dans le deuxième stade :** le raffinat constitué principalement des hydrocarbures paraffinés est envoyé vers stockage. L'extrait alimente la section fractionnement où il est séparé en benzène, toluène et en aromatiques lourds par distillations.

**4.2.6 Unité 400 (séparation du paraxylène) :**

Cette unité est conçue à récupérer le paraxylène produit très recherché sur le marché. La charge venant de l'unité de Magnaforming, elle permet par cristallisation de séparer le paraxylène des autres xylène (méta-ortho) et éthylbenzene. Le paraxylène est commercialisé comme telle, le reste peut être utilisé comme base pour l'obtention des essences ou commercialisé sous forme de mélange xylène pouvant être utilisé comme solvant pour la

fabrication des peintures, etc.

#### **4.2.7 Unité 500 d'isomérisation du xylène :**

Afin de traiter les filtrats de l'unité de récupération du Paraxylène. Après l'isomérisation du méta-xylène et de l'ortho-xylène au paraxylène, le produit d'isomérisation est renvoyé à l'Unité 400 pour la récupération de paraxylène

#### **4.2.8 Unité melex (600) :**

Mélange, chargement et expédition, il s'occupe de :

- Les bacs de stockage des différentes charges et produits des unités.
- Expédition des produits vers les différents dépôts de stockage, exemple: dépôt d'El-Kheroub.
- Mélange des gasoils.
- Contrôle le chargement des produits qui est au niveau du port de Skikda.

#### **3.2.9 La centrale thermoélectrique (CTE 1050) :**

C'est le système serveur de la raffinerie, elle assure les utilités indispensables pour le marché de toutes les unités. Elle comprend les unités suivantes :

##### **\* A- Unité 1020 ( Tour de refroidissement ) :**

Elle satisfait d'une manière continue les besoins de la raffinerie en eau de refroidissement, en travaillant en circuit fermé. Les eaux polluées et chaudes proviennent des unités de production sont traitées chimiquement afin d'éliminer les acides chlorhydriques HCL entraînés dans le circuit puis refroidies à l'aide d'une batterie d'aéro- réfrigérant et enfin renvoyée vers les différentes unités aux moyens des pompes.

##### **\*- B- L'unité d'azote :**

L'azote est produit à partir de l'air atmosphérique, ce dernier est aspiré puis comprimé à 7,7 bars par des compresseurs (généralement avec des compresseurs à membrane). L'oxygène est éliminé en deux étapes

##### **\* C- L'unité 1060 : Circuit vapeur (HP, MP, BP)**

Elle assure les besoins de la raffinerie en vapeur selon trois (03) gammes :

- 1) Vapeur haute pression.
- 2) Vapeur moyenne pression.
- 3) Vapeur basse pression.

La vapeur produite dans les grandes chaudières à partir des condensats qui proviennent de circuits vapeurs dans l'unité de production.

##### **\* D- L'unité 1080 : Air comprimé:**

L'air atmosphérique est aspiré à travers deux (02) filtres puis comprimé par deux (02) compresseurs.

Une partie de cet air filtré et comprimé est envoyé vers les différentes unités de production et l'autre partie subite un séchage à travers un lit d'alumine peut être utilisé dans le système de régulation pneumatique dans les différentes unités de production.

#### **4.2.10 Unité 1090: Torche :**

Ce réseau recueille les déchargements provenant des soupapes de sécurité, il est muni de KO drum où la fraction gazeuse est séparée de la fraction liquide. La partie gaz est ensuite envoyée à la torche en passant à travers une garde hydraulique, tandis que la partie liquide est pompé au slop.

#### **4.3 Centre de commande :**

C'est un nouveau centre installé récemment totalement automatisé dotée d'écrans de visualisation, de moniteurs et de consoles informatiques.

Réaliser de manière entièrement ou presque entièrement automatique la totalité ou la majeure partie des phases de production.

Possibilité d'intervention en cas d'accident.

Connaitre les différents paramètres en temps réel. [6]

#### **4.4 Bas de conception**

Cet unité de Brut est l'unité maternelle de toutes le raffineries de Pétrole. La matière première pour l'unité de Brut est le Pétrole Brut qui est indigène ou importé. Dans ce cas, la modernisation a été réalisée en considérant le Pétrole brut de Hassi Messaoud. L'objectif de cet unité de Pétrole brut est de séparer le pétrole brut en différentes fractions comme indiquées ci-dessous: [6]

- Gaz combustible
- GPL
- Coupe C6 .
- Naphta A , Naphta B , Naphta C
- Kérosène
- Gas-oil Léger (LGO) , Gas-oil lourd(HGO) , RCO

### **I.5 Capacité de l'Installation**

La capacité de conception pour la rénovation de l'unité– I de la Distillation de Pétrole brut (CDU-I), l'unité 10, pour le traitement de pétrole brut de Hassi Messaoud est 9.00 Millions de

Tonnes métriques par Annam (Basé sur le taux de traitement horaire de l'unité qui doit être 8000 heures par année). [6]

### 5.1 Capacité de production

Le tableau 1 donne la relation de tonnages entre les matières utilisées et les produits finis .

**Tableau I.1** : la capacité de production totale de RA1/K [6]

Matières premières		Produits finis(en tonnes par an)		
<b>B.H. M.</b> (Brut De Hassi Messaoud)	14 521 841	Propane	65.000	
		Butane	300.000	
		Essence Normal	700.000	
			Essence Super	300.000
			Essence Export	1.180.000
			Naphta	1.700.000
			BTX	124.000
			Mélange xylène	120.000
<b>B. R. I.</b> ( Brut Réduit importé)	177 450	Kérosène/Jet A	1.500.000	
		Gas-oil	4.250.000	
		Fuel-oil BTS	4.300.000	
		Fuel-oil HTS	100.000	
		Bitume routier	150.000	
		Bitume oxydé	15.000	

### I.6 Conclusion:

La raffinerie de Skikda de par l'ampleur de la complexité de ses installations et les énormes investissements qu'elle a exigés, joue un rôle important et stratégique dans la vie économique du pays et nécessite de ce fait, une prise de charge effective des contraintes techniques imposées par aussi bien son exploitation courante que par l'évolution des technologies.

***Chapitre II :***  
*cristallisation de*  
*paraxylène*



## II.1 Introduction

Sonatrach en Algérie a mis en place le Projet de Réhabilitation de l'Usine des Aromatiques dans la Raffinerie de Skikda située à Skikda, Algérie. Le projet comprend plusieurs sous-projets qui couvrent:

- \* Revamping de l'Unité 100 - Magnaforming,
- \* Revamping de l'Unité 200 existante, Unité d'extraction des aromatiques au moyen de la technologie GT- BTXSM, exclusive de GTC.

La nouvelle Unité 400 (Unité de récupération du paraxylène) au moyen du procédé Cryst-PXSM, exclusif de GTC afin de maximiser la production du paraxylène à partir des charges d'alimentation dérivées des magna formats et des platformats.

Installation de la nouvelle Unité 500, Unité d'isomérisation au moyen de la technologie GTI som PXSM, exclusive de GTC afin de traiter les filtrats de l'Unité de récupération du paraxylène. [4]

Le schéma global de flux de bloc de projet de réhabilitation de l'usine de des aromatiques de Sonatrach est présenté ci-dessous.

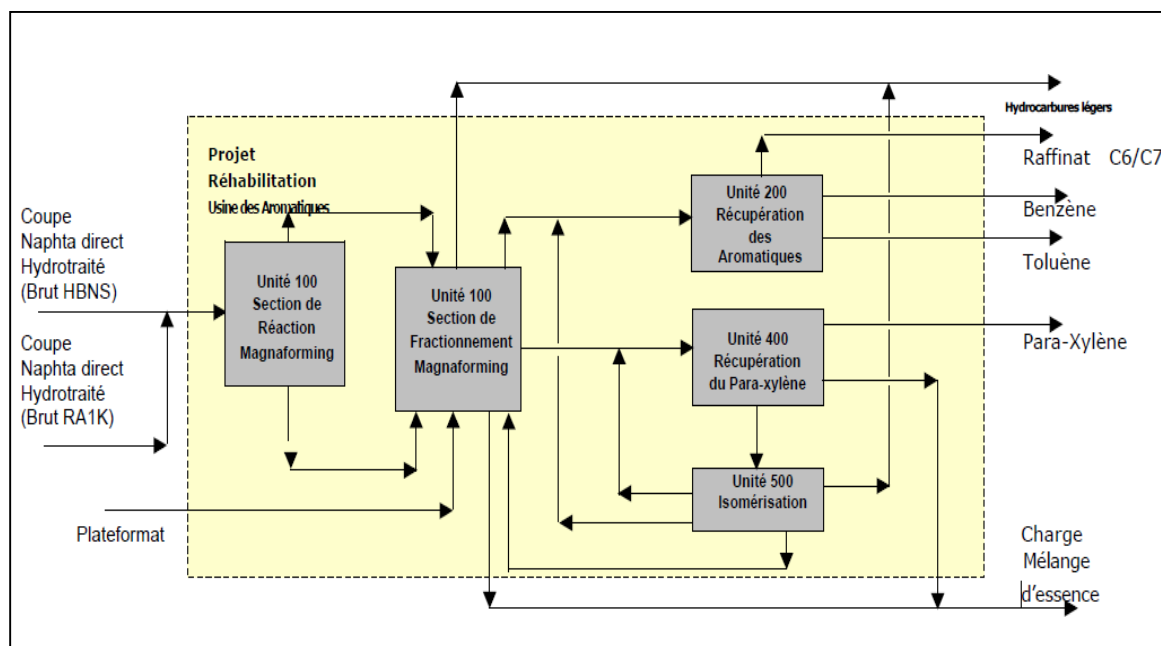


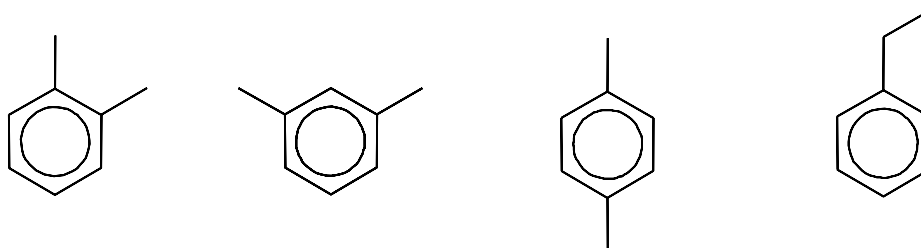
Figure II.1 Schéma-bloc simplifié du Projet Réhabilitation RA1K

## II.2 Les xylènes

### 2.1 Généralités :

Le terme xylène désigne le diméthylbenzène qui est un dérivé du benzène. De formule  $C_8H_{10}$ , les xylènes se trouvent en général sous la forme d'un mélange de composés aromatiques dont le point d'ébullition est compris entre 135 et 145°C.

Ce mélange est principalement constitué des trois isomères du diméthylbenzène (ortho, méta et paraxylène) et d'éthylbenzène : [7]



**Figure II.2:** Représentation des molécules d'ortho-xylène (OX), de méta-xylène (MX), de paraxylène (PX) et d'éthylbenzène (EB) [7]

## 2.2 Historique :

Les xylènes ont été découverts en 1850 dans des essences naturelles de bois par Cahors. Ils tirent leur dénomination du xylène qui signifie bois. De 1865 à 1877, les différents isomères du xylène ont été mis en évidence.

Les xylènes ont d'abord servi comme solvant dans l'industrie chimique et dans la parfumerie puis de matière première à l'industrie pharmaceutique.

Cependant, la séparation des trois isomères étant difficilement réalisable à cause de leurs propriétés physico-chimiques trop proches, les niveaux de pureté et les quantités produites étaient trop faibles pour assurer le développement d'une chimie des xylènes. L'apparition de l'industrie pétrolière de masse au début du 20ème siècle a permis le développement d'une chimie des C8 aromatiques qui, dans les années soixante s'est fortement développée avec la généralisation du reformage catalytique dans les raffineries et l'apparition de nouvelles méthodes de séparation. L'industrie pétrochimique pouvait dès lors fournir une quantité suffisante de xylènes pour qu'une chimie basée sur ces composés se développe. [7]

## 2.3 Utilisation :

La forme simple de ces molécules de xylène en fait des substances de base de la pétrochimie, de la plasturgie et d'autres chimies plus spécialisées.

Le xylène technique (ou commercial) est un mélange des quatre isomères aromatiques en C8. Il est utilisé dans la fabrication de peintures, de colles, de vernis ou d'encre d'imprimeries, et en tant que solvant pour la synthèse d'insecticides, de produits pharmaceutiques et dans l'industrie du caoutchouc. Son utilisation dans les produits à usage courant tend à diminuer car la toxicité des xylènes pousse à leur substitution. Paraxylène, ortho-xylène, méta-xylène et éthyle-benzène

Les principales utilisations des différents constituants du xylène technique sont résumées sur la figure au dessous. L'isomère le plus utilisé est le PX.

Il sert principalement de molécule de base pour la fabrication du polyéthylène téréphtalate (PET) dont la consommation mondiale est importante. [7]

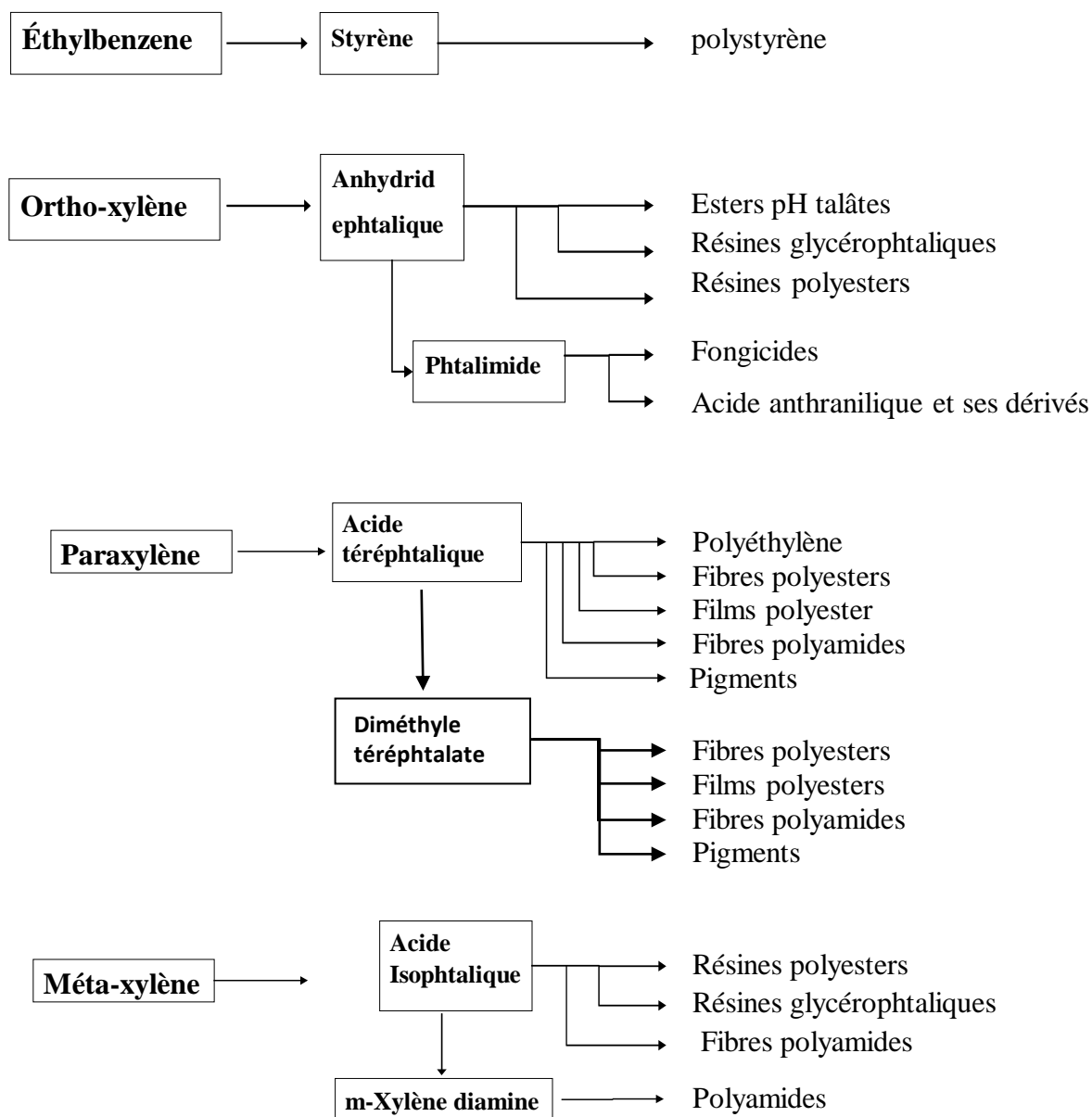


Figure II.3 : Principales utilisations des isomères du xylène.

## 2.4 Propriétés physico-chimiques :

Le xylène est un liquide incolore, d'odeur agréable et très inflammable.

Il est naturellement présent dans le pétrole et le goudron de houille, et se forme durant les feux de forêts. Les propriétés chimiques se différencient d'un isomère à un autre. [7]

Le tableau suivant montre présente quelques données thermodynamiques des xylènes.

**Tableau II.1** : Données thermodynamiques des xylènes

	<b>Ortho-xylène</b>	<b>Méta-xylène</b>	<b>Paraxylène</b>	<b>Ethyle benzène</b>
<b>Masse molaire g/mol</b>	106,16	106,16	106,16	106,16
<b>Température d'ébullition °C</b>	144,4	139,1	138,4	136,2
<b>Température de fusion °C</b>	-25,182	-47,87	13,26	-95,00
<b>Enthalpie de vaporisation (à 1 bar) kJ/mol</b>	36,89	36,45	36,00	36,05
<b>Masse volumique (à 25°C) g/cm<sup>3</sup></b>	0,8760	0,8599	0,8567	0,8624
<b>Chaleur de fusion kJ/mol</b>	13,78	11,56	17,02	9,16

### II.3 La cristallisation:

La cristallisation a été la première technique industrielle utilisée pour séparer le paraxylène des autres isomères. On utilise les eutectiques que forment le paraxylène avec chacun des autres isomères. Si la concentration en paraxylène dans le mélange se trouve au-dessus de l'eutectique, il se forme, par refroidissement jusqu'à une température proche de l'eutectique, des cristaux de paraxylène qui peuvent ensuite être séparés par centrifugation ou filtration.

Tous les procédés de séparation des xylènes par cristallisation utilisent différentes étapes de séchage, cristallisation, refroidissement et distillation du solvant (toluène le plus souvent).

Les différences entre procédés se font dans l'agencement de ces étapes, la manière de les réaliser techniquement (centrifugeuses, refroidissement par contact direct ou non,) et les conditions opératoires utilisées. Une liste des procédés de cristallisation est disponible dans la littérature.

La cristallisation permet d'obtenir du PX pur à 99,9% mais le faible rendement par passe, qui n'excède pas 65%, induit un volume de recyclage important vers l'unité d'isomérisation. [4]

#### 3.1 Description du circuit process :

La description de procédé est basée sur les schémas de flux de procédé ci-joints. La configuration globale du procédé de GTC comprend les sections suivantes :

- Section de splitting
- Section de cristallisation y compris :

- Pré-refroidissement d'alimentation
  - Cristallisation à première étape
  - Préparation des boues et production du paraxylène à haute-pureté
  - Cristallisation à deuxième étape (récupération).
- Section de rinçage à chaud
  - Section de réfrigération Section splitting

La section de splitting de l'Unité de récupération du paraxylène (Unité 400) divise les xylènes mixtes de la coupe C8+ des plate formats et des magna formats et prépare le mélange xylène comme une charge d'alimentation pour la section de cristallisation.

Cette section comporte essentiellement un train de préchauffe, un splitter (C-51A/B) ayant 132 plateaux, un four (F-51) deux colonnes d'argile en (V-51A/B).

L'objectif de ce splitter est de préparer de l'alimentation sèche pour la section de cristallisation, d'enlever toute eau de l'alimentation de la colonne et de produire des produits des aromatiques plus lourds (C9+).

La colonne dispose de 132 plateaux au total. Par conséquent, elle est physiquement séparée en deux calandres afin d'éviter la hauteur excessive exigée pour une colonne simple. La partie supérieure de la colonne (du plateau 1 au plateau 66) est incluse dans 400-C-51A, tandis que la partie de fond de la colonne (du plateau 67 au plateau 132) est incluse dans 400-C-51B. Le transfert du liquide de la partie supérieure à la partie de fond est mis en place par les Pompes de transfert (400-MP-78A/B).

Il y a deux emplacements d'alimentation sur la colonne. L'alimentation de recyclage (de l'unité d'isomérisation) est fournie au plateau 7, et l'alimentation de l'unité de magnaforming est fournie au plateau 96. Les vapeurs de tête sont totalement condensées dans le condenseur de tête et envoyées en arrière à la colonne comme le reflux. Quelques plateaux supérieurs, du plateau 1 au plateau 6, sont utilisés pour enlever toute eau entraînée dans l'alimentation. L'alimentation à l'unité de cristallisation est retirée du plateau 6. L'entrée de la chaleur pour la colonne est fournie par le Rebouilleur réchauffé à combustion (400-F-51).

La qualité de l'alimentation de cristallisation est affectée par la teneur en C9+ là-dedans.

Afin d'accomplir le taux de production, quelques aromatiques de C8 doivent être perdus dans les produits des aromatiques lourds.

La figure ci-dessous est tirée de la méthode de simulation Aspen HYSYS, qui montre le mode de fonctionnement de l'unité de cristallisation du paraxylène, unité 400.

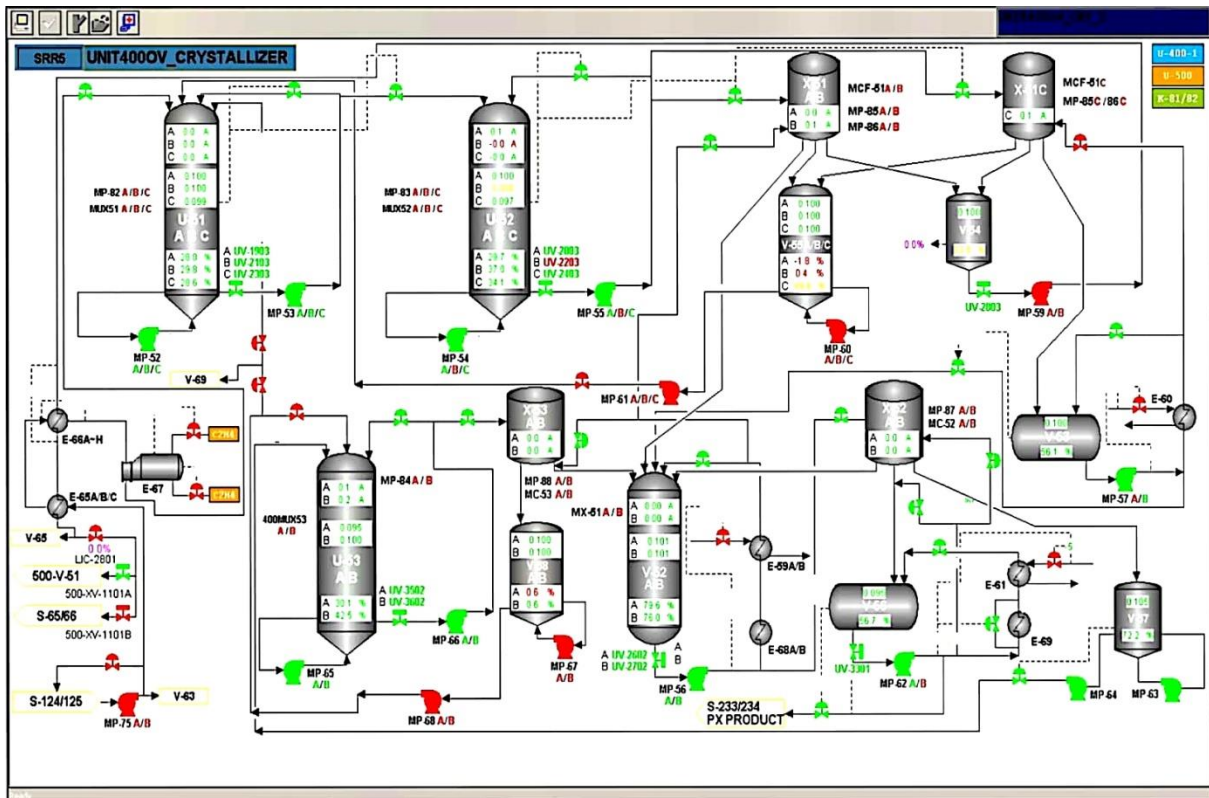


Figure II.4: la section 400 de la cristallisation

### 3.2 Cristallisation :

Les isomères C8 aromatiques sont difficiles à séparer par distillation à cause de leurs points d'ébullition très proches. En particulier, les points d'ébullition du paraxylène et du métaxylène dont la différence est inférieure à 1°C. Cependant, étant donné que le paraxylène a un point de congélation remarquablement plus haut que les autres isomères, la cristallisation est utilisée pour en faciliter sa séparation.

La cristallisation est le procédé de formation de cristaux solides dans une solution homogène. La cristallisation est utilisée pour obtenir des solides en particules de dimension uniforme à haute pureté. La technologie Crysta PX utilise la cristallisation par refroidissement.

La cristallisation par refroidissement se produit lorsque la température d'une solution est abaissée au (ou au-dessous du) point de congélation d'un composant de la solution, auquel la formation de cristaux se produit. Les cristaux se forment en général comme composants purs, en laissant les impuretés en arrière dans la solution-mère ou fusion. De nombreux composés chimiques sont séparés et purifiés par cristallisation. [4]

### 3.3 Centrifugation :

La centrifugation est un procédé de séparation qui emploie la force centrifuge pour séparer les solides des liquides (ou les liquides des liquides). Pour la séparation de solides des liquides, il y a deux types généraux de centrifugeuses, à sédimentation et à filtrage. Les centrifugeuses à sédimentation demandent une différence de densité entre les deux étapes. Dans les centrifugeuses à sédimentation, l'alimentation est soumise aux forces centrifuges qui provoquent les solides à se déplacer radialement à travers le liquide – à l'extérieur si plus lourd, à l'intérieur si plus léger. Les centrifugeuses à filtrage emploient un moyen de filtrage (tel qu'un tamis) qui retient l'étape de solide tout en permettant l'étape de liquide de traverser.

De bonnes sélection et conception des équipements de centrifugation produiront un gâteau de décharge avec minimum d'humidité, d'impuretés et de rupture de cristal. Si souhaité, un lavage peut être employé pour améliorer la pureté du gâteau de décharge.

Le lavage à haute efficacité peut générer un gâteau de décharge libre des impuretés de liqueur-mère. Sur les centrifugeuses à filtrage, le mécanisme de lavage est connu comme "lavage de déplacement", qui signifie que le liquide de lavage traversera le gâteau "en déplaçant" le liquide-mère (qui contient des impuretés).

Dans ce procédé, le produit final du paraxylène à haute pureté est utilisé comme le liquide de lavage pour réaliser le produit à très haute pureté et pour éviter le besoin pour la séparation et la récupération du liquide de lavage. [4]. [8]

### 3.4 Fusion :

La fusion est l'opération inverse de la cristallisation. La fusion des cristaux se produit à des températures plus élevées que le point de congélation. Une fois que les cristaux de paraxylène à haute pureté sont séparés et lavés dans les centrifugeuses, ils sont fusionnés. Une source de chaleur est nécessaire pour fusionner les cristaux de paraxylène, ce qui est habituellement fournie par la vapeur à basse pression.

Dans cette section on trouve face à une charge comportant deux isomères dont les points d'ébullition ont moins d'une degré de différence à savoir le méta xylène et le para xylène.

Donc un procédé de distillation est incapable de les séparer et c'est que la cristallisation s'impose ou on joue sur la température de la solidification. [4]

Tableau II.2 températures d'ébullition et de fusion des xylènes

	Point d'ébullition °C	Point de fusion °C	Chaleur de fusion cal/g
Para xylène	138.4	13.2	38.1
Méta xylène	139.1	-53.5	25.8
Ortho xylène	144.4	-27	29.3
Ethyle benzène	136.2	-92.8	20.6

Le mélange du xylène (22% PX) produit dans la section de fractionnement comme charge d'alimentation pour cristallisation est pré-refroidi de 40°C à -35°C avant d'être envoyé à la cristallisation. L'intégration de chaleur avec le filtrat refroidi dans les échangeurs, 400- E-65 A/B/C et 400-E-66 A-H fournit le premier niveau de refroidissement, suivi de refroidissement supplémentaire en vaporisant le réfrigérant de l'éthylène dans le Refroidisseur d'alimentation 400-E-67.

L'alimentation refroidie sortant du Refroidisseur d'alimentation 400-E-67 est transportée à la section de cristallisation de première étape.

#### II.4 Point eutectique

Le choix de la température de cristallisation dépend du point eutectique de la charge donc de sa composition, le diagramme suivant montre les différentes phases en fonction de la température et la composition de mélange.

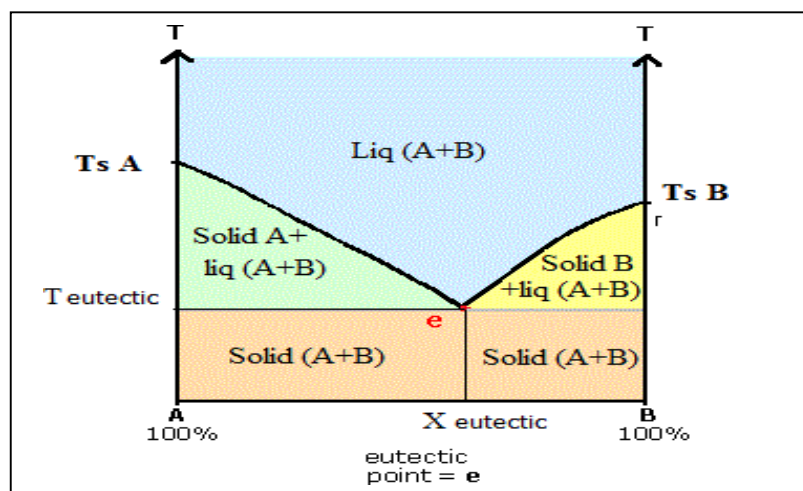


Figure II.5 diagramme d'équilibre d'un mélange A et B

Donc on doit jouer à une température légèrement supérieur a le point eutectique pour éviter la solidification total du mélange.



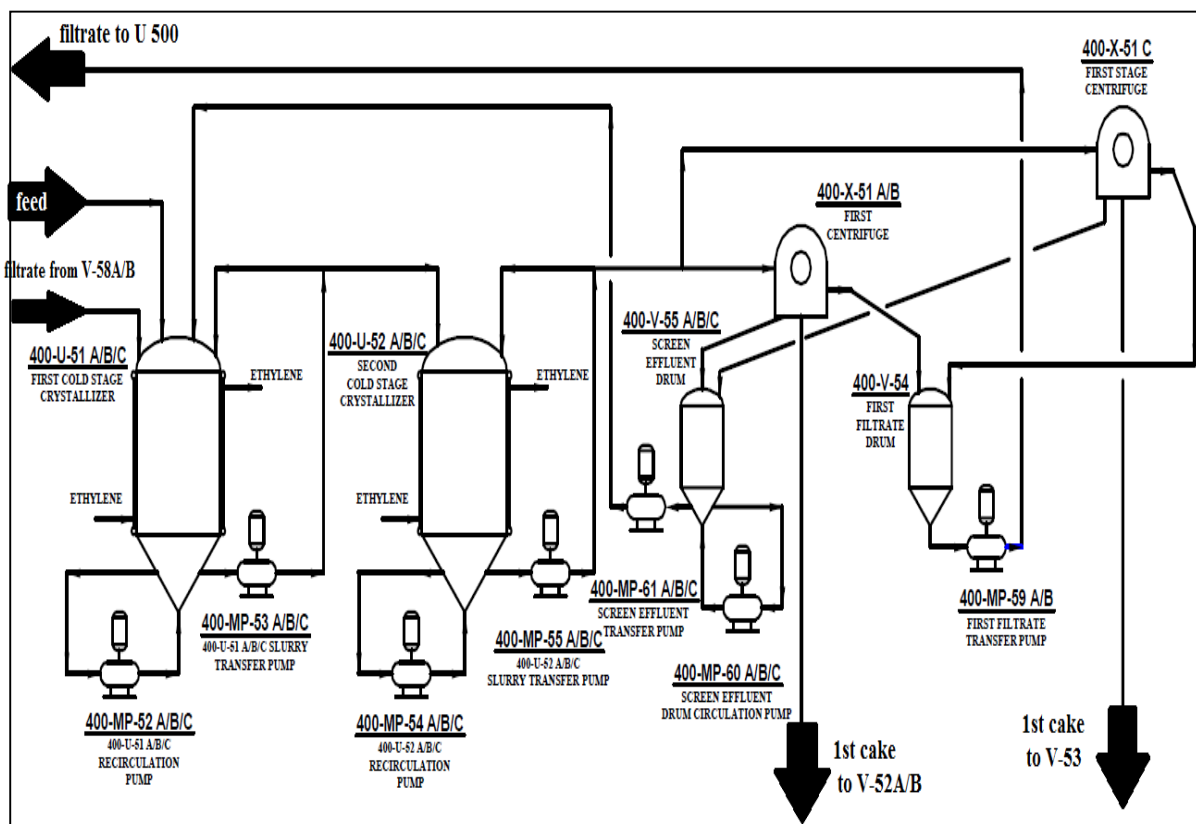
La section de cristallisation de première étape se compose de six (6) cristallisoirs et de trois (3) centrifugeuses à bol perforé de service continu. Cette section met en opération les trois trains parallèles de cristallisation, avec chaque train contenant deux cristallisoirs en série et une centrifugeuse, les 3 premiers cristallisoirs U-51A/B/C abaissent la température à  $-49.2^{\circ}\text{C}$  le mélange est envoyé au cristallisoirs U52-A/B/C pour le refroidir jusqu'à  $-64^{\circ}\text{C}$  en utilisant l'éthylène liquide  $\text{C}_2\text{H}_4$  comme un fluide frigorigé.

Le tableau suivant montre certains paramètres de fonctionnement de première étape.

**Tableau II.3** paramètres de cristallisation de première étape

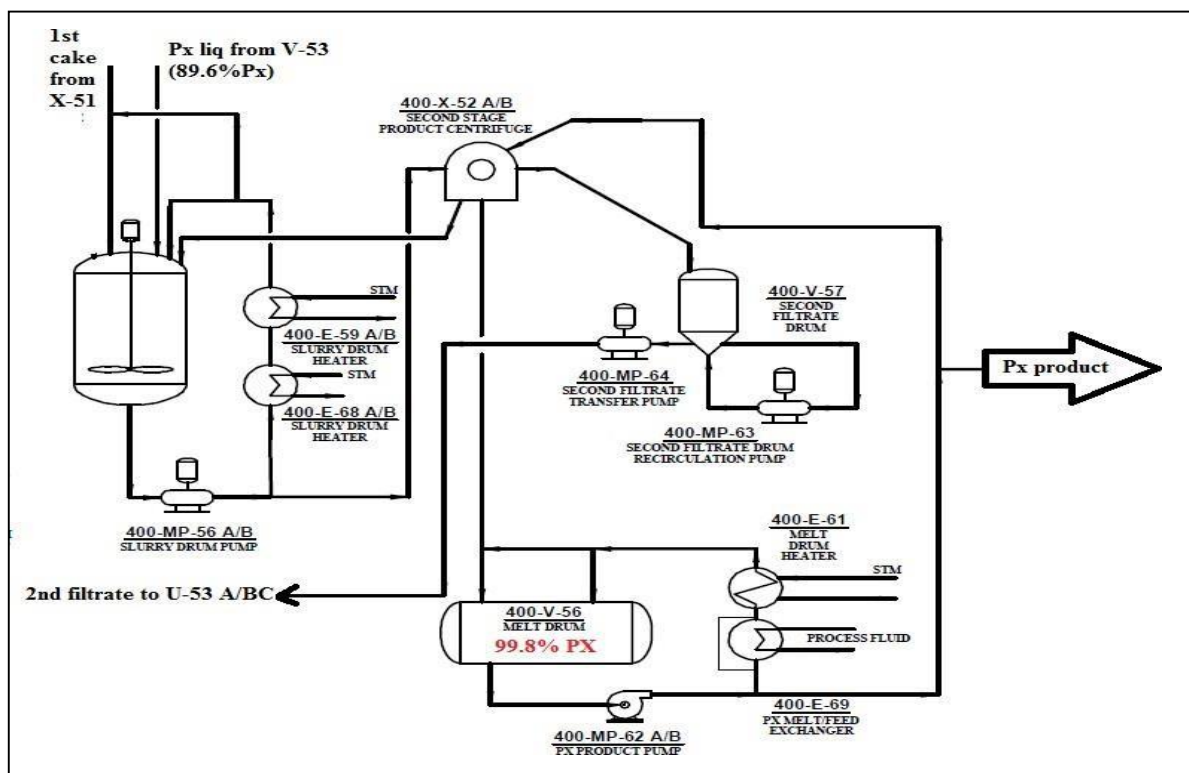
	% solide	pureté de Px %	Température
U-51 A/B/C	12.86	26.82	-49.2
U-52 A/B/C	19.0	26.82	-64
X-51 A/B/C	19	89.6	-64

Le gâteau de décharge, avec la teneur enrichie en paraxylène (89.1 pds%), de chaque Centrifugeuse à première étape (400-X-51A/B/C) est transféré par écoulement par gravité vers la section de préparation des boues de l'unité, Comme le montre la figure suivante :



**Figure II.6** section de cristallisation de première étape

Les équipements majeurs dans la préparation des boues et la section de production du paraxylène à haute pureté de l'unité se composent d'un tambour de fusion intermédiaire, de deux (2) tambours des boues, de deux (2) centrifugeuses des produits dont, d'un tambour de fusion des produits et d'un ballon des filtrats. Cette section de l'usine met en place deux trains parallèles. Illustré dans la figure ci-dessous .



**Figure II.7** préparation des boues et production du paraxylène à haute-pureté

La cristallisation de deuxième étape et la section de récupération mettent en marche les deux lignes de cristallisation. Les équipements majeurs dans chaque ligne se composent d'un cristalliseur, de centrifugeuse et de ballon des filtrats.

Le tableau suivant montre les paramètres de fonctionnement de cette section .

**Tableau II.4** paramètres de fonctionnement de section de production PX

	Solide	Pureté de PX %	Température °C
V-52 A/B	45	93.13	8.1
X-52 A/B	45	99.8	8.1
V-56	0	99.8	20
V-57	3.4	88	8.1

Les courants de deuxième filtrat des Centrifugeuses des produits de deuxième étape 400-X-52A/B sont alimentés aux Cristalliseurs à étape chaude (400-U-53A/B) pour produire et

recupérer des cristaux du paraxylène du courant à haute concentration (88.0 pds%). Chaque cristalliseur se compose de deux sections enveloppées fournies du propane, qui vaporise pour refroidir les teneurs du cristalliseur, et d'un racleur interne pour enlever de façon continue les cristaux du paraxylène formés à l'intérieur des parois.

Le propane à chaque section enveloppée est fourni à travers les Réservoirs tampons du propane 400-V- 61A-D .

La température dans les cristalliseurs à étape chaude 400-U-53A/B est contrôlée en ajustant la pression des Réservoirs tampons du propane 400-V-61A-D. Les cristalliseurs à étape chaude fonctionnent à  $-4.8^{\circ}\text{C}$  pour produire 45% des boues du xylène des solides.

A cause de la présence des solides et des courants des boues, il y a un potentiel pour bouchage à différents emplacements dans le procédé. Par conséquent, les points d'injection de rinçage à chaud sont mis en place à travers l'unité afin de permettre le rinçage complet des bouchages des solides qui peuvent se former dans les lignes des boues.

Les fluides du procédé à chaud suivants sont utilisés pour le rinçage dans l'unité : alimentation, premier filtrat et troisième filtrat. Chaque emplacement de rinçage à chaud a été répondu au fluide approprié afin de maximiser l'efficacité de rinçage tout en minimisant les variances de conditions du procédé.



**Figure II.8** Les trois ballons de rinçage à chaud

Les trois systèmes individuels de rinçage à chaud, chacun pour chaque fluide de rinçage à chaud, sont utilisés pour assurer que le rinçage à chaud est disponible selon les besoins. Chaque système de rinçage à chaud se compose d'un récipient, de pompe et d'échangeur de chaleur.

Le fluide de rinçage à chaud est stocké dans le récipient et maintenu à une température constante par circulation à travers une boucle de l'échangeur de chaleur.

La boucle de l'échangeur de chaleur est sous contrôle de pression (400-PIC-4202/4302/4402) pour assurer que la pression dans le système est appropriée pour livrer le liquide de rinçage à chaud aux emplacements d'utilisateur sur demande. Les lignes de connexion à chaque utilisateur sont prises de la boucle de circulation en amont de la vanne de pression et en aval de l'échangeur de chaleur.

**Tableau II.5** La composition de l'alimentation de cristallisoirs 1ers étape

Composant	% massique
M-X	49.18 wt%
O-X	21.45 wt%
P-X	21.99 wt%
EB	4.61 wt%

## II.5 Conclusion :

L'unité de production de paraxylène . La matière première de cette unité est un mélange de xylènes .

Les xylène qui sont une des composantes de l'essence ,sont constituées de quatre molécules isomères ( même formule chimique mais les molécules sont placées différemment )

Il s'agit du paraxylène ( 20 % ) , du méta-xylène ( 40 % ) , de l'ortho-xylène ( 20 % ) et de l'éthylbenzene ( 20 % ) . Ces produits ont des points d'ébullition très rapprochés , ce qui rend difficile leur séparation par la distillation .

Néanmoins le paraxylène forme des cristaux à une température de 130C , tandis que les autres ont un point de congélation beaucoup plus bas .On refroidit donc le mélange pour cristalliser le paraxylène puis on sépare les cristaux formés à l'aide d'une centrifugeuse . Les cristaux de paraxylène sont ensuite réchauffés pour redevenir liquides . Le liquide résiduel séparé dans la centrifugeuse est maintenant pauvre en paraxylène . Il est chauffé et mélangé à l'hydrogène pour former à nouveau du paraxylène dans une section de l'unité appelée Isomérisation .

Les xylènes qui sont retournés à l'équilibre ( para- , méta- , ortho- ) sont alors réinjectés à la cristallisation pour séparer à nouveau le paraxylène . L'éthylbenzene , quant à lui , réagit et forme un mélange benzène / toluène , du C9 + et du gaz combustible comme sous - produits . On utilise des colonnes à des colonnes à distiller pour séparer ces produits .

***Chapitre III***  
***Systeme de***  
***réfrigération.***

### III.1 Introduction :

Un système de réfrigération d'éthylène/propane capable de remplir les exigences demandées du procédé doit être fourni d'un package de fournisseur. Le package de réfrigération doit être capable de fournir des réfrigérants liquides de l'éthylène et du propane à toutes les enveloppes de huit cristalliseurs et au refroidisseur d'alimentation aux niveaux spécifiques de température et aux débits nécessaires pour fournir le service de refroidissement au procédé. [9]

### III.2 Système de réfrigération (Ethylène /Propane)

Pour savoir comment fonctionne le système de refroidissement éthylène /propane , étudions leur composition comme indiqué dans le tableau suivant :

#### 2.1 La Composition:

**Tableau III.1:** Composition éthylène

Composition		
Éthylène	Vol %	99.6
Méthane	Ppm	376
Ethane	Ppm	361
Acétylènes	Ppm	0.9
C5+	Ppm	3.5
Co	Ppm	1
Co2	Ppm	* 1.6
H2c	Ppm	1
O2	Ppm	1
H2	Ppm	1
N2	Ppm	2.5
Total Sulfure	Ppm	1

**Tableau III.2:** Composition de propane

Case	RA1K
Composition	Mol %
Methane	1ppm
Ethane	1.425
Propane	98.175
i-butane	0.314
n-butane	0.085
i-pantane	1ppm
n-pantane	1 ppm
H2o	1 ppm
Totale	100

#### 2.2 Les équipements principaux :

Lors des tests de fonctionnement du système de refroidissement éthylène /propane , nous avons besoin d'un ensemble d'équipements principaux , en particulier d'éthylène et de propane , comme indique dans le tableau suivant :

**Tableau III.3:** Les équipements principaux

Côté éthylène	Côté propane
Compresseur à l'éthylène 400-K-81	Compresseur au propane 400-K-82
Echangeur LT à l'éthylène 400-E-83	Echangeur LT au propane 400-E-87
Echangeur MT à l'éthylène 400-E-84	Echangeur MT au propane 400-E-86
Echangeur HT à l'éthylène 400-E-82	Echangeur HT au propane 400-E-85
Condensateur en cascade 400-E-81	Réservoir principal à propane 400-V-85
Réservoir principal à éthylène 400-V-81	Ballon n°1 à propane 400-V-86
Ballon n°1 à éthylène 400-V-82	Ballon n°2 à propane 400-V-87
ballon n°2 à éthylène 400-V-83	/
ballon n°3 à éthylène 400-V-84	/

## 2.3 Description des compresseurs principaux :

### 2.3.1 Compresseur à l'éthylène (400-K-81)

Le compresseur comprend quatre sections et six roues. La première section a une roue, la seconde deux roues, la troisième une roue et la quatrième deux roues. Toutes les roues sont de type tridimensionnel et à conception hydraulique optimale.

Un joint d'étanchéité à gaz sec en tandem est appliqué pour le joint d'étanchéité d'arbre.

Le compresseur a une pale de guidage d'admission variable à l'aspiration de première phase pour contrôler sa capacité. [9]

### 2.3.2 Compresseur au propane (400-K-82)

Le compresseur comprend trois sections et cinq roues. La première section a une roue, la seconde deux roues et la troisième deux roues. Toutes les roues sont de type tridimensionnel et à conception hydraulique optimale. [9]

Un joint d'étanchéité à gaz sec en tandem est appliqué pour le joint d'étanchéité d'arbre.

Le compresseur a une pale de guidage d'admission variable à l'aspiration de première phase pour contrôler sa capacité.

## 2.4 Méthode de contrôle

- \* Portée de contrôle Capacité de réfrigération 0 – 100%
- \* Vitesse constante
- \* Contrôle IGV
- \* Dérivation de gaz chaud avec étouffement



## 2.5 Description du Système de réfrigération

Les systèmes sont situés à distance du système de réfrigération. Pour cette raison, pour augmenter l'efficacité du cycle et éviter la vaporisation dans les tuyaux, le liquide réfrigérant d'éthylène et propane doit être sous-refroidi avec 3 sous-refroidisseurs (pour l'éthylène) et 2 (pour le propane) et fourni aux autres systèmes. [9]

### 2.5.1 Pré-refroidissement de l'alimentation :

Le mélange xylènes (~22% PX) produit dans la section de fractionnement comme charge d'alimentation pour la cristallisation est pré-refroidi de 40°C à -35°C avant d'être envoyé à la cristallisation. L'intégration de chaleur avec le filtrat refroidi dans les Echangeurs I et II d'alimentation/filtrat, 400- E-65 A/B/C et 400E-66 A-H (08 échangeurs) fournit le premier niveau de refroidissement, suivi d'un refroidissement supplémentaire en vaporisant l'éthylène de réfrigération dans le Refroidisseur de l'alimentation 400-E-67. Les Echangeurs I alimentation/filtrat 400-E-65 A/B/C sont des échangeurs de chaleur tubulaires à faisceau et calandre employant trois calandres en série pour éviter le croisement de température entre les fluides chaud et froid. L'alimentation passe à travers le côté calandre des Echangeurs I alimentation/filtrat 400-E-65 A/B/C où elle est refroidie de 40°C à -8.9°C. Du côté tube, le premier filtrat est réchauffé de 40°C à 20°C. L'alimentation, refroidie partiellement à travers les Echangeurs I alimentation/filtrat 400-E-65 A/B/C, entre dans le côté annulaire des Echangeurs II alimentation/filtrat 400-E-66 A-H. Dans ces échangeurs, l'alimentation de la section cristallisation est encore refroidie à -28°C en échangeant de la chaleur avec le filtrat passant par le côté tube, qui est réchauffée de -64°C à -40°C. Les Echangeurs II d'alimentation/filtrat 400-E-66 A-H sont des échangeurs de chaleur à double-tube contenant 8 faisceaux parallèles. Un échangeur de chaleur à double-tube est utilisé dans cette application afin de contrôler les vitesses de fluide et de réguler les températures de peau des échangeurs pour éviter la cristallisation de l'alimentation à l'intérieur des échangeurs. L'alimentation refroidie partiellement dans les Echangeurs II alimentation/filtrat 400-E-66 A-H est encore refroidie dans le Refroidisseur de l'alimentation 400-E-67. Ici, le refroidissement est fourni en vaporisant de l'éthylène dans le côté calandre d'un échangeur de type kettle. La température est contrôlée en faisant varier la pression de l'éthylène (400-PIC-1801), avec le débit d'éthylène entrant sous Contrôle de niveau (400-LIC-1801). Dans cet échangeur, l'alimentation est refroidie à -35°C, à quelques degrés du point de congélation initial du mélange (-40°C), tandis que la température de l'éthylène est maintenue au-dessus de -40°C pour éviter la cristallisation de l'alimentation à l'intérieur des tubes de l'échangeur.



L'alimentation refroidie sortant du Refroidisseur de l'alimentation 400-E-67 est envoyée à la section cristallisation du premier étage. [7]

### 2.5.2 Ethylène :

Le gaz éthylène vaporisé avec le Cristalliseur 2nd phase froide, 400-U-52A, B, C, et ballon n°1 (400-V-82) et est délivré au 1er tuyau d'aspiration du compresseur après séparation des gouttelettes liquides. Le gaz éthylène vaporisé avec le Cristalliseur 1ère phase, 400-U-51A, B, C, et le ballon n°2 (400-V-83) et est fourni au 1er courant latéral du compresseur après séparation des gouttelettes liquides. Le gaz éthylène vaporisé avec l'échangeur 400-E-67 passe au ballon n°3 (400-V-83) et est fourni au 2ème courant latéral du compresseur après séparation des gouttelettes liquides.

L'éthylène évaporé entre dans la 1ère section du compresseur à  $-79,7^{\circ}\text{C}$  et  $1,6\text{ kg/cm}^2$  et est comprimé à  $3,01\text{ kg/cm}^2$

Au l'échangeur LT (400-E-83), le liquide réfrigérant à l'éthylène pour le Cristalliseur 2nde phase froide est refroidi côté tube de  $-48^{\circ}\text{C}$  à  $-70^{\circ}\text{C}$ , alors que le liquide réfrigérant côté coquille est vaporisé à  $-75,3^{\circ}\text{C}$ . Le gaz éthylène évaporé entre dans le ballon n°2 et est mélangé au gaz éthylène du Cristalliseur 1ère phase et fourni au 1er courant latéral du compresseur à  $-70,2^{\circ}\text{C}$  et  $3,01\text{ kg/cm}^2$ . Le gaz éthylène comprimé dans la 1ère section du compresseur est mélangé au gaz éthylène du 1er courant latéral et fourni à la 2nde section du compresseur. Le gaz mélangé est comprimé dans la 2nde section du compresseur jusqu'à  $8,7\text{ kg/cm}^2$ .

Au l'échangeur MT (400-E-84), le liquide réfrigérant à l'éthylène pour le Cristalliseur 1ère phase froide et le Sous-refroidisseur MT est refroidi côté tube de  $-35$  à  $-48^{\circ}\text{C}$ , alors que le liquide réfrigérant du côté coquille est vaporisé à  $-52,3^{\circ}\text{C}$ . Le gaz éthylène évaporé entre dans le ballon n°3 et est mélangé au gaz éthylène de l'échangeur d'alimentation et fourni au 2e courant latéral du compresseur à  $-51,3^{\circ}\text{C}$  et  $8,7\text{ kg/cm}^2$ . Le gaz éthylène comprimé dans la 2nde section du compresseur est mélangé au gaz éthylène du 2e courant latéral et fourni à la 3e section du compresseur. Le gaz mélangé est comprimé dans la 3e section du compresseur jusqu'à  $12,97\text{ kg/cm}^2$ .

Au l'échangeur HT (400-E-82), le liquide réfrigérant à l'éthylène pour la 1ère phase froide, la 2nde phase froide, les Sous-refroidisseurs LT et MT est refroidi côté tube de  $-20$  à  $-35^{\circ}\text{C}$ , alors que le liquide réfrigérant du côté coquille est vaporisé à  $-40,9^{\circ}\text{C}$ . Le gaz éthylène évaporé entre dans le 3e courant latéral du compresseur à  $-41,8^{\circ}\text{C}$  et  $12,97\text{ kg/cm}^2$ . Le gaz éthylène comprimé dans la 3e section du compresseur est mélangé au gaz éthylène du 3e courant latéral et fourni à la 4e section du compresseur.

Le gaz mélangé est comprimé dans la 4e section du compresseur jusqu'à 25,36 kg/cm<sup>2</sup>g.

Le gaz comprimé est condensé avec le condensateur en cascade (400-E-81) du côté tube à -20°C. Le côté coquille a du propane liquide à -28,5°C.

Du liquide réfrigérant à l'éthylène condensé à -20°C est fourni au l'échangeur HT via le réservoir (400-V-81). Le liquide réfrigérant à l'éthylène refroidi avec l'échangeur HT est fourni au Refroidisseur d'alimentation (400-E-67) et aux échangeurs MT/LT. Le liquide réfrigérant refroidi avec l'échangeur MT est fourni aux Cristallisoirs 1ère phase (400-U-51A, B, C) et au échangeur LT. Le liquide réfrigérant dans l'échangeur LT est fourni aux Cristallisoirs 2eme phase (400-U-52A, B, C). Le gaz réfrigérant sous haute pression est fourni au ballon n°1 (400-V-82), au ballon n°2 (400-V-83), au ballon n°3 (400-V-84) et au l'échangeur HT (400-E-82) via la ligne de contrôle anti-pompage (dérivation gaz chaud) pour éviter le pompage et contrôler la capacité de réfrigération sous charge faible.

La température de la dérivation de gaz chaud au tuyau d'aspiration du compresseur est contrôlée par une tuyère d'étouffement en aval de la valve anti-pompage (dérivation gaz chaud) pour éviter une température de décharge élevée du compresseur en opération à gaz chaud (recyclage). [7]

### **2.5.3 Propane :**

Le gaz propane vaporisé avec le Cristallisoir phase chaude B, 400-U-53A, et des ballons coule dans le ballon n°1 (400-V-86), et est fourni au compresseur après séparation des gouttelettes liquides. Le gaz propane vaporisé avec le Groupe froid chiller déheptaniseur 500- E-59 coule dans le ballon n°2 (400-V-87), et est fourni au 1er courant latéral du compresseur après séparation des gouttelettes liquides.

Le propane évaporé des 400-U-53A, B et le propane évaporé du condensateur en cascade (400-E-81) entrent dans le ballon n°1, et sont mélangés et fournis au 1er tuyau d'aspiration de gaz comprimé à -27,5°C et 0,63 kg/cm<sup>2</sup>g, à la 1ère section du compresseur à -27,5°C et 0,63 kg/cm<sup>2</sup>g et comprimés jusqu'à 1,74 kg/cm<sup>2</sup>g.

Au l'échangeur LT (400-E-87), le liquide réfrigérant au propane pour le Cristallisoir phase chaude est refroidi du côté tube du liquide réfrigérant au propane pour 400-U-53A, B et le Cristallisoir phase chaude est refroidi côté tube de 20°C à -10°C, alors que le liquide réfrigérant du côté coquille est vaporisé à -15°C. Le gaz propane évaporé entre dans le ballon n°2 et est mélangé au gaz propane du Refroidisseur d'alimentation et fourni au 1er courant latéral du compresseur à -15,1°C et 1,74 kg/cm<sup>2</sup>g.

Le gaz propane comprimé dans la 1ère section du compresseur est mélangé au gaz propane du 1er courant latéral et fourni à la 2e section du compresseur.

Le gaz mélangé est comprimé dans la 2e section du compresseur à 5,96 kg/cm<sup>2</sup>g.

Au l'échangeur HT (400-E-86), le liquide réfrigérant au propane pour le Cristalliseur phase chaude, l'échangeur LT est refroidi du côté tube de 45°C à 20°C, alors que le liquide réfrigérant du côté coquille est vaporisé à 14,7°C.

Le gaz propane évaporé entre dans le 2e courant latéral du compresseur à 13,8°C et 5,96 kg/cm<sup>2</sup>g.

Le gaz propane comprimé dans la 2e section du compresseur est mélangé au gaz propane du 2nd courant latéral et fourni à la 3e section du compresseur.

Le gaz mélangé est comprimé dans la 3e section du compresseur à 15,23 kg/cm<sup>2</sup>g.

Le gaz comprimé est condensé avec le condensateur au propane (400-E-85) du côté coquille à 45°C. Le côté tube est de l'eau de réfrigération à température d'admission de 29°C.

Du liquide réfrigérant au propane condensé à 45°C est fourni au l'échangeur HT via le réservoir (400-V-85), du liquide réfrigérant au propane refroidi dans l'échangeur HT est fourni au Sous-refroidisseur LT.

Le liquide réfrigérant dans l'échangeur LT est fourni aux Cristalliseurs phase chaude (400-U-53A, B). Du gaz réfrigérant haute pression refroidi dans le condensateur est fourni au ballon n°1 (400-V-86), au ballon n°2 (400-V-87) et au l'échangeur HT (400-E-86) via la ligne de contrôle anti-pompage (dérivation gaz chaud) pour éviter le pompage et contrôler la capacité de réfrigération sous charge faible.

La température de la dérivation de gaz chaud au tuyau d'aspiration du compresseur est contrôlée par une tuyère d'étouffement en aval de la valve anti-pompage (dérivation gaz chaud) pour éviter une température de décharge élevée du compresseur en opération à gaz chaud (recyclage). [7]

#### ➤ **Conditions de fonctionnement :**

Les conditions de fonctionnement typiques sont listées ci-dessous :

- Ajuster l'ouverture de l'angle de la pale de guidage d'entrée, les vannes de dérivation anti-pompage et les vannes de contrôle d'étouffement aux conditions de fonctionnement typiques.

- Le compresseur d'éthylène ne peut pas être opéré si le compresseur de propane n'est pas opérant.

### III.3 Propriétés des gaz éthylène/propane

Tableau III.4: Propriétés des gaz éthylène /propane

		Ethylène	Propane
Formule chimique		C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
Poids moléculaire		28.05 kg/ kmol	44.1 kg/ kmol
Apparence extérieure		Gaz ou liquide incolore	Gaz ou liquide incolore
Odeur		Odeur douce	Non
Point d'ébullition		-103,65°C à pression atmosphérique	-42,05°C à pression atmosphérique
Température critique		282,7 K	369,8 K
Pression critique		51,41 bar	44,19 bar
Inflammabilité		Oui	Oui
Chaleur latente		406,27 kJ/kg à -60°C 185,25 kJ/kg à 0°C	400,77 kJ/kg à 20°C 374,87 kJ/kg à 0°C
Densité		98,27 kg/m <sup>3</sup> à 0°C 341,21 kg/m <sup>3</sup> à 0°C	20,45 kg/m <sup>3</sup> à 0°C 530,4 kg/m <sup>3</sup> à 0°C
Capacité calorifique spécifique	Gaz	6,37 kJ/kg-K à 0°C	1,79 kJ/kg-K à 0°C
	Liquide	3,36 kJ/kg-K à -20°C	2,43 kJ/kg-K à 0°C

### III.4 Conclusion :

Un système de réfrigération de (éthylène/propane) capable de remplir les exigences demandées du procédé doit être fourni d'un package de fournisseur.

Le package de réfrigération doit être capable de fournir des réfrigérants liquides de l'éthylène et du propane à toutes les enveloppes de huit cristalliseurs et au refroidisseur d'alimentation aux niveaux spécifiques de température et aux débits nécessaires pour fournir le service de refroidissement au procédé .

*Chapitre IV*  
*Calculs et discussion*  
*des résultats*

## IV.1 Introduction :

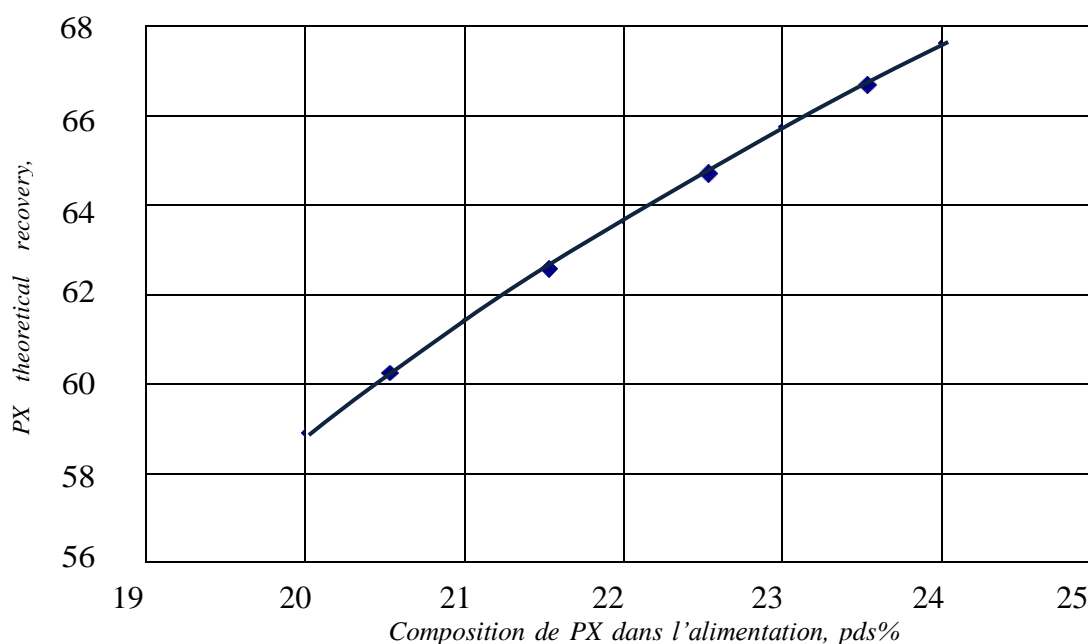
Les experts ont séparé le paraxylène des autres composés par distillation, mais cette expérience n'a pas réussi à produire du paraxylène pur à 100% car la température d'ébullition est très proche. Par conséquent, ils ont mené une autre expérience afin de rechercher une solution au problème précédent, ils ont donc refroidi le mélange de xylène.

En effet, cette expérience a réussi, car il a été noté que le paraxylène est le plus rapide à cristalliser que les autres composés. Tous les éléments de le mélange ne gèle pas en même temps.

## IV.2 Facteurs affectant la récupération du paraxylène :

### 2.1 Teneur en paraxylène dans l'alimentation :

Un facteur important affectant la récupération de l'unité est la composition d'alimentation. Dans la mesure où la composition du paraxylène dans l'alimentation augmente, la récupération de PX augmente également comme montré dans le graphe ci-dessous: [4]

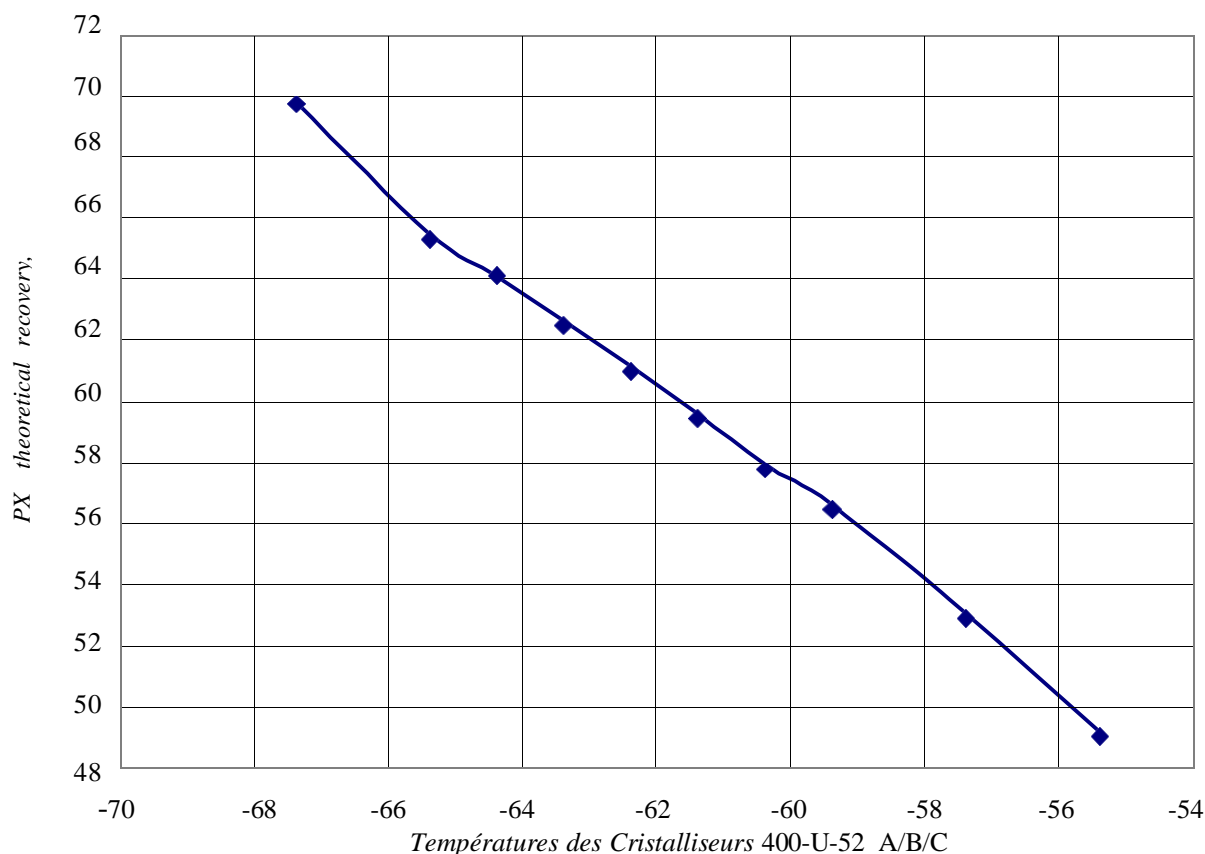


**Figure IV.1** Effet de composition d'alimentation sur la récupération de PX

### 2.2 Température des Cristalliseurs (400-U-52 A/B/C) les plus froids :

La variable principale de procédé déterminant la récupération globale du paraxylène est la température dans les Cristalliseurs 400-U-52 A/B/C. La température dans ces cristalliseurs doit être ~1 à 3 deg C au-dessus de la température eutectique de l'alimentation fraîche. Plus haute température produira une mauvaise récupération du paraxylène, étant donné qu'à plus haute température, plus de paraxylène restera en solution.

Tous les paraxylènes qui restent en solution à la sortie de 400-U-52 A/B/C partiront l'unité de cristallisation avec le premier filtrat. Plus basse température produira le danger de cristallisation de méta-xylène (ou ortho-xylène) comme un eutectique avec paraxylène. Le graphe ci-dessous illustre comment la récupération est affectée par la température dans les cristalliseurs les plus froids. [4]



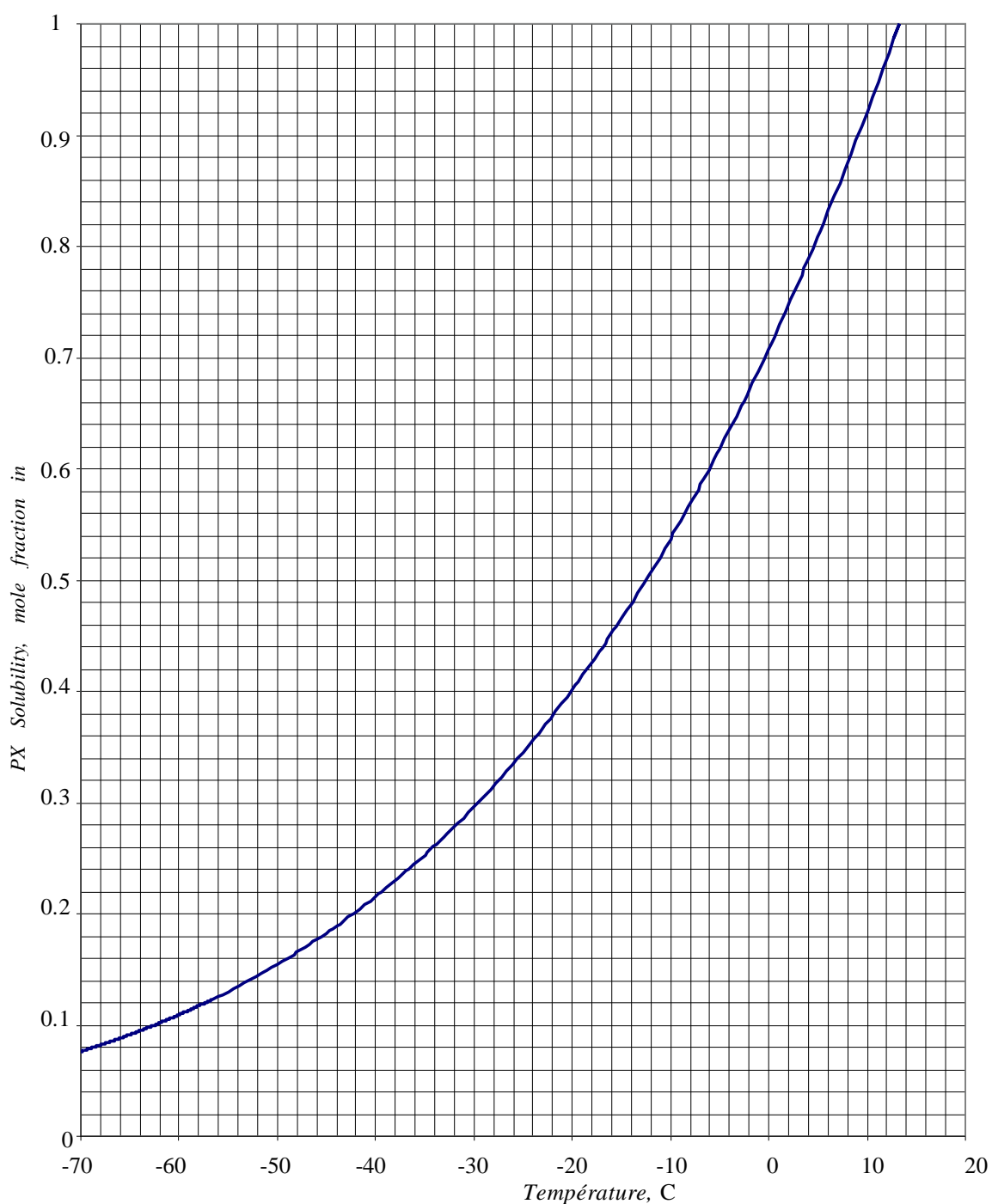
**Figure IV.2** Effet de température du cristalliseur le plus froid sur la récupération de PX

### IV.3 Equilibre de cristallisation et outils de calcul :

#### 3.1 Solubilité du paraxylène dans le mélange d'isomères :

Voici un graphique qui montre la solubilité de PX dans un mélange d'isomère du xylène.

Le graphique trace la température versus la composition du paraxylène dans la phase de liquide. Les données montrées dans le graphique ci-dessus peuvent être utilisées pour calculer les récupérations théoriques de PX ou des pourcentages des solides de courants des boues. Cela peut également être utilisé pour déterminer la température à laquelle le paraxylène commencera à cristalliser. Des exemples qui montrent comment calculer le pourcentage % des solides dans les courants des boues et la récupération théorique de PX sont fournis. [4]



**Figure IV.3** Solubilité du paraxylène

### 3.2 Calcul de récupération du paraxylène basée sur la température des Cristalliseurs 400-U-52A/B/C :

La récupération théorique du paraxylène peut être calculée comme suit au moyen de la température des 400-U-52A/B/C et de la graphique de solubilité précédent du paraxylène .



$$PX \text{ récupération} = \frac{X_{\text{alimentation}} - X_{\text{filtrat}}}{X_{\text{prod}} - X_{\text{filtrat}}}$$

Ou  $X_{\text{alimentation}}$  = fraction molaire de PX dans  
l'alimentation

$X_{\text{filtrat}}$  = fraction molaire de PX dans le filtrat

$X_{\text{produit}}$  = fraction molaire de PX dans le produit

Chercher la solubilité de PX dans le filtrat à la température des Cristalliseurs 400-U-52A/B/C. La formule calcule la récupération théorique à la température spécifique. Toute perte de cristal dans le filtrat de la centrifugeuse doit être calculée séparément pour obtenir la récupération actuelle.

La récupération résultante est exprimée en moles de produit par mole d'alimentation. Le résultat de ce calcul peut être appliqué avec précision à la récupération de poids également. Cela est dû au fait que les courants se composent principalement des isomères du xylène qui ont tous le même poids moléculaire.

La récupération de pourcentage du paraxylène à travers l'unité de cristallisation peut être calculée comme suit:

$$PX \text{ récupération } \% = \frac{PX \text{ récupération}}{X_{\text{alimentation}}} \cdot 100$$

Le résultat de ce calcul donnera le pourcentage du paraxylène dans l'alimentation récupérée au produit.

Exemple:

Alimentation: 22 pds. % PX

Température des Cristalliseurs 400-U-52A/B/C: -64°C

Solubilité de PX dans le filtrat à -64°C = 0.095 (selon la graphe de solubilité)

Récupération théorique de PX =  $\frac{0.22 - 0.095}{0.998 - 0.095} = 0.138$  mole /mole d'alimentation

Récupération théorique % de PX =  $\frac{0.138}{0.22} \times 100 = 62.7\%$

### 3.3 Calculer le pourcentage des solides du paraxylène dans un courant des boues du xylène :

Avec une analyse de courant pour la teneur en paraxylène et la température de courant, le pourcentage des solides dans le courant peut être calculé. Cela est important pour l'opération de l'unité, puisque les courants des boues doivent avoir d'environ 45 pds% de solides ou moins pour assurer la pompabilité des boues.

$$\text{Pourcentage des solides} = \frac{X_{\text{courant}} - X_{\text{soluble}}}{1 - X_{\text{soluble}}}$$

Où:  $X_{\text{courant}}$  = fraction de PX dans le courant

$X_{\text{soluble}}$  = fraction de PX soluble à la température de courant

#### Exemple:

Composition de PX dans l'alimentation à la centrifugeuse des produits (PX par analyse) = 0.9318 et  
Température de courant = 8.1°C

Solubilité de PX à 8.1°C = 0.877 (selon la graphe de solubilité)

$$\text{Cristaux de fraction dans le courant} = \frac{0.9318 - 0.877}{1 - 0.877} = 44.55 \% \text{ de cristaux}$$

### 3.4 Calcul de température eutectique :

La température eutectique de l'alimentation peut être calculée selon la  
procédure suivante: Où: PX = mol% du paraxylène

MX = mol% du métaxylène

OX = mol% de l'orthoxyène

1. Calculer la fraction molaire du métaxylène et de l'orthoxyène sur une base sans paraxylène, basée sur l'alimentation fraîche de l'unité de cristallisation. Etant donné que les cristaux sont de 100% du paraxylène, la composition sans paraxylène du filtrat est identique à celle de l'alimentation:

$$\begin{array}{cc} \left(\frac{MX}{100-PX}\right)E & \left(\frac{MX}{100-PX}\right)F \\ \left(\frac{OX}{100-PX}\right)E & \left(\frac{OX}{100-PX}\right)F \end{array}$$

**Indices:** F= alimentation, E= Filtrat, P = Produit du paraxylène

2. A partir de la table ci-après, trouver les températures correspondantes à  $\frac{MX}{100-PX}$  et  $\frac{OX}{100-PX}$ .

Le tableau ci-dessous que valeurs des températures eutectiques est la plus élevée parmi ces deux températures.

**Tableau IV.2** Table pour le calcul des températures eutectiques

<i>Température °C</i>	<i>(PX)E</i>	<i><math>\frac{MX}{100-PX}</math></i>	<i><math>\frac{OX}{100-PX}</math></i>
-73.0	6.81	0.5143	0.2507
-72.5	6.94	0.5230	0.2554
-72.0	7.07	0.5319	0.2601
-71.5	7.20	0.5410	0.2650
-71.0	7.33	0.5502	0.2699
-70.5	7.47	0.5596	0.2749
-70.0	7.61	0.5691	0.2800
-69.5	7.75	0.5788	0.2852
-69.0	7.89	0.5886	0.2905
-68.5	8.04	0.5986	0.2959
-68.0	8.19	0.6088	0.3014
-67.5	8.34	0.6191	0.3069
-67.0	8.49	0.6296	0.3126
-66.5	8.64	0.6402	0.3184
-66.0	8.80	0.6511	0.3243
-65.5	8.96	0.6621	0.3303
-65.0	9.13	0.6733	0.3363
-64.5	9.29	0.6847	0.3426
-64.0	9.46	0.6963	0.3489
-63.5	9.63	0.7081	0.3553
-63.0	9.81	0.7201	0.3618
-62.5	9.98	0.7322	0.3685
-62.0	10.16	0.7446	0.3753
-61.5	10.35	0.7572	0.3822
-61.0	10.53	0.7700	0.3893
-60.5	10.72	0.7830	0.3964
-60.0	10.91	0.7963	0.4037

### 3.5 Pureté du paraxylène et point de congélation :

La graphe suivante montre le point de congélation du paraxylène sur une gamme de puretés.

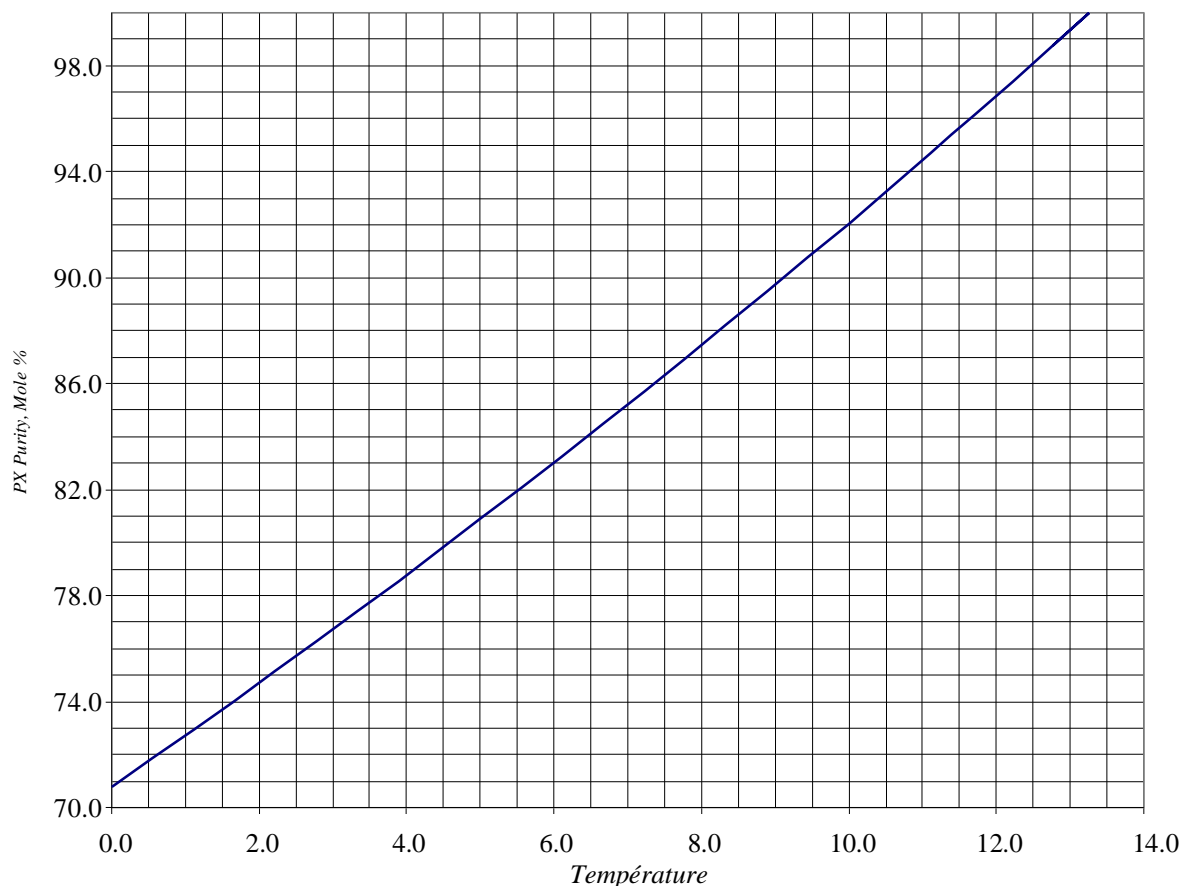


Figure IV.4 Pureté de PX vs. Point de congélation

### IV.4 Optimisation du procédé de cristallisation du paraxylène:

Normalement, le taux de production du paraxylène dépend de la composition d'alimentation, du taux d'alimentation et de la température du filtrat final. Cependant, le taux de production du paraxylène sera réduit si le recyclage d'excès ou d'autres facteurs surchargent les capacités des équipements, notamment les systèmes de réfrigération, les centrifugeuses et les réservoirs des cristalliseurs.

Les facteurs qui peuvent affecter la capacité sont:

- Recyclage du troisième filtrat à l'étape froide.
- Flux de deuxième filtrat aux cristalliseurs chauds.
- Effluents de tamisage de l'étape froide.
- Opérations de débouchage des systèmes.
- Flux de puisard du xylène / produits du paraxylène non-conformes aux

spécifications

- Différence de température de réfrigérant/procédé (flux de chaleur de cristalliseur)

L'unité de cristallisation fonctionnera à pleine capacité avec les débits de service normal de ces courants de recyclage, qui sont donnés dans le Basic Engineering Package. [4]

#### IV.5 Conditions opératoires et données de calcul:

Les tables récapitulatives ci-dessous présentent les paramètres principaux d'opération et de calcul de chaque cristalliseur. Les paramètres pour conditions de service normal, maximum et minimum sont fournis.

Le taux de turn-down (taux de réduction) pour l'unité de cristallisation est de 50% de la capacité nominale.

Les cristalliseurs doivent être capable de fonctionner à l'une des conditions ci-dessus.

**Tableau IV.2** Données de calcul d'alimentation de cristalliseur

DONNEE DE CALCUL DE PROCEDE	CRISTALLISEUR (par cristalliseur)		
	400-U-51 A/B/C (alimentation/effluents detamissage/filtrat #3)	400-U-52 A/B/C	400-U-53 A/B (filtrat #2, filtrat #3)
Température d'alimentation, °C(°F)	-35.0/-64.0/-4.8 (-31/-83.2/23.4)	-49.2 (-56.6)	8.1/-4.8 (46.6/23.4)
Débit d'alimentation, kg/hr(lb/hr)	66,684/10,398/3,851 (147,013/22,923/8,490)	80,933 (178,426)	19,608/11,205(4 3,228/24,703)
Alimentation(pds% solides)	0.00/36.98/4.08	12.86	3.37/4.08
Composition d'alimentation, pds%			
Paraxylène	21.99/42.94/63.67	26.82	88.02/63.67
Méta-xylène	49.18/35.98/22.91	46.45	7.55/22.91
Ortho-xylène	21.44/15.68/9.99	20.25	3.29/9.99
Éthylbenzene	4.62/3.38/2.15	4.46	0.71/2.15
Toluène	0.42/0.31/0.20	0.39	0.06/0.20
Non-Aromatiques	1.10/0.81/0.51	0.43	0.17/0.51
C9+ Aromatiques	1.23/0.90/0.57	1.19	0.18/0.57
Produit (pds% solides)	12.9	19.00	45.0

**Tableau IV.3** Conditions d'opération et de calcul de Cristalliseur

GAMME DES DONNEES OPERATOIRES	CRISTALLISEUR		
	400-U-51 A/B/C	400-U-52 A/B/C	400-U-53 A/B
Température de récipient, °C (°F)	-49.2 (-56.6)	-64.0 (-83.2)	-4.8 (23.4)
Service			
Maximum	15 (59)	15 (59)	15 (59)
Minimum	-104 (-155)	-104 (-155)	-43 (-45.4)
Sortie de vapeur (récipient ouvert)	165 (329)	165 (329)	165 (329)
Température d'enveloppe, °C (°F)	-66.2 (-87.2)	-75.8 (-104.4)	-17.0 (1.4)
Service			
Maximum	15 (59)	15 (59)	15 (59)
Minimum	-104 (-155)	-104 (-155)	-43 (-45.4)
Sortie de vapeur (récipient ouvert)	165 (329)	165 (329)	165 (329)
Pression, kg/cm <sup>2</sup> g Récipient			
Service			
Maximum	0.1 (1.4)	0.1 (1.4)	0.1 (1.4)
	0.5 (7.1)	0.5 (7.1)	0.5 (7.1)
Enveloppe			
Service			
Maximum	5.1 (72.5)	3.1 (44.1)	1.8 (25.6)
	8.1 (115)	8.1 (115)	8.1 (115)
Paramètres de calcul			
Récipient			
Pression de calcul	3.5 (50) 215 (419)	3.5 (50) 215 (419)	3.5 (50) 215 (419)
Température de calcul	Et -104(-155)	et -104(-155)	et -43(-45.4)
Enveloppe			
Pression de calcul	10.5 (150) 215 (419)	10.5 (150) 215 (419)	10.5 (150) 215 (419)
Température de calcul	Et - 104 (-155)	Et - 104 (-155)	et -43 (-45.4)
Matériaux de construction	304LSS	304LSS	304LSS
Récipient Enveloppe	304LSS	304LSS	304LSS

Les tables ci-dessous présentent les spécifications du procédé des centrifugeuses. Les paramètres pour les conditions de l'opération normale et maximum sont fournis. Toute information est pour une machine.

Le taux de réduction (turn-down) de chaque centrifugeuse est de 50% de la capacité nominale, et la capacité maximum est de 115% de la capacité nominale. [6]

**\* A/B/C- Centrifugeuses à 1<sup>ère</sup> étape :**

Nombre de Machines: 3

Type de Machine: Bol perforé

Paramètres de procédé (par machine-pour 3 machines):

**Tableau IV.4** Données de calcul des Centrifugeuses à 1<sup>ère</sup> étape

	Capacité nominale	Capacité maximum
Alimentation - débit, kg/h	80,930	93,070
m <sup>3</sup> /h des boues	82.6	95.0
teneurs en solides, pds%	19.00	19.00
température, °C	-64	-64
viscosité de liquide, Cp	3.1	3.1
Humidité de gâteau, pds%, max	12.%	12.0%
Max. perte des solides dans le filtrat primaire, pds% des solides d'alimentation	0.5%	0.5%
Max. perte des solides dans le filtrat secondaire, pds% des solides d'alimentation	25.%	25.0%
Max. perte des liquides dans le filtrat secondaire, pds% des liquides d'alimentation	10.%	10.0%

**\* A/B- Centrifugeuses des produits de 2<sup>ème</sup> étape :**

Nombre des machines: 2

Type de machine: Pousoir

Paramètres de procédé (par machine):

**Tableau IV.5** Données de calcul des Centrifugeuses des produits de 2<sup>ème</sup> étape

	Capacité nominale	Capacité maximum
Alimentation - débit, kg/h	38,282	44,024
m <sup>3</sup> /h des boues	40.8	46.9
teneur en solides, pds%	45%	45%
température, °C	8.1	8.1
viscosité de liquide, Cp	0.76	0.76
Lavage du paraxylène - débit, kg/h	3,438	3,954
m <sup>3</sup> /h	4.0	4.6
température, °C	20.0	20.0
viscosité, Cp	0.64	0.64
Humidité de gâteau, pds%, max	5.0%	5.0%
Max. perte de solides dans le filtrat primaire, pds% des solides d'alimentation	4.0%	4.0%
Max. perte de solides dans le filtrat secondaire, pds% des solides d'alimentation	1.0%	1.0%

**\* A/B- Centrifugeuses de récupération à 2<sup>ème</sup> étape :**

Nombre de Machines: 2

Type de Machine: Poussoir

Paramètre de procédé (par machine)

**Tableau IV.6** Données de calcul des Centrifugeuses de recuperation à 2<sup>ème</sup> étape

	Capacité nominale	Capacité maximum
Alimentation - débit, kg/h	30,808	35,429
m3/hr des boues	32.1	36.9
teneur en solides, pds%	45%	45%
température, °C	-4.8	-4.8
viscosité de liquide, cP	0.92	0.92
Humidité de gâteau, pds%, max	5.0%	5.0%
Max. perte de solides dans le filtrat, pds% des solides d'alimentation	5.0%	5.0%

## IV.6 Problèmes d'exploitation :

Il y a beaucoup de types de problèmes qui peuvent se produire dans l'Unité 400.

Une liste des problèmes qui peuvent se produire communément, et des solutions potentielles à ces problèmes sont présentées ci-après : [4]

### 6.1 Basse pureté des produits du Paraxylène

#### Causes possibles:

- 1.) Bas débit du liquide de lavage aux centrifugeuses des produits
- 2.) Haute humidité de gâteau aux centrifugeuses des produits

#### Solutions possibles:

- 1.) Vérifier le taux de lavage et ajuster à la gamme correcte.
- 2.) Vérifier la pureté de PX du gâteau des centrifugeuses et effectuer le contre-lavage du panier de la centrifugeuse.

### 6.2 Basse récupération du paraxylène

#### Causes possibles:

- 1.) Basse teneur en PX dans l'alimentation
- 2.) Forte perte de gâteau dans les centrifugeuses à première étape
- 3.) Haute température dans 400-U-52 A/B/C



**Solutions possibles:**

1.) Assurer que la teneur en PX dans l'alimentation est dans la gamme normale (~22.2% )  
Vérifier la composition du courant du filtrat et laver la centrifugeuse si nécessaire.

3.) Vérifier la température dans le cristalliseur et baisser la température si nécessaire.

**6.3 Débit réduit ou grande ouverture des vannes de contrôle d'alimentation****Causes possibles:**

- 1.) Bouchage de 400-E-67
- 2.) Bouchage de 400-E-66A~H

**Solutions possibles:**

1.) Vérifier la température de l'éthylène du refroidisseur d'alimentation fraîche et la température de sortie du côté de procédé, assurer qu'elles sont au-dessus du point de congélation de l'alimentation. Si l'échangeur est bouché, dévier l'échangeur et déboucher avec rinçage à chaud.

2.) Vérifier les températures d'échangeur pour déterminer quel faisceau est bouché. Déboucher le serpentin affecté au moyen de rinçage à chaud après avoir dérivé le filtrat.

**6.4 Ampérage des pompes des boues – bouchage de refoulement/aspiration****Causes possibles:**

- 1.) Des boues formées dans la pompe à cause de la trop forte teneur en solides
- 2.) Aspiration bloquée à cause de l'effondrement des cristaux dans cristalliseur / tambour des boues

**Solutions possibles:**

1.) Rincer à chaud la pompe comme suit: Arrêter la pompe et fermer la vanne de refoulement de la pompe. Ouvrir la vanne de lavage de rinçage à chaud vers la pompe et attendre 10-20 secondes le dégel de bouchage. Fermer la vanne de lavage à chaud et ouvrir la vanne de refoulement de la pompe. Démarrer la pompe et vérifier la pression d'aspiration pour voir si elle est normale. Répéter les actions ci-dessus selon les besoins. Utiliser le rinçage à chaud aussi peu que possible pour débouchage.

2.) Rincer à chaud la pompe selon les instructions ci-dessus.

**6.5 Forte perte de gâteau dans la centrifugeuse des produits****Causes possibles:**

- 1.) Le taux de liquide de lavage ou la température est trop élevée.
- 2.) Les fentes de panier de la centrifugeuse sont surdimensionnées.

**Solutions possibles:**

- 1.) Vérifier le taux de liquide de lavage et la température et effectuer l'ajustement selon les besoins.
- 2.) Arrêter la centrifugeuse pour maintenance si la forte perte de gâteau continue même après l'ajustement du taux de lavage et de la température.

**6.6 Bouchage de goulotte des solides de centrifugeuse****Causes possibles:**

- 1.) Aucun rinçage aux goulottes

**Solutions possibles:**

- 1.) Assurer que le courant de rinçage de goulotte est établi. Augmenter le taux de rinçage de goulotte le cas échéant

**IV.7 Conclusion :**

Après avoir effectué le processus de refroidissement du mélange de xylène, qui passe par un groupe d'étapes avec des changements de température afin de produire des cristaux de paraxylène pur en grande quantité. Ce qui donnait en fait de très bons résultats par rapport au procédé de distillation qui était utilisé auparavant, par lequel nous n'étions pas en mesure de produire du paraxylène pur car le point d'ébullition des éléments présents dans le mélange de xylène est très proche.

La pureté des cristaux de paraxylène obtenus par refroidissement est d'environ 99,7 %. C'est donc un bon pourcentage, donc son prix est élevé et le plus demandé sur le marché.

*Conclusion*

*générale*

## **Conclusion générale :**

Le paraxylène est considéré comme l'un des types d'aromatiques les plus chers et les plus fins au monde sur la base de la décision du méta-xylène, de l'ortho-xylène et d'autres aromatiques, et il est utilisé dans la fabrication de nombreux produits de base de la vie moderne tels que : peintures, cosmétiques, etc....

Le travail que nous menons au niveau de la raffinerie **SKIKDA RA1/K** dans le cristalliseur U-400, qui s'inscrit dans le cadre du projet de mémoire de fin de cycle master académique, consiste à déterminer les paramètres de fonctionnement de l'unité, décrire le circuit frigorifique, et calculer la quantité de paraxylène extraite sur un ensemble de phases avec des changements de température, en plus de mesurer la pureté du paraxylène produit. et identifier les problèmes existants.

La simulation par le programme Aspen "HYSYS" nous a permis de comprendre les paramètres de fonctionnement du département de réfrigération, son fonctionnement et les étapes par lesquelles nous passons pour obtenir du paraxylène complètement pur tel qu'il se trouve actuellement au niveau du cristalliseur de paraxylène Skikda Refinery Unit 400. Ainsi que l'unité 500 unités d'isomérisation du xylène pour le traitement par filtration de l'unité de récupération du paraxylène. Après isomérisation du méta-xylène et de l'ortho-xylène en paraxylène, le produit d'isomérisation est renvoyé vers l'unité 400 pour récupérer le paraxylène afin d'extraire le plus de paraxylène pur possible. La pureté du paraxylène produit a été mesurée, atteignant environ 99,7 %, ce qui est considéré comme un très bon pourcentage, ce qui le rend plus demandé sur le marché et à des prix élevés.

Enfin nous pouvons proposer la recommandation suivante concernant les problématiques dans U-400 :

- \* Optimiser le taux de lavage du paraxylène et la température sur la centrifugeuse des produits pour minimiser le lavage tout en accomplissant la qualité souhaitée.
- \* Température du ballon des boues : optimiser la température du tambour des boues pour accomplir un équilibre entre la pureté des produits et la teneur en solides.
- \* L'abaissement de la température du cristalliseur à étape chaude au-dessous de la température de calcul peut réduire les demandes de l'étape froide sur les cristalliseurs et les centrifugeuses et permet une meilleure récupération ou le rendement plus haut.
- \* Eviter d'utiliser le rinçage excessif à chaud pour l'opération de débouchage.

# *Références*

## Références

- [1] Manuel opératoire de l'unité 200 NAFTEC
- [2] Présentation de la raffinerie de Skikda (RA1K).
- [3] Mémoire master professionnel Domaine :U.K.M.O Science et Technologie Filière : Electronique Spécialité : Instrumentation: Thème de la colonne *PAR SYSTÈME DCS* (Cs 3000)
- [4] Manuelle opératoire de l'unité 400 de cristallisation du paraxylène RA1K.
- [5] Mémoire formation de professionnalisation : Optimisation des paramètres de fonctionnement du DEHEPTANISEUR de l'unité d'isomérisation de RA1K.
- [6] <https://www.researchgate.net/publication/341325552>
- [7] Institut National Polytechnique De Lorraine Ecole Doctorale Sciences Et Ingénierie Des Ressources, Procédés, Produits, Environnement Laboratoire De Réactions Et Génie Des Procédés ( Application A La Séparation Réactive Des C8 Aromatiques) .
- [8] Mémoire formation de professionnalisation : Etude des centrifugeuses de production X-52 A/B , U-400
- [9] Mode d'emploi pour le Système de réfrigération en cascade Ethylène/Propane MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD
- [10] Operating Guidelines - Unit 400 PRU GTC's Crystal -PX technology.

# *Annexes*

## Annexes

### Annexe A:

**Tableau 1 : Capacité de réfrigération**

Capacité de Réfrigération	Température °C	Capacité KW	Débit de gaz Kg/h	Pression Kg /cm2
Cristalliseurs 2 <sup>ème</sup> phase froide	-75.8	2580	22.053	1.75
Cristalliseurs 1 <sup>ère</sup> phase froide	-66	2580	25.08	3.98
Refroidisseur d'alimentation 400-E-67	-40	721	7.533	9.55
Total éthylène	-	5881	-	-
Cristalliseurs phase chaude	-17	1713	16.255	0.78
Post-chiller déheptaniseur Surélevé	10	37	391	1.94
Total Propane	-	1750	-	-
Capacité Total	-	7631 KW	-	-

### Annexe B :

**Tableau 2 : Conditions d'opération de propane**

Charge utilisateur	kW	0	
Température de l'eau de refroidissement	deg.C	29	
Débit d'eau de refroidissement	ton/h	1000	
1 <sup>er</sup> Aspiration	Pression d'aspiration	kg/cm2G	0.63
	Température d'aspiration	deg.C	-27,5
	Pression de décharge	kg/cm2G	1,74
2 <sup>ème</sup> Aspiration	Pression d'aspiration	kg/cm2G	1.74
	Température d'aspiration	deg.C	-15,1
	Pression de décharge	kg/cm2G	5,96
3 <sup>ème</sup> Aspiration	Pression d'aspiration	kg/cm2G	5.96
	Température d'aspiration	deg.C	13,8
	Pression de décharge	kg/cm2G	15.23



Annexe C:

Tableau 3: Conditions d'opération de l'éthylène

Charge utilisateur		kW	0
Température de l'eau de refroidissement		deg. C	N/A
Débit d'eau de refroidissement		%	N/A
1 <sup>er</sup> Aspiration	Pression d'aspiration	kg/cm2G	1.60
	Température d'aspiration	deg. C	-79,7
	Pression de décharge	kg/cm2G	3,01
2 <sup>ème</sup> Aspiration	Pression d'aspiration	kg/cm2G	3,01
	Température d'aspiration	deg. C	-70,2
	Pression de décharge	kg/cm2G	8.7
3 <sup>ème</sup> Aspiration	Pression d'aspiration	kg/cm2G	8,7
	Température d'aspiration	deg. C	-51,3
	Pression de décharge	kg/cm2G	12.97
4 <sup>ème</sup> Aspiration	Pression d'aspiration	kg/cm2G	12.97
	Température d'aspiration	deg. C	-41,8
	Pression de décharge	kg/cm2G	25,78

Annexe D :

1: Graphique Pression VS Enthalpie: propane

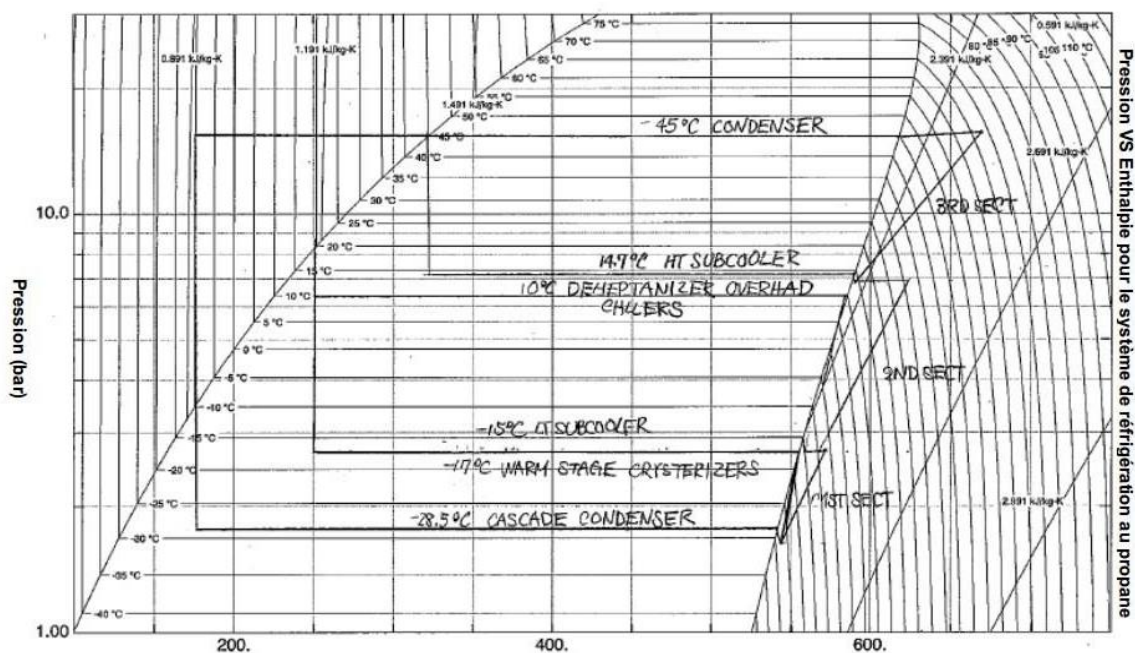


Figure 1 : diagramme pression vs enthalpie du propane

Annexe E :

7: Graphique Pression VS Enthalpie: éthylène

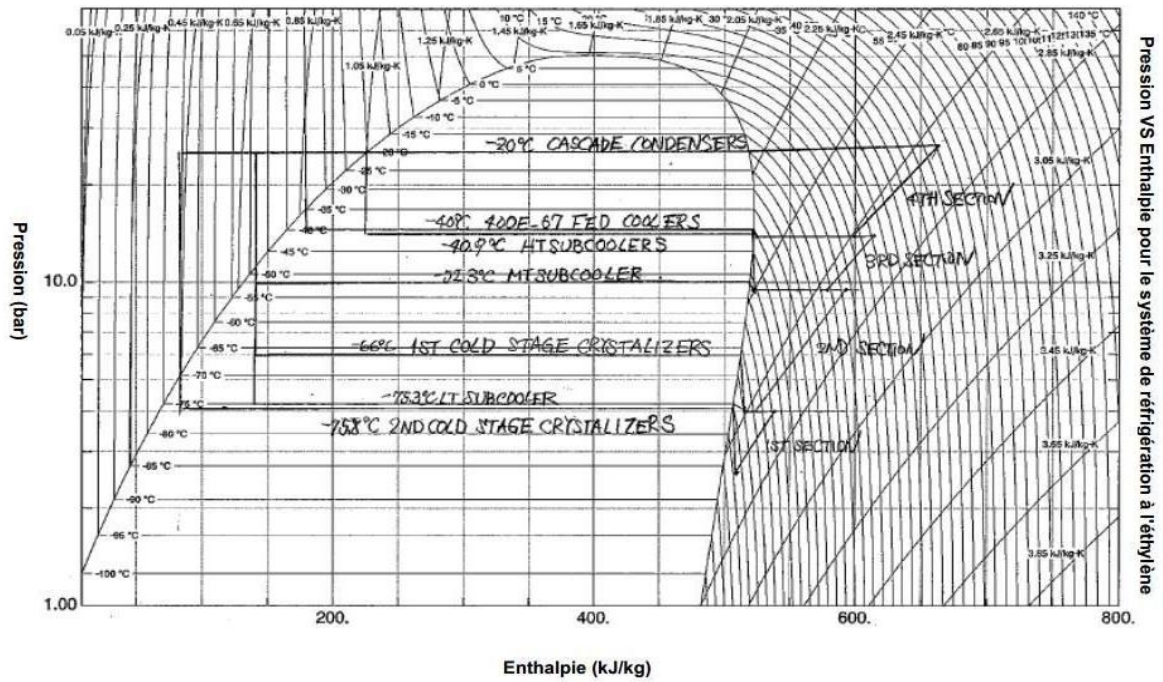


Figure 2: diagramme pression vs enthalpie de l'éthylène

Annexe F :

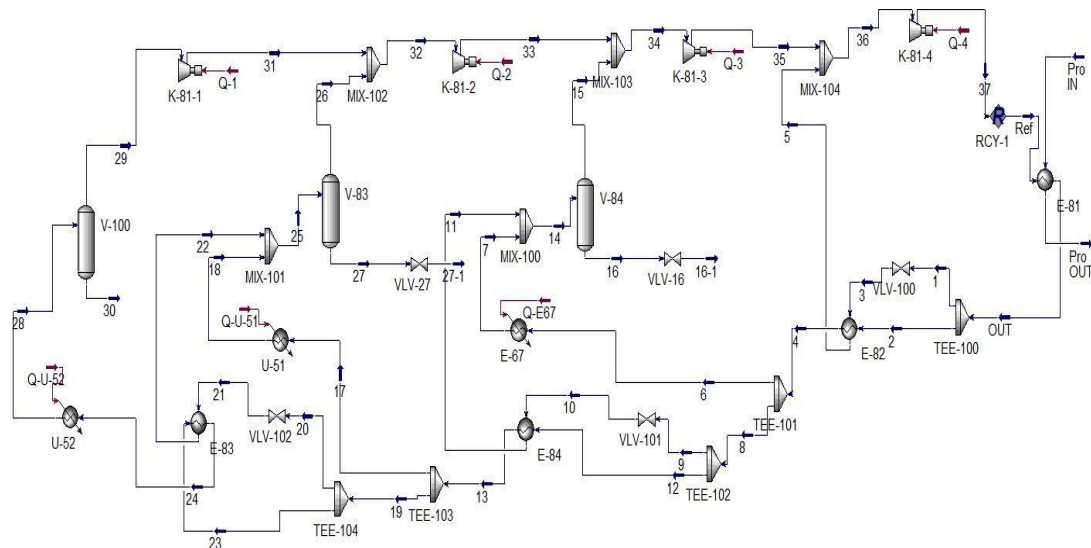


Figure 3 : Simulation HYSYS circuit Ethylène

## Annexe G :

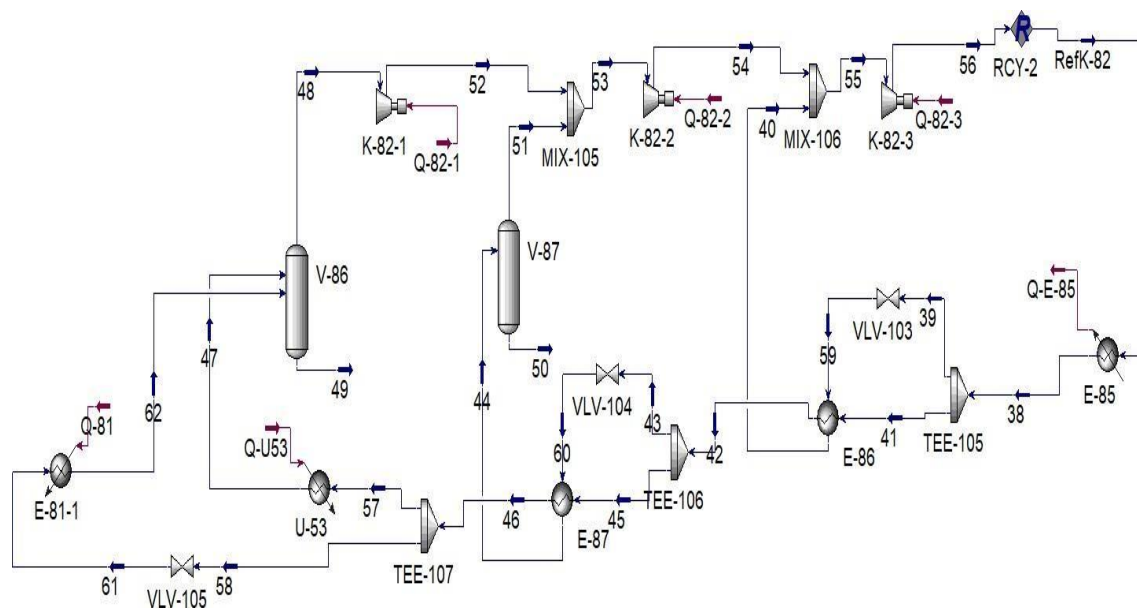


Figure 4 : Simulation HYSYS circuit propane

## Annexe H : le planning recommandé d'échantillonnage pour l'Unité 400:

Tableau 5 :Planning recommandé d'échantillonnage

Echantillon	Point d'échantillonnage	Fréquence	Analyse effectuée	Gamme			Méthode d'essai
				Normale	Max	Min	
Effluents de cristalliseur à Deuxième étape Froide	Refoulement de 400-MP-55	Toutes les 4 heures	% de Solides	19	25	-	Note 1
Effluents de cristalliseur chaud	Refoulement de 400-MP-66	Toutes les 4 heures	% de Solides	45	50	-	Note 1
Effluents de tamisage	Refoulement de 400-MP-61	Toutes les 4 heures	% de Solides	37	-	45	Note 1
Deuxième filtrat	Refoulement de 400-MP-64	Occasionnellement	Composition (PX), pds%	88	-	-	UOP 744 ou ASTM D-2360 (ou D-3798)
Troisième filtrat	Refoulement de 400-MP-68	Occasionnellement	Composition (PX), pds%	63.7	-	-	UOP 744 ou ASTM D-2360 (ou D-3798)
		Quotidiennement	Coloration de lavage à l'acide	1	2	-	ASTM D-848
		Quotidiennement	Couleur, Pt-Co	1	20		ASTM D-1209 ou D-5386
		Quotidiennement	Apparence	C l'aire	Liquide claire sans brume		Visuel ou ASTM D-5471
		Quotidiennement	Essai au plombite		Doux		UOP 41
		Quotidiennement	Corrosion de cuivre	Passe	Passe		ASTM D-849

## Annexe

Fusion Intermédiaire	Refoulement de 400-MP-57	Occasionnellement	Composition (PX), pds%	88-90	-	88	UOP 744 ou ASTM D-2360 (ouD-3798)
Gâteau de la Centrifugeuse à 1 <sup>ère</sup> étape	Centrifugeuse à 1 <sup>ère</sup> étape	Occasionnellement	Composition (PX), pds%	88-90	-	88	UOP 744 ou ASTM D-2360 (ouD-3798)
Gâteau de la Centrifugeuse des produits	Centrifugeuse des produits	Occasionnellement	Composition (PX), pds%	99.8	-	99.7	UOP 744 ou ASTM D-2360 (ouD-3798)
Boues du tambour des boues	Refoulement de 400-MP-56	Toutes les 4 heures	% de Solides	45	50	-	Note 1
Gâteau de la Centrifugeuse de récupération	Centrifugeuse de récupération	Occasionnellement	Composition (PX), pds%	8.2	-	97	UOP 744 ou ASTM D-2360 (ouD-3798)
Effluents de cristalliseur à première étape froide	Refoulement de 400-MP-53	Toutes les 4 heures	% de Solides	12	19		Note 1
Alimentation de cristallisation	En amont du refroidisseur d'alimentation / filtrat	Chaque quart	Composition (PX), pds%	22	-	20	UOP 744 ou ASTM D-2360
		Occasionnellement	Eau, w ppm	Néant	20		ASTM D-6304 (ou D-1364) ou UOP 481
Produits PX	Refoulement de 400-MP-62 et Réservoir journalier du Paraxylène	Chaque quart	Composition (PX), pds%	99.8	-	99.7	UOP744 ou ASTM D-2360 (ouD-3798)
		Quotidiennement	Composition (PX), pds%	99.8	-	99.7	UOP 720
		Quotidiennement	Poids spécifique à 15.56 C	0.8655	0.866	0.864	ASTM D-4052 ouD-3505
		Quotidiennement	IBP- DP, C	0.3	0.3	2 incl.1 383	ASTM D-850
		Quotidiennement	point de solidification, C	13.26	-	12.86	ASTM D-1493

### Annexe I : Information sur toxicité

Les informations sur la toxicité et le traitement de sécurité concernant la plupart des matériaux utilisés dans l'unité peuvent être trouvées dans les références suivantes:

- 1.) Hand book of Industrial Toxicology, par C.R. Plankett, 1976
- 2.) Fundamentals of Industrial Toxicology, par K.E. Anderson, 19813.
- 3) Toxicology, by Patty, 1981, Interscience
- 4.) ASTM D-4057 & D-477, "Standard Method for Manual and Automatic Sampling of Petroleum and Petroleum Products"
- 5.) Benzene Toxicity: A Critical Evaluation, S. Laskin, B.D. Goldstein, et al, Institute of Environmental Medicare, NYU Medical Center.

En général, le personnel d'opération et de laboratoire concerné par l'obtention d'échantillons doit porter des lunettes ou écran de sécurité de type chimique, des gants

résistants à solvant, et des équipements de protection respiratoire approuvés dans des lieux où la concentration ambiante dépasse des limites admissibles. Ces équipements de protection ne sont cependant pas un remplaçant pour les conditions de travail en sécurité, de ventilation appropriée, de bonnes pratiques personnelles et de maintenance correcte des équipements d'opération et de sécurité. Dans tous les cas, le contact avec la peau (surtout les yeux) et l'inhalation doivent être minimisés.

En plus du matériel qui précède, il est entendu que d'un point de vue médicale, la procédure suivante est considérée adéquate pour la maintenance de bonne santé du personnel travaillant dans les environnements, qui peuvent éventuellement être contaminés par des aromatiques.

Tous les employés nouvellement désignés à travailler pour le traitement des aromatiques au sein d'usine ou de laboratoire doivent être examinés minutieusement et complètement, y compris des antécédents médicaux, une examination physique complète, et en particulier, une examination complète du sang en se composant de numération des hématies, de numération des leucocytes, de détermination d'hémoglobine, de numération différentielle obtenue d'un frottis et de détermination précise d'une plaquette. Cette examination complète du sang doit être reprise périodiquement au moins tous les trente jours, et si les employés montrent un changement dans l'un de ces éléments, il/elle doit être redésigné(e) à d'autres types de travail où il n'y a aucune exposition aux aromatiques. Si un(une) employé(e) travaille dans cet environnement plus d'un an sans aucun changement des éléments sanguins, alors l'examination peut être effectuée tous les quatre-vingt-dix jours.

Tous les employés, nouveaux et anciens, doivent être alertés sur les signes précoces et les symptômes d'adsorption excessive des aromatiques, et tous les travailleurs devraient signaler de tels symptômes au Département Médical.

En plus de ce qui précède, tous les employés devraient, évidemment, être informés des dangers concernés et des précautions à prendre lors de travail avec des aromatiques.