



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la  
Recherche Scientifique

Centre Universitaire El-wancharissi de Tissemsilt



Institut de Sciences et de la Technologie

Département de Sciences et de la Technologie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme

De Master académique en

Filière : **Industries pétrochimiques**

Spécialité : **Génie de Raffinage**

Présentée par : LOUIZ Ilyes Aymen Abdelkader et BAHMED Bouchra Nour Elhouda

*Thème*

---

**Etude de Performance de l'Unité de la Production d'Urée  
(Société SORFERT)**

---

Soutenu le, 09/11/2020

**Devant le Jury :**

M. BOUCHETA Abbas	Président	M.C.B.	CU-Tissemsilt
Mme. MOKHTAR Djamila	Examinatrice	M.A.A.	CU-Tissemsilt
M. LOUCIF Mohamed	Examineur	M.A.A.	CU-Tissemsilt
M. CHEMRAK Mohammed Amin	Encadreur	M.C.B.	CU-Tissemsilt

**Année universitaire : 2019-2020**

## الملخص

أجريت هذه الدراسة على مستوى مجمع سورفرت. هدفنا هو إجراء دراسة تقنية لتحسين والتحقق من أداء الوحدة الإنتاجية لنوع من السماد وهو اليوريا. سمحت لنا هذه الدراسة من فهم مبدأ التشغيل لبعض المعدات والمؤشرات التي تتحكم في هذه الظاهرة. بعد ذلك قمنا بتغيير بعض المؤشرات باستخدام برنامج المحاكات هايسيس مثل درجة الحرارة والضغط للحصول على تحويل أفضل وأكثر كفاءة ومن ثم حل بعض المشكلات التي نواجهها.

## الكلمات المفتاحية :

سورفرت، سماد، يوريا، تحويل، محاكي.

## Résumé

Cette étude a été effectuée au niveau du complexe de SORFERT. Notre objectif fait une étude technique pour amélioration et vérification des performances de l'unité de production d'un type de fertilisant, qui est l'urée. Cette étude nous a permis de bien comprendre le principe de fonctionnement de certains équipements et paramètres qui renforcent ce phénomène. Par la suite, nous avons changé certains paramètres à l'aide du simulateur HYSYS telle que la température et la pression pour obtenir une conversion meilleure et plus efficace puis résoudre certains problèmes auxquels nous sommes confrontés.

## Mots clés :

Sorfert, Fértial, urée, conversion, simulateur.

## Summary

This study was carried out at the level of the SORFERT complex. Our objective is a technical study for improvement and verification of the performance of the production unit of a type of fertilizer, which is urea. This study has enabled us to understand the operating principle of certain equipment and parameters that favor this phenomenon. Subsequently, we changed some parameters using HYSYS simulator such as the temperature and the pressure to get better and more efficient conversion and then solve some problems we are facing.

## Keywords:

Sorfert, Fértial, urea, conversion, simulator.

# Remerciements

*Ce projet n'aurait pas abouti sans la bénédiction d'ALLAH, qui nous a donné le courage et la volonté pour réaliser ce travail et qui a entendu nos prières.*

*Nous, LOUIZ Ilyes Aymen AbdElkader et BAHMED Bouchera Nour el houda, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué de manière directe ou indirecte à l'aboutissement de ce travail.*

*Nous remercions également et profondément notre encadreur Monsieur CHEMRAK Mohammed Amin qui n'a jamais cessé de nous conseiller, orienter et nous encourager.*

*Merci pour sa disponibilité et sa coopération remarquable.*

*Nous tenons à remercier le personnel du complexe SORFERT particulièrement M. Radjah Nourelddine, M. Rachid, M. Raouf, M. Hamza..., tant pour leurs encouragements que pour l'aide qu'ils nous ont apportée de leurs critiques et de leurs suggestions à propos de notre travail.*

*Nous adressons nos remerciements à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce travail.*

*Nos vifs remerciements au membre de jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail.*

*Ainsi à tous les enseignants pour leurs efforts tout au long de nos années d'études.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail tout d'abord, à mes très chers parents qui m'ont soutenu, encouragé, et poussé pour donner le meilleur de moi-même et que ALLAH leur apporte tout ce qu'ils souhaitent.*

*A mes frères (Mohamed, Salah, Nourelislam) et ma sœur Ikhlas.*

*A tous mes proches (Rabeh, Ihab, Abdeljalil, Chaima BKR, Islam, Sofien).*

*A tous mes enseignants tout au long des cycles de mes études.*

*A tous mes amis (Abdelghani, Said, Yacine, Zoubir, Mohamed) qui m'ont toujours soutenu, et tous mes amis de la Promotion 2020 de génie Raffinage.*

*Sans omettre mon binôme Bouchera avec qui j'ai élaboré mon projet de fin d'étude. En fin à tous ceux qui m'apprécient à ma juste valeur.*



*Ilyes*

# Dédicace

*Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence .je dédie ce travail à :*

- ✓ *Mes chers parents, les mots ne sauraient exprimer l'immense profonde gratitude que je leur témoigne ici pour leur précieux soutien, pour leur patience, pour avoir cru en moi, pour leurs sourires réconfortants et pour leurs sacrifices qui m'ont permis d'atteindre cette étape dans ma vie et qu'ils m'ont jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être que ALLAH me les gardes et les protèges.*
- ✓ *Mes Frères Abd el Illeh et Younes.*
- ✓ *A toute la famille BAHMED sans exception.*
- ✓ *Mon binôme LOUIZ Ilyes qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.*
- ✓ *Tous mes amis de la promotion de génie raffinage.*
- ✓ *Tous mes enseignants tout au long des cycles de mes études.*

*Et en dernier, un grand merci à toutes celles et tous ceux qui d'une manière ou d'une autre m'a aidé et soutenu.*



*Bouchera*

# SOMMAIRE

Résumé .....	I
Remerciements.....	II
<i>Dédicace</i> .....	III
<i>Dédicace</i> .....	IV
SOMMAIRE.....	V
Liste des figures.....	VIII
Liste des Tableaux.....	IX
Liste des abréviations.....	X
Introduction générale.....	1
CHAPITRE I : Présentation Du Complexe SORFERT	
I. Introduction.....	4
I.1 Présentation du complexe et situation géométrique.....	4
I.2 Situation géographique du complexe.....	5
I.3 Localisation des unités sur site .....	5
I.4 L'organisme.....	7
I.5 Matières premières et produits finis.....	9
I.6 Implantation [3] .....	9
I.7 Les principales zones du complexe [2].....	10
I.7.1 Zone utilités.....	10
I.7.2 Zone procès .....	10
I.7.3 Zone de stockage [2] .....	12
I.8 Laboratoire.....	13
CHAPITRE II : Généralités sur la production D'urée	
II.1 Introduction.....	15
II.3 Propriété physico-chimique d'urée [8] .....	16
II.4 Mécanisme réactionnelle de production d'Urée .....	16
II.5 Description des processus de production d'urée.....	19
II.5.1 Processus unique (once-through) .....	19
II.5.2 Procédé partiellement recyclable.....	19
II.5.3 Processus de recyclage total .....	20

II.6	Domaines d'application d'urée [8], [14], [15], [16], [17], [18],[19].....	25
II.6.1	Utilisation agricole (y compris l'élevage et l'élevage d'animaux et la culture de cultures) ...	25
II.6.2	Usage industrielle .....	25
II.6.3	Usage médical .....	26
II.6.4	Utilisation en laboratoire .....	26
II.7	Les avantages et les inconvénients de l'urée .....	26

### CHAPITRE III : Simulation Par HYSYS

I.	Introduction.....	28
III.1	La simulation .....	28
III.1.1	Définition .....	28
III.1.2	Simulateurs.....	29
III.2	Utilisation de la simulation .....	30
III.3	Description du logiciel HYSYS.....	30
III.3.1	Choix du modèle thermodynamique .....	31
III.3.2	Etablissement du schéma du procédé (PFD).....	33
III.3.3	Choix des composés (Components) .....	34
III.3.4	Fonctionnement de HYSYS .....	35
III.4	Les équipements de base.....	36
III.4.1	Pompe.....	36
III.4.2	Compresseur.....	36
III.4.3	Échangeur de chaleur .....	37
III.4.4	Séparateur.....	38
III.4.5	Tour d'absorption avec rebouiller .....	38
III.5	Les réactions .....	39
III.5.1	Composants Rxn.....	39
III.5.2	Réactions .....	39
III.5.3	Réactions Sets.....	39
III.6	Différents types de réactions.....	40
III.7	Différents types de réacteurs.....	41
III.8	Méthode suivie.....	42
III.9	Domaine d'applications [26] .....	43
III.10	Les Avantages de HYSYS .....	43
III.11	Economie .....	44

III.	Conclusion .....	44
	Chapitre IV : Description du procédé de l'unité d'urée au niveau du SORFERT	
IV.	Introduction .....	46
IV.1	Description du procédé .....	46
IV.1.1	Compression du CO <sub>2</sub> Système 020.....	46
IV.1.2	Pompage de l'ammoniac Système 021 .....	48
IV.1.3	Synthèse de l'urée système 022.....	51
IV.1.4	Recirculation système 023.....	55
IV.1.5	Pré-évaporation et évaporation système 024.....	56
IV.1.6	Désorption et hydrolyse (traitement des condensats) système 028 .....	58
IV.1.7	Système de vapeur, de condensats et d'eau de refroidissement Système029 .....	61
IV.	Granulation d'urée système 027 .....	65
	Chapitre V : Simulation et calcul	
V.	Introduction.....	68
V.1	La simulation de la synthèse d'urée.....	68
V.2	Les étapes de la simulation .....	68
V.4	La simulation .....	69
V.5	Résultat .....	74
V.6	Interprétation.....	74
	Conclusion générale .....	77
	Référence bibliographique.....	78
	ANNEXE.....	83

## Liste des figures

Figure I-1. Situation géographique du complexe.....	5
Figure I-2. Vue d'ensemble du complexe des fertilisants de SORFERT.....	5
Figure I-3. Vue Sud/Nord des systèmes de l'unité d'urée.....	6
Figure I-4. Vue ouest des systèmes de l'unité d'urée.....	6
Figure I-5. Diagramme d'urée.....	7
Figure I-6 Organigramme de l'usine.....	8
Figure I-7. Stockage d'urée en vrac.....	13
Figure II-1. Structures chimiques des molécules d'urée.....	16
Figure II-2. Processus de fabrication de l'urée.....	18
Figure II-3. schéma fonctionnelle de a synthèse d'urée.....	18
Figure II-4. processus unique d'urée.....	19
Figure II-5. processus typique de recyclage partiel.....	20
Figure II-6. processus de décapage au CO <sub>2</sub> .....	21
Figure II-7. Processus de snamprogetti.....	23
Figure II-8. Processus de Mitsui Toatsu or Toyo Koatsu.....	24
Figure II-9. Urée Granulé Engrais Minéraux.....	25
Figure III-1. Les modèles de la simulation.....	29
Figure III-2. Modèle thermodynamique choisi (SRK).....	34
Figure III-3. Choix des composés.....	35
Figure III-4. Contact de la pompe avec les flux.....	37
Figure III-5. contacte de compresseur avec les flux.....	37
Figure III-6. Contacte Échangeur de chaleur avec les tubes.....	38
Figure III-7. Ecran séparateur triphasé.....	38
Figure III-8. Tour d'absorption avec rebouiller.....	40
Figure III-9. Détails des réactions de conversion.....	41
Figure IV-1. Réacteur 020R001.....	47
Figure IV-2. Compresseur de CO <sub>2</sub> dans la salle des machines situées dans l'ammoniac 01... 48	48
Figure IV-3. Pompage d'ammoniac dans l'urée.....	49
Figure IV-4. Les filtres d'ammoniac 021F005A/B.....	50
Figure IV-5. Enlèvement de l'ammoniaque inerte.....	50
Figure IV-6. Pool condenser 022E005.....	51
Figure IV-7. Stripper 022E001.....	52
Figure IV-8. Réacteur 022R001.....	53
Figure IV-9. Scrubber HP 022E003.....	54
Figure IV-10. Evaporator 024E001.....	57
Figure IV-11. Separator Evaporator 024F001.....	57
Figure IV-12. Condensé et hydrolizer.....	60
Figure IV-13. Hydrolizer (028C003).....	60
Figure IV-14. Vent Stack (028V001).....	61
Figure IV-15. Steam Condensate Tank (029T001).....	63
Figure IV-16. HP Steam Saturator (029D005).....	64
Figure IV-17. MP Steam Drum (029D009).....	63
Figure IV-18. MP Steam Drum (029D009).....	63
Figure V-1. La simulation de la synthèse d'urée.....	70

## Liste des Tableaux

Tableau I-1 : Fiche technique du complexe SORFERT. ....	4
Tableau I-2 : Tableau représente les matières premières et produits finis. ....	9
Tableau II-1 : Propriété physico-chimique d'urée. ....	16
Tableau II-2 : Les conditions de production d'urée les plus typiques. ....	17
Tableau II-3: Les avantages et les inconvénients de l'urée.....	26
Tableau III-1 : Les Températures et Pressions pour les Modèles PR PRSV SRK.....	33
Tableau IV-1 : Catalyseur d'extraction du H <sub>2</sub> dans la compression du CO <sub>2</sub> .....	47
Tableau V-1 : Donnée d'entrée et de sortie d'éjecteur 022F001. ....	69
Tableau V-2 : Donnée d'entrée et de sortie du pool condenseur 022E005.....	70
Tableau V-3 : Donnée d'entrée et du Réacteur 022R001 .....	70
Tableau V-4 : Donnée d'entrée et de sortie de Décomposeur 020E001. ....	71
Tableau V-5 : Donnée d'entrée et du Laveur HP 022E003. ....	71
Tableau V-6 : Représente le dioxyde de carbone avant et après le décomposeur.....	72
Tableau V-7 : Représente carbamate solution avant et après le pool condenseur .....	72
Tableau V-8 : Représente le carbamate gaz et la solution-d'urée avant et après le Réacteur 022R001. ....	73
Tableau V-9 : Représente le carbamate gaz et le carbamate solution avant et après Laveur HP 022E003. ....	74

## Liste des abréviations

---

<b>HP</b>	Haute Pression
<b>MP</b>	Moyenne Pression
<b>BP</b>	Basse Pression
<b>PPB</b>	Panneaux de Particules Bruts
<b>PPM</b>	Panneaux de Particules Minces
<b>MDF</b>	Medium Densité Fibre
<b>PFD</b>	Process Flow Diagram
<b>PR</b>	Peng-Robinson
<b>SRK</b>	Soave-Redlich-Kwong
<b>BWRS</b>	Benedict-Webb-Ruben-Starling
<b>TBP</b>	True Bbolling Point
<b>DEA</b>	Net Position Section Head
<b>NPSH</b>	Net Position Section Head
<b>PDG</b>	Président-Directeur Général
<b>DGA</b>	Directeur Général Adjoint
<b>DRH</b>	Direction des Ressources Humaines

---

# Introduction générale



## Introduction générale

L'Algérie cherche une stratégie depuis les années 1960 plus économique qui basée sur le développement des industries pétrochimiques.

L'Algérie est un vaste pays, en utilisant sa richesse en agriculture, a choisi une stratégie de développement de complémentarité entre l'industrie et l'agriculture par la création d'usines de production de fertilisants par des procédés à base d'ammoniac [1].

SORFERT, complexe de production de fertilisants, est l'une des grandes usines productrice et exportatrice de l'ammoniac et de l'urée dans le monde qui utilise le gaz naturel et l'air atmosphérique, comme matières premières, pour la production d'ammoniac en utilisant l'eau de mer pour produire de la vapeur d'eau et comme fluide frigorigène.

Au fil du temps, SONATRACH construit des unités de production d'ammoniac pour l'investissement par exemple le cas de l'unité Fertial (ex-Asmidal) construite à la fin des années 1960, avec une production de 1000 t/j, puis en 1980, une seconde unité de 1000 t/j, a été réalisée au sein du même complexe dans la zone industrielle d'Annaba, de plus on a deux nouveaux complexes qui ont été réalisés dans la plateforme pétrochimique d'Arzew pour la fabrication d'ammoniac et d'urée, l'entrée en production de toutes ces unités permettra à l'Algérie d'être le premier producteur d'ammoniac en Afrique.

Cette unité nécessite un suivi et un contrôle permanent pour assure un meilleur rendement et un long durée de vie.

### La problématique c'est :

- **Comment** mettre l'accent sur les relations qui gouvernent le fonctionnement des équipements et des systèmes réactionnels ?
- **Comment** assure une bonne conversion pour les deux réactifs  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  ?
- **Quelle est** la méthode la plus efficace pour minimiser le maximum d'erreur, et pour que le modèle thermodynamique puisse se rapproche du cas design ?
- **Quels sont** les problèmes qui influencer sur l'efficacité des équipements ?

Pour cela on s'intéresse à l'étude de performance de l'unité de production d'urée à l'aide du simulateur HYSYS, pour cherche des problèmes qui influencer sur l'efficacité des équipements et trouvé leurs solution.

Ce travail est divisé en deux parties, elles-mêmes divisées en plusieurs chapitres.

Dans le premier chapitre, nous décrivons un aperçu du complexe SORFERT.

Dans le second chapitre, nous présentons brièvement ensemble de définitions (l'urée, ammoniac, avantage et inconvénient... etc.).

Le troisième chapitre traite du logiciel HYSYS et des simulations.

Le quatrième chapitre décrit le procédé de l'unité d'urée au niveau du SORFERT

Le cinquième et dernier chapitre est consacré à simulation du procédé par HYSYS, et interprétation des différents résultats obtenus.

Enfin, le travail s'achèvera par une conclusion générale et des perspectives.

# CHAPITRE I : Présentation Du Complexe SORFERT



## I. Introduction

SORFERT est l'un des plus importants producteurs intégrés d'engrais azotés en Afrique du Nord, cette usine fait Partie d'un partenariat entre l'entreprise algérienne **Sonatrach** et l'entreprise égyptienne **OraScom** construction industries établie le **10 juin 2007**. Leur capacité de production de 1,26 millions de tonnes métriques de granules d'urée et 1,6 millions de tonnes métriques d'ammoniac anhydre par année.

### I.1 Présentation du complexe et situation géométrique

Le complexe **SORFERT** est un site industriel pétrochimique de production d'ammoniac et d'urée d'engrais est créé le 10 juin 2007, est implanté à la zone industrielle d'Arzew à l'Ouest de Bethioua, à 6 km de la ville d'Arzew, 40 km à l'Est d'Oran couvrant une superficie 37 hectares. Comporte plusieurs installations dont deux trains d'ammoniac d'une capacité de production unitaire de **2 200 tonnes** métriques par jour, soit **1,540** million de tonnes par an, un train d'urée en granulés d'une capacité de **3 450 tonnes** par jour, soit **1,27** million de tonnes par an. C'est le fruit du partenariat entre **Orascom Construction** et **Industries: 51% et SONATRACH : 49%**.

Pour rappel, la conception, le développement et la construction clés en main du complexe ont été confiés au groupe allemand UHDE qui a décroché le contrat de 120 milliards de dinars (environ 1,28 milliard d'euros). La compagnie allemande UHDE est leader dans son domaine en matière de technologie servant à la production de fertilisants [2].

L'usine est alimentée par **2 milliards** de mètres cubes/an de gaz nature leur objectif visé est de faire d'Arzew un pôle de production d'Ammoniac et d'Urée important et incontournable dans la région méditerranéenne.

**Tableau I-1 : Fiche technique du complexe SORFERT [2].**

Paramètre	Valeur
Localisation	<b>Zone industrielle d'Arzew</b>
Superficie	<b>37 hectares</b>
Partenaires	<b>Orascom 51%, Sonatrach49%</b>
Date de création	<b>10 JUIN 2007</b>
Date de démarrage	<b>Décembre 2011</b>
Procédé	<b>Thyssen Krupp UHDE</b>
Capacité de production	<b>Ammoniac 2200 t/j, Urée 3450 t/j</b>
Un hangar de stockage d'urée	<b>100000 tonnes</b>

## I.2 Situation géographique du complexe

Le site est localisé dans la zone industrielle d'Arzew située à proximité de la ville d'Arzew le long d'une baie méditerranéenne naturellement abritée facilitant les exportations de produits industriels. (Figure I-1)



Figure I-1 : Situation géographique du complexe.

## I.3 Localisation des unités sur site

### I.3.1 Vue d'ensemble du complexe des fertilisants de SORFERT



Figure I-2 : Vue d'ensemble du complexe des fertilisants de SORFERT.

I.3.2 Localisation des systèmes de l'unité d'urée (Vue Sud/Nord)



Figure I-3 : Vue Sud/Nord des systèmes de l'unité d'urée.

I.3.3 Localisation des systèmes de l'unité d'urée (vue ouest)



Figure I-4 : Vue ouest des systèmes de l'unité d'urée.

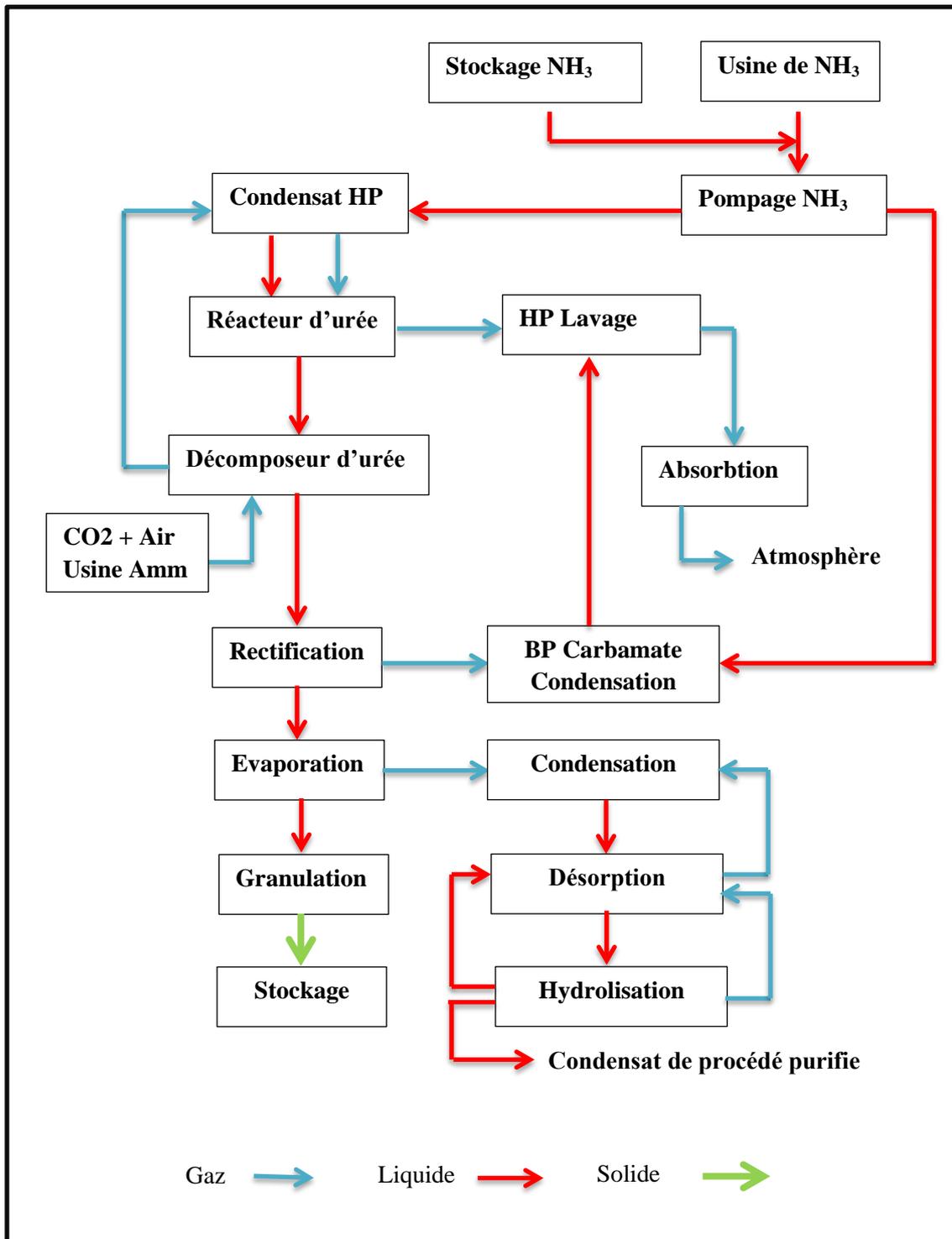


Figure I-5 : Diagramme d'urée.

#### I.4 L'organisme

Le complexe pétrochimique SORFERT est l'un des plus grand complexe dans le pays, il a une structure et une organisation du personnel, tel qu'il est montré dans le l'organigramme suivant (Figure I-6):

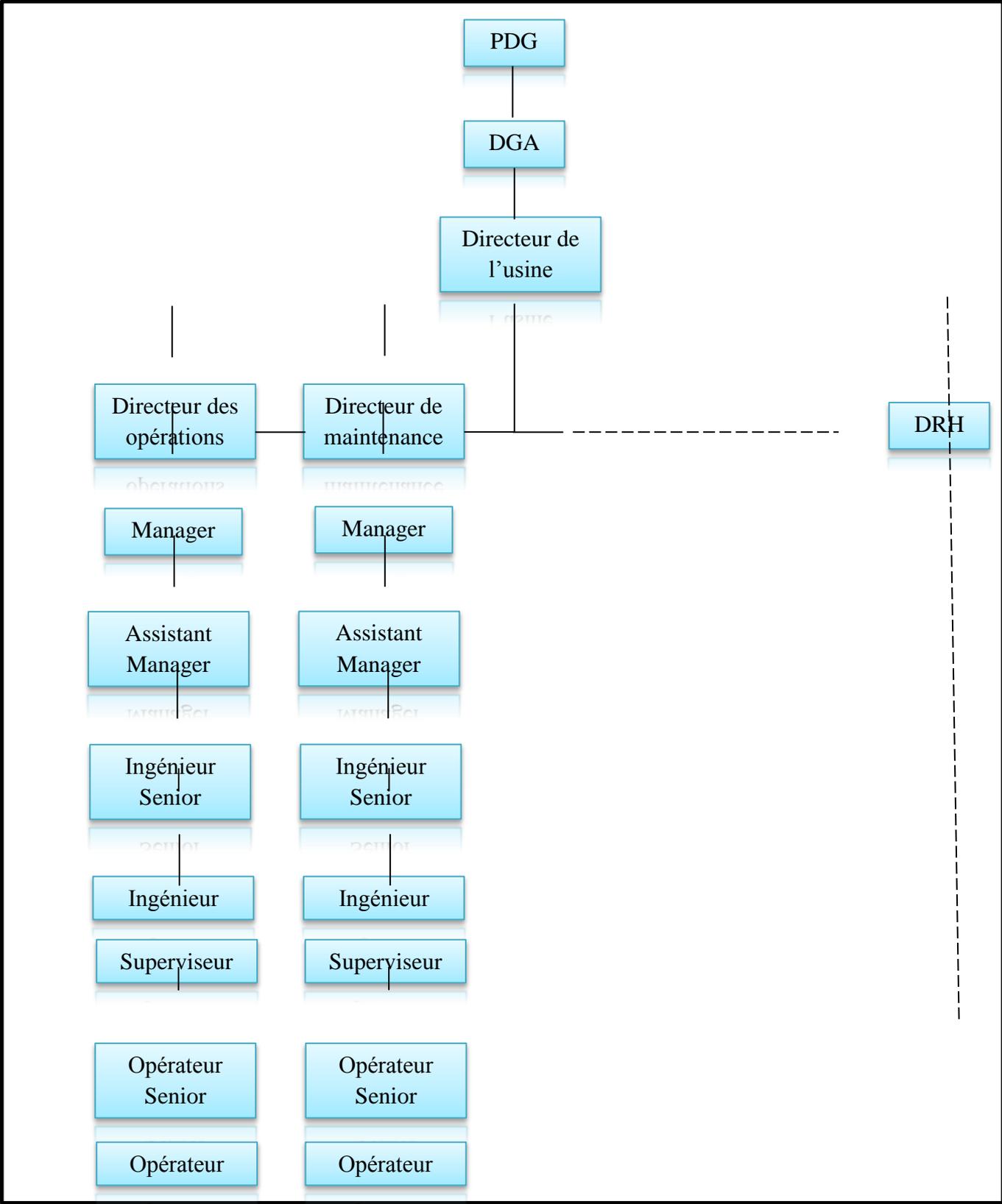
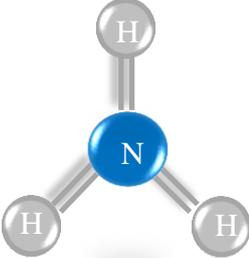
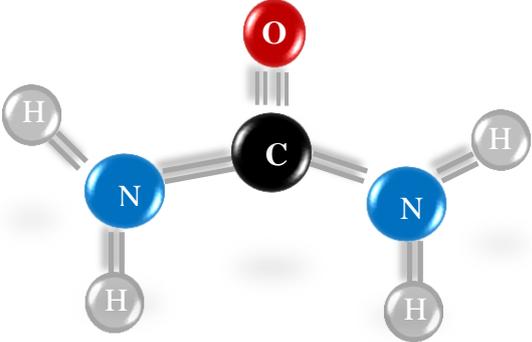


Figure I-6 : Organigramme de l'usine.

### I.5 Matières premières et produits finis

Les matières premières et produits finis nécessaires aux complexes des Fertilisants de SORFERT sont représenté dans le tableau suivant :

**Tableau I-2 :** Tableau représente les matières premières et produit finis.

Matières premières	produits finis
Le gaz naturel GN	➤ L'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) 
L'oxygène $\text{O}_2$	➤ L'urée ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) 
L'azote (nitrogène) $\text{N}_2$	
Le dioxyde de carbone $\text{CO}_2$	
La vapeur d'eau $\text{H}_2\text{O}$	

### I.6 Implantation [3]

- **Les installations suivantes se trouvent sur le site de l'unité :**
  - Unités ammoniac et urée.
  - Services nécessaires pour exploiter les procédés.
  - Stockage d'ammoniac.
  - Stockage d'urée et chargement de l'urée sur les camions.
- **Les installations suivantes se trouvent au site portuaire : [4]**
  - Stockage d'ammoniac (site portuaire).

- Chargement de l'ammoniac sur les navires (sur une jetée).

### **I.7 Les principales zones du complexe [2]**

Le complexe SORFERT est composée de trois (03) zones :

#### **I.7.1 Zone utilités**

Les utilités sont des services de support au procédé. Elles sont créées pour produire et manipuler les produits finis du complexe, comme elles sont nécessaires pour supporter l'outil de production.

Les utilités se composent des sections suivantes :

- Section de production de vapeur (083)
- Section de production d'air service et d'instrumentation (084)
- Section de production d'électricité (085)
- Section de production et stockage d'azote (086)
- Section de refroidissement à l'eau de mer (087)
- Section de refroidissement en boucle fermée (088)
- Section de production d'eaux dessalées (089)
- Section de production d'eaux déminées (090)
- Réseau d'eau anti-incendie (091)
- Section de prise d'eau de mer (097)
- Réseaux des douches de sécurité (056)

#### **I.7.2 Zone procès**

La zone de production se compose en deux unités :

- **Deux unités de production d'ammoniac de capacité de 2200 Tonnes/jour chacune.**

L'Ammoniac est un gaz incolore, toxique et inflammable à haute température (580°C), caractérisé par une forte odeur. Le gaz est en grande quantité soluble en eau jusqu'à 33% en masse. C'est également un important produit de base utilisé comme matière première pour l'industrie chimique [5].

- **Une unité de production de 3450 Tonnes/jour d'urée en granulés.**

L'urée est un composé organique de Carbone, Oxygène, Azote et Hydrogène sa formule chimique peut être écrite comme  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ,  $\text{CON}_2\text{H}_4$  et  $\text{CN}_2\text{H}_4\text{O}$ .

On peut la trouver à titre granulés, flacons, cristaux et solutions.

### I.7.2.1 Unité de production d'ammoniac

- Les étapes de production d'ammoniac

La production est basée sur le gaz naturel pour obtenir de l'hydrogène et de l'azote à partir de l'air, le gaz naturel algérien contient l'hélium et le mercure. Des unités additionnelles sont installées pour les extraire.

La réaction de synthèse de l'ammoniac a lieu à **200 bar** en présence de catalyseur à base de fer associé à de faibles quantités d'oxydes métalliques jouant le rôle de promoteurs [6].



Pour favoriser l'équilibre thermodynamique puisque la réaction est exothermique donc elle provoque la diminution du nombre de mole alors on va augmenter la pression et diminué la température.

Le procédé de fabrication d'ammoniac dans l'unité Ammoniac se divise en opérations suivant :

1. Extraction de l'Hélium et du Mercure du Gaz Naturel (Unité 000).
2. Désulfurisation/ Compression du Gaz Naturel (Unité 101).
3. Compression d'Air du Procédé (Unité 102).
4. Reformage à la vapeur et Craquage (Vapo-Reformage) (Unité 103).
5. Conversion du CO (Unité 104).
6. Extraction du CO<sub>2</sub> (Unité 105).
7. Méthanisation (Unité 106).
8. Compression du Gaz de Synthèse (Unité 107).
9. Synthèse de l'Ammoniac (NH<sub>3</sub>) (Unité 108).
10. Réfrigération de l'Ammoniac (Unité 109).
11. Récupération d'ammoniac (Unité 110).

12. Récupération du gaz de purge (Unité 111).

13. Décomposéur de condensat (Unité 180).

14. Désaérateur et pompes BFW (Unité 182).

#### I.7.2.2 Unité de production d'Urée

Les réactifs  $\text{NH}_3$  et  $\text{CO}_2$ , sont introduits dans le réacteur, la formation du carbamate y est très rapide, le réacteur fonctionne adiabatiquement et on doit exercer un contrôle sévère de la température à cause de la corrosion importante par les solutions de carbamate d'ammoniaque Au-dessus de  $200^\circ\text{C}$  [4]. L'effluent du réacteur consistant en urée, carbamate d'ammoniaque et des réactifs qui non convertis, est soumis par modification des conditions opératoires à une décomposition transforme une partie de carbamate d'ammoniaque en gaz carbonique et en ammoniaque. L'ensemble de cette opération est répété afin de décomposer la totalité de carbamate, on obtient alors une solution d'urée qui par un traitement de finition est amenée à la pureté finale que l'on désire.

L'urée ainsi obtenu est granulée au sein d'une section de granulation puis dirigée vers un hangar d'urée en vrac et il est transportée ensuite avec des camions vers le port d'Arzew.

- Les étapes de production d'urée
  1. Compression du  $\text{CO}_2$
  2. Pomperiez d'Ammoniac.
  3. Synthèse d'urée.
  4. Recirculation.
  5. Evaporation.
  6. Granulation.
  7. Section de traitement des condensats.

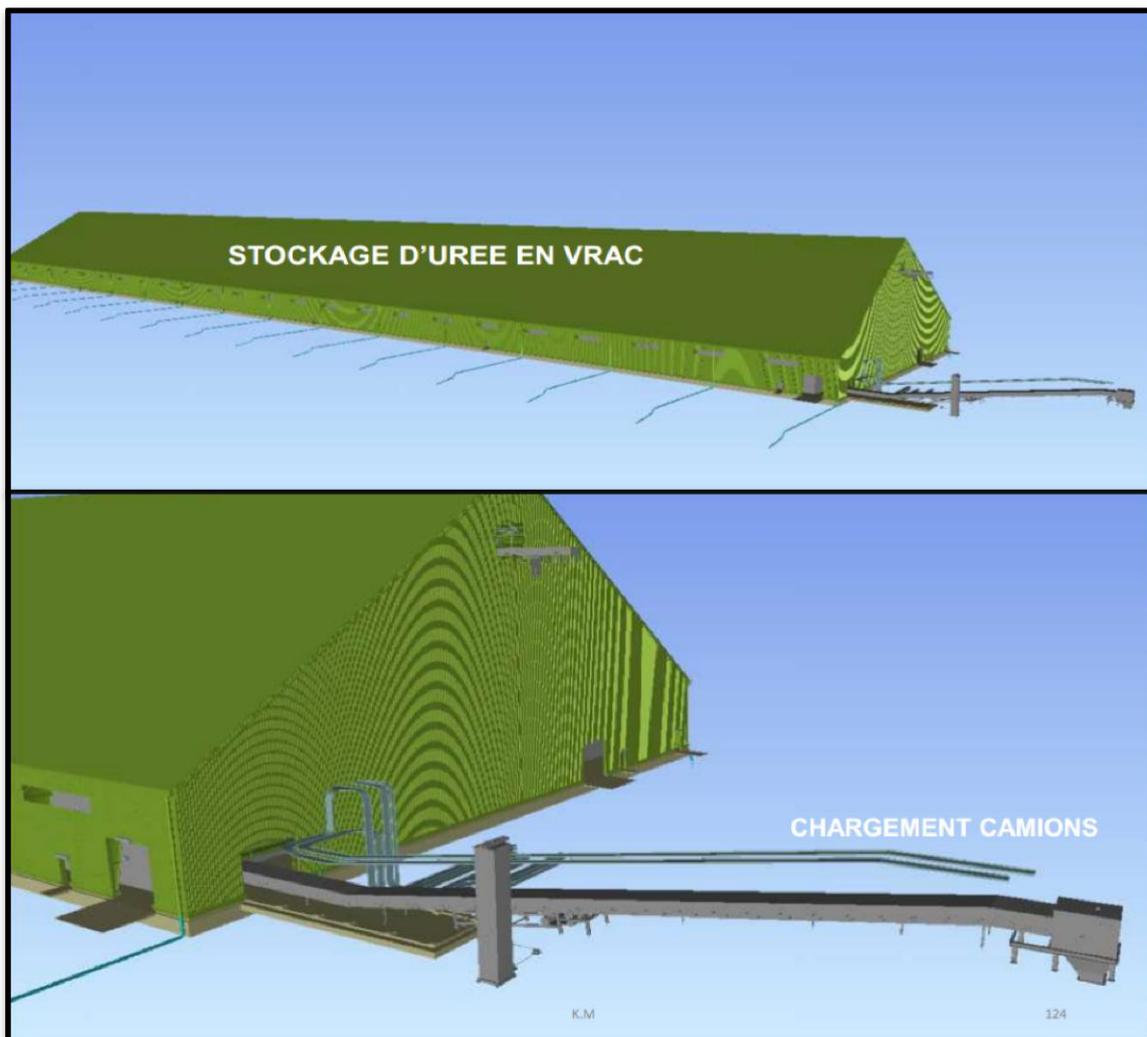
#### I.7.3 Zone de stockage [2]

- **Zone de stockage d'urée d'export et déchargement par camions unité 070-072 & 073**

L'Urée granulée produite dans l'Unité de granulation 027 est soit acheminée jusqu'à l'Unité de stockage en vrac 072, soit envoyée directement à l'Unité de chargement des

camions 073. En dehors de l'Unité de stockage en vrac 072, l'Urée est récupérée par un appareil de reprise à portique, puis envoyée à l'Unité de chargement de camions 073. Dans l'Unité de chargement des camions, l'Urée est envoyée dans deux trémies tampon. De là, le chargement peut se faire soit via les bascules de pesée par camions, soit directement à partir des trémies tampon, sans passer par les bascules de pesée par camions. Pour éviter l'intrusion de poussière dans l'Unité de chargement des camions, un système de dépoussiérage est prévu.

- Capacité de stockage : **100 000 t**
- Capacité de refoulement : **400,0 t/h**



**Figure I-7** : Stockage d'urée en vrac.

### I.8 Laboratoire

Le laboratoire joue un rôle important dans l'industrie chimique et pétrochimique. Il permet le suivi et le contrôle continu de la qualité des produits finis et intermédiaires.

## CHAPITRE II : Généralités sur la production D'urée



## II.1 Introduction

L'urée est une substance cristalline blanche qui ressemble à du sel de table ou à du sucre granulé. Il a été découvert en 1799 comme un composé présent dans l'urine des mammifères, en particulier dans celle des mangeurs de chair. Depuis lors, l'urée a été trouvée en très petites quantités dans le sang, les muscles, la salive et d'autres sécrétions animales, dans les feuilles d'épinards et de carottes et dans les semis de diverses plantes.

Il faut naturellement s'attendre à ce que le fumier de ferme frais contienne des proportions appréciables d'urée. La décomposition de ce composé est en grande partie, sinon entièrement, responsable de l'odeur d'ammoniac des tas de fumier. L'urée est classée chimiquement comme un composé organique et ne se trouve dans la nature que comme un produit des processus de la vie. L'énergie vitale était considérée comme nécessaire à la production de composés organiques [7].

## II.2 Généralité

- **Ammoniac** : L'ammoniac est un composé inorganique constitué de l'Azote et l'Hydrogène avec la formule moléculaire  $\text{NH}_3$ .



- **L'oxygène** : L'oxygène est un élément nécessaire dans l'usine, il provient de l'air atmosphérique.
- **L'azote (nitrogène)** : L'azote est un élément clé dans le procédé, et on l'obtient à partir de l'air atmosphérique.
- **Le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ )** : Le dioxyde de carbone, est à la fois un produit et aussi une matière première, on l'obtient du procédé d'ammoniac, et on l'utilise pour produire de l'urée.
- **La vapeur d'eau** : La vapeur d'eau est primordiale afin que le procédé se déroule, on l'utilise un peu partout dans le procédé et même dans les utilités, tel que la production d'électricité.
- **L'urée** : est un composé organique de Carbone, Oxygène, Azote chimique peut être écrite comme  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ,  $\text{CON}_2\text{H}_4$  et  $\text{CN}_2\text{H}_4\text{O}$ , Son effet dure plus longtemps.

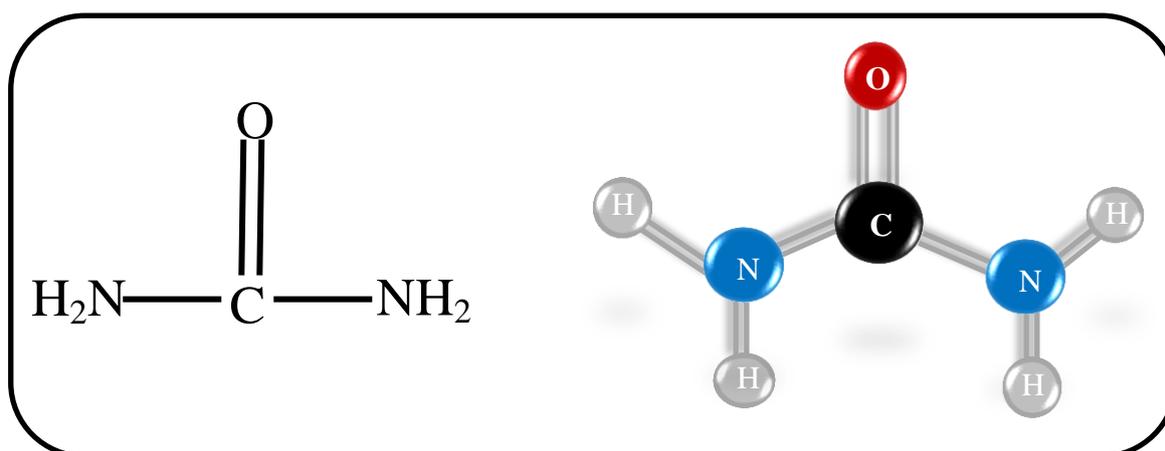
La plus importante utilisation actuelle se fait sous la forme d'engrais azotés. L'urée est hydrolysée en ammoniac et en dioxyde de carbone dans le sol. On peut la trouver à titre granulé, flacons, cristaux et solutions. (**Figure II-9**)

### II.3 Propriété physico-chimique d'urée [8]

L'urée est un solide hygroscopique blanc, inodore. Il est non corrosif.

**Tableau II-1** : propriété physico-chimique d'urée.

La masse moléculaire	60,06 g/mol
Humidité relative	60 %
Teneur maximale en azote	46,6 %
Point de fusion	132,7 °C
Masse volumique apparente (en vrac)	740 Kg/m <sup>3</sup>
Enthalpie de dissolution dans l'eau	243 J/g (réaction endothermique)
Chaleur de fusion	5,78 à 6 cal/gr



**Figure II-1** : Structure chimiques des molécules d'urée.

### II.4 Mécanisme réactionnelle de production d'Urée

Les matières premières des produits à base d'urée sont l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) et le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), qui sont les produits de l'usine d'ammoniac de l'unité d'élimination du  $\text{CO}_2$  de l'usine d'ammoniac. Voici une description du processus de réaction de la fabrication d'urée avec  $\text{NH}_3$  et matières premières  $\text{CO}_2$ . (**Figure II-2**) et la synthèse dans (**Figure II-3**).



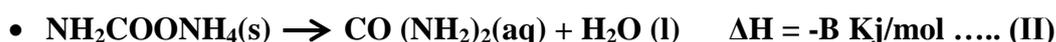
Dans la fabrication des produits à base d'urée, le processus de production est divisé en quatre unités: unité de synthèse, unité de recirculation, unité d'évaporation et de finition et unité de traitement des eaux usées [9].

➤ La production d'urée se déroule par deux principales réactions :

**A-** Il consiste à faire réagir le **dioxyde de carbone** et l'**ammoniac** ces réactifs sont purifiés pour éliminer l'oxyde de carbone et l'humidité, puis introduits dans le réacteur. Cette réaction est rapide et exothermique sous conditions utilisées industriellement la chaleur libérée est utilisée pour la déshydratation endothermique du carbamate d'ammonium. En résulte un produit sous forme **carbamate d'ammonium**.



**B-** La deuxième réaction d'équilibre est une réaction lente, ce qui signifie qu'elle nécessite une période relativement longue pour atteindre l'équilibre expliquant la cuve de réacteur de grande taille dans chaque processus d'urée. Cette seconde réaction de déshydratation endothermique nécessite un peu de chaleur. En raison de la position d'équilibre de la seconde réaction, dans chaque processus d'urée, des quantités importantes de carbamate d'ammonium non converti doivent être séparées de l'urée du produit final et de l'eau du sous-produit et sont recyclées vers la section de synthèse.



Les impuretés typiques de la production sont le biuret et l'acide isocyanique :



La teneur en biuret est très préoccupante car elle est souvent toxique pour les plantes même fertilisée. L'urée est classée en fonction de sa teneur en biuret [10].

La conversion (sur une base de  $\text{CO}_2$ ) est généralement de l'ordre de 50– 80 %. La conversion augmente avec l'augmentation de la température et du rapport  $\text{NH}_3/\text{CO}_2$  et diminue avec l'augmentation du rapport  $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2$ .

Les conditions de production les plus typiques sont résumées dans le Tableau suivant : [11]

**Tableau II-2** : les conditions de production d'urée les plus typiques.

Paramètre		Unité
<b>Pression</b>	140-250	<b>Bar</b>
<b>Température</b>	180-250	°C
<b>Rapport <math>\text{NH}_3/\text{CO}_2</math></b>	2.8 :1- 4 :1	<b>Rapport molaire</b>
<b>Durée de rétention</b>	20-30	<b>Minutes</b>

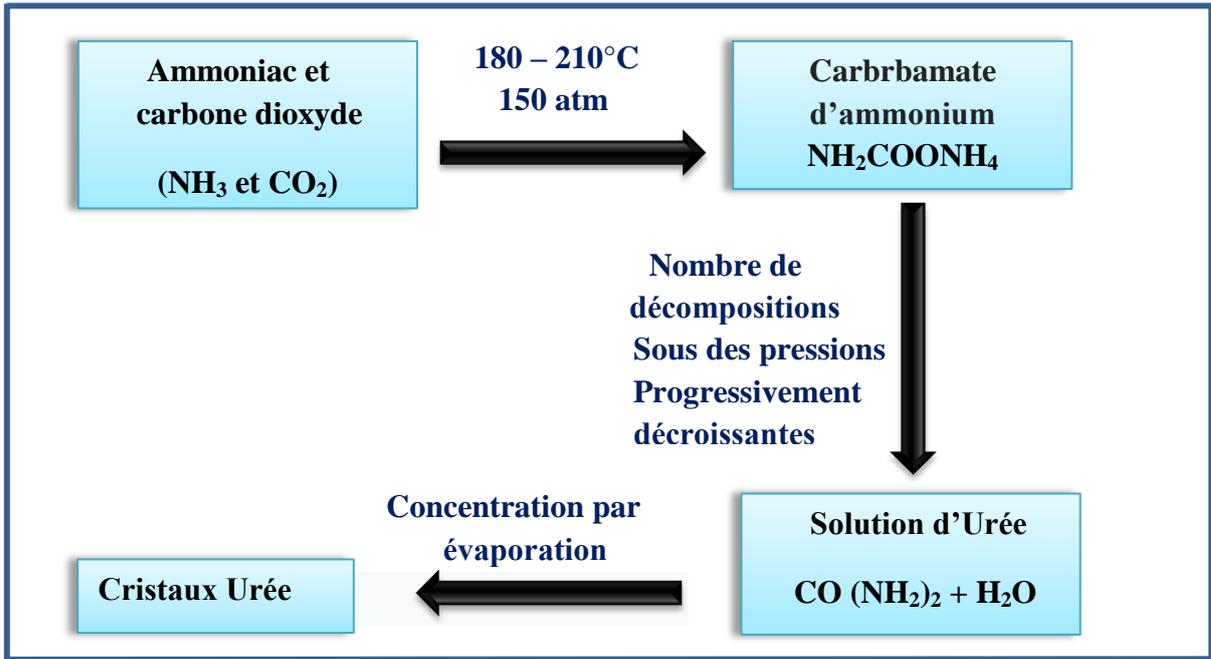


Figure II-2 : Processus de fabrication de l'urée [12].

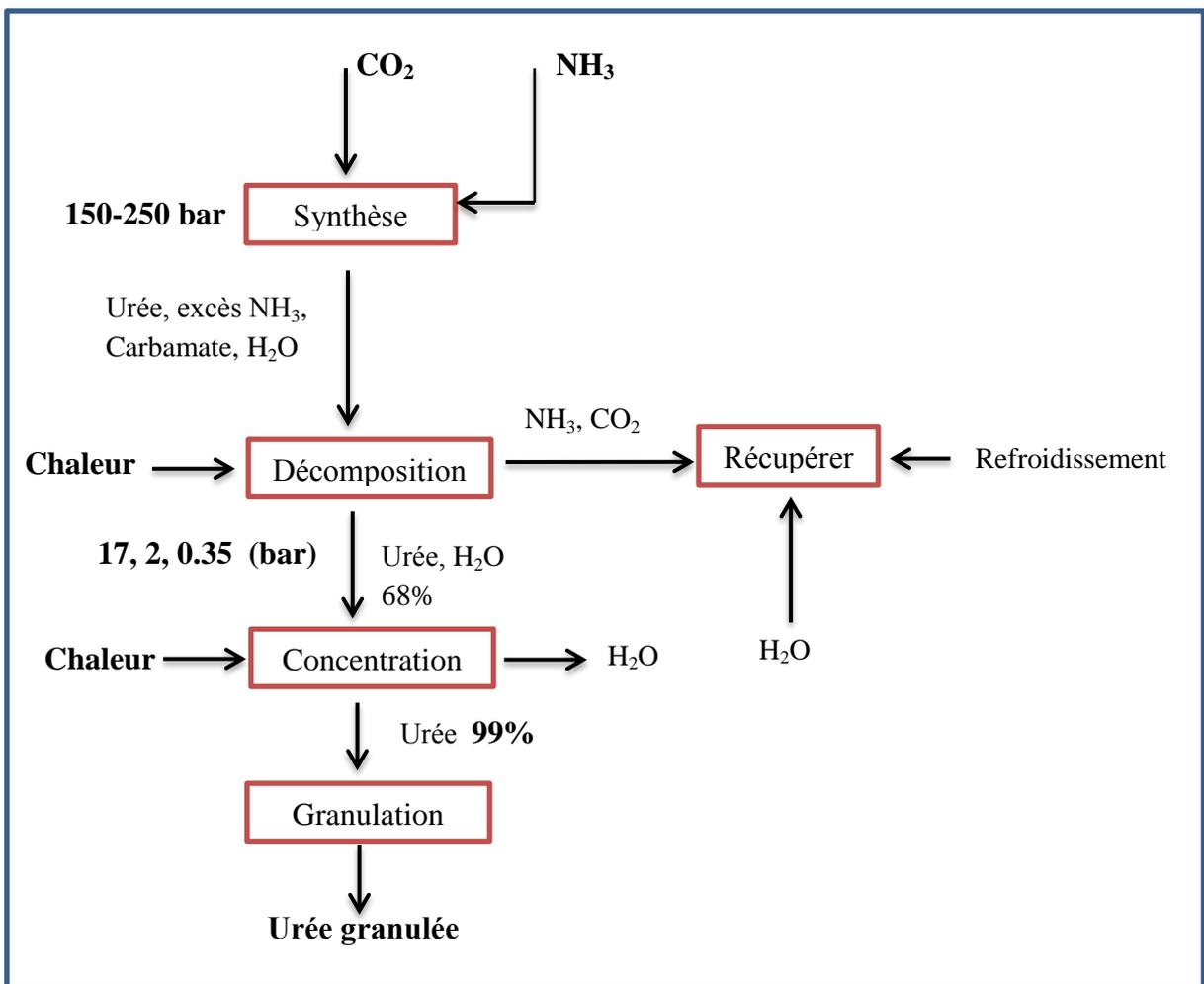


Figure II-3 : Schéma fonctionnelle de la synthèse d'urée [13].

## II.5 Description des processus de production d'urée

### II.5.1 Processus unique (once-through)

- processus simple.
- Moins flexible.
- Une grande quantité de sel d'ammoniac formé comme produit CO et de la quantité limitée de conversion de dioxyde de carbone globale peuvent être obtenue.

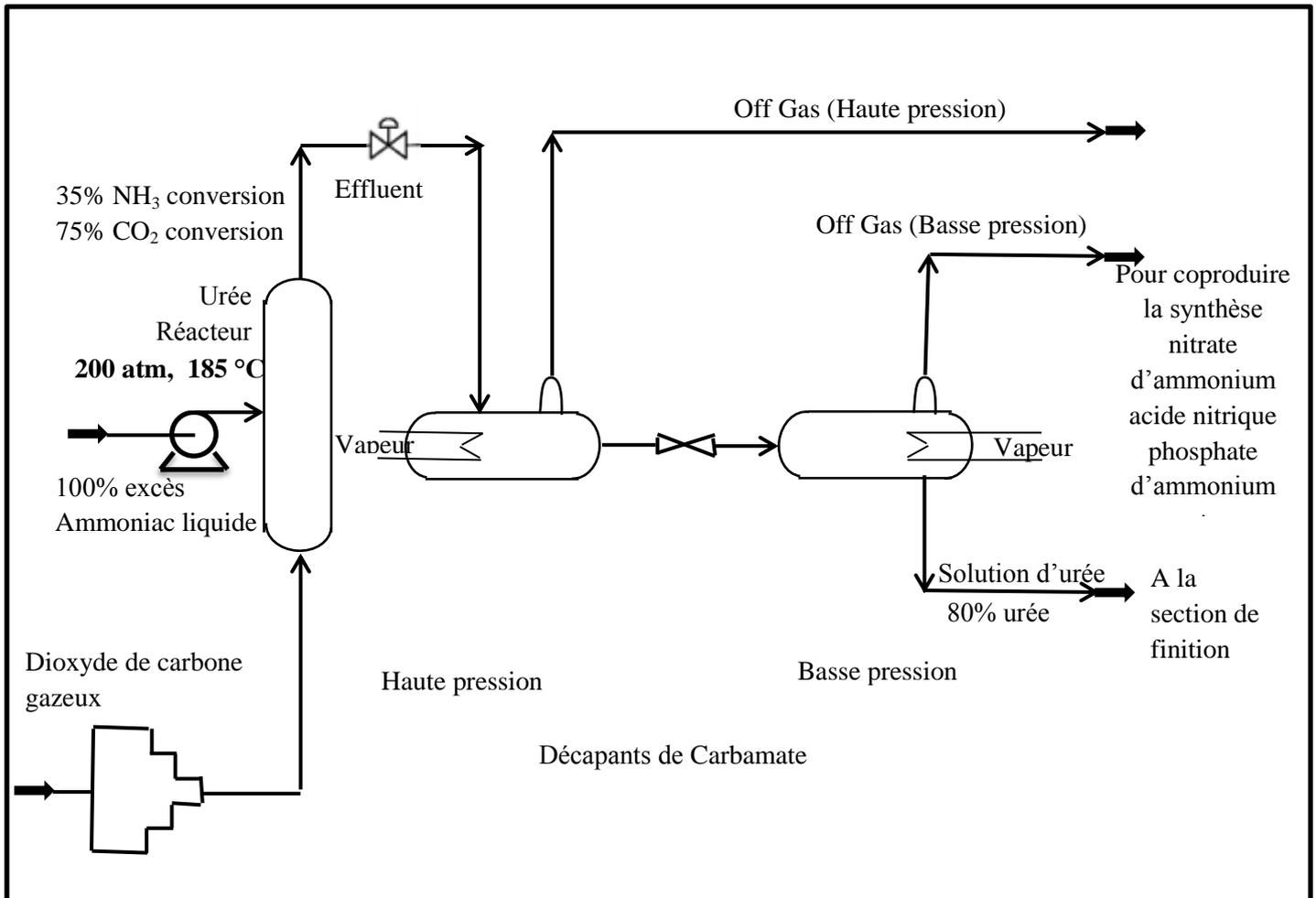


Figure II-4 : Processus unique de l'urée [13].

### II.5.2 Procédé partiellement recyclable

- Ici, une partie de hors-gaz été recyclés dans le réacteur.
- La quantité d'ammoniac réduite à 15% par rapport à **once-through** qui doit être utilisé dans autre processus.
- Conversion élevée de  $\text{CO}_2$
- Le coût d'investissement est quelque peu inférieur par rapport au procédé de recyclage total.

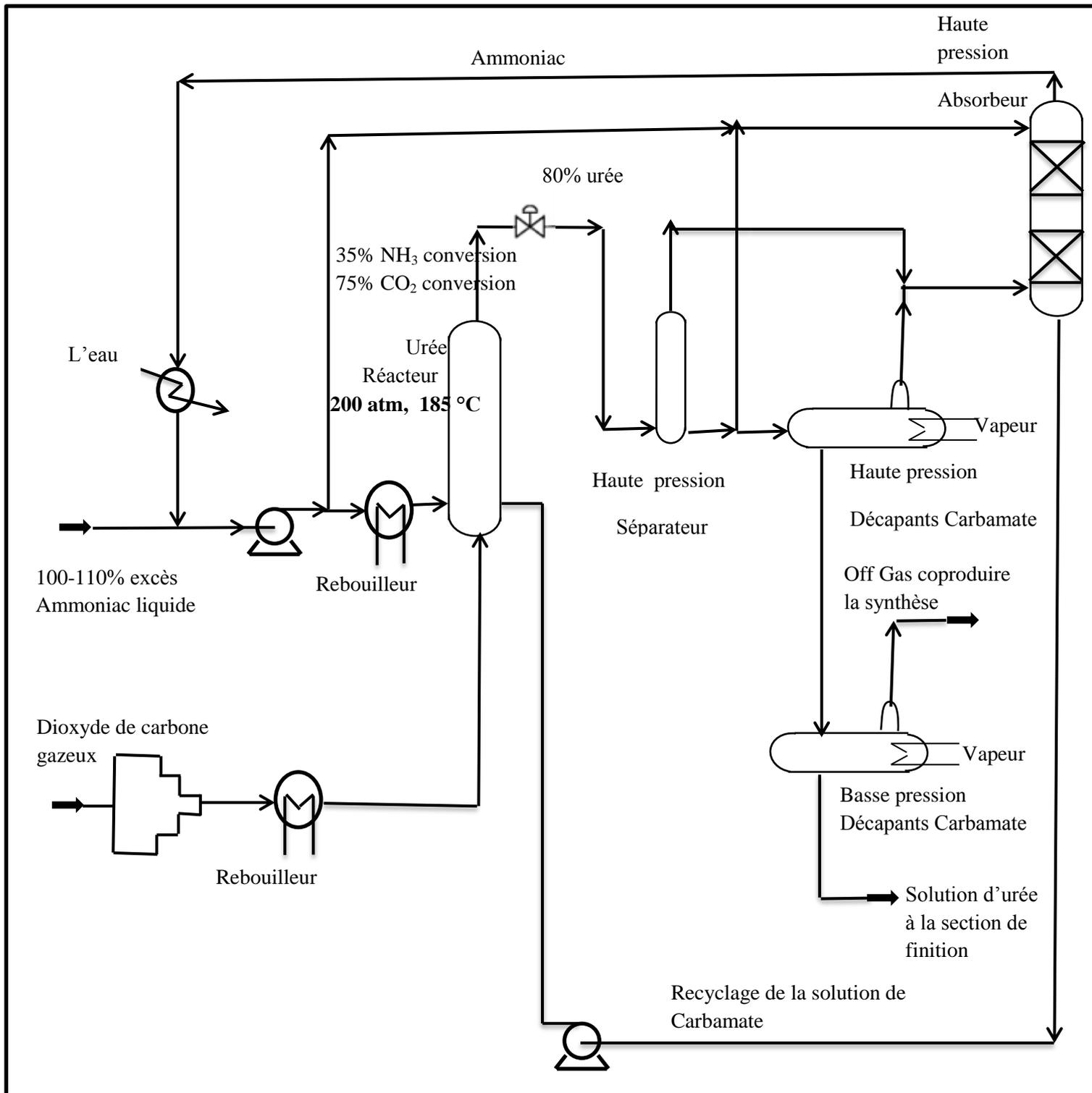


Figure II-5 : Processus typique de recyclage partiel [13].

### II.5.3 Processus de recyclage total

- Tout  $\text{NH}_3$  et  $\text{CO}_2$  non converti est recyclé vers le réacteur (conversion De 99 %).
- Aucun co-produit d'azote n'est nécessaire.
- Processus plus flexible.

Il y'a quatre procédés les plus utilisés dans le monde de fabrication d'urée qui utilisent généralement même principe de réaction, mai la différence c'est les conditions opératoire au niveau de la synthèse et de recyclage des réactifs. Les procédés sont :

- le procédé Stamicarbon (Pays -Bas).
- le procédé Snam Progetti (Italie).
- le procédé Mitsui-Toatsu-Toyo (Japon).
- le procédé Montedison/Technimont (Italie).

### II.5.3.1 Le procédé Stamicarbon

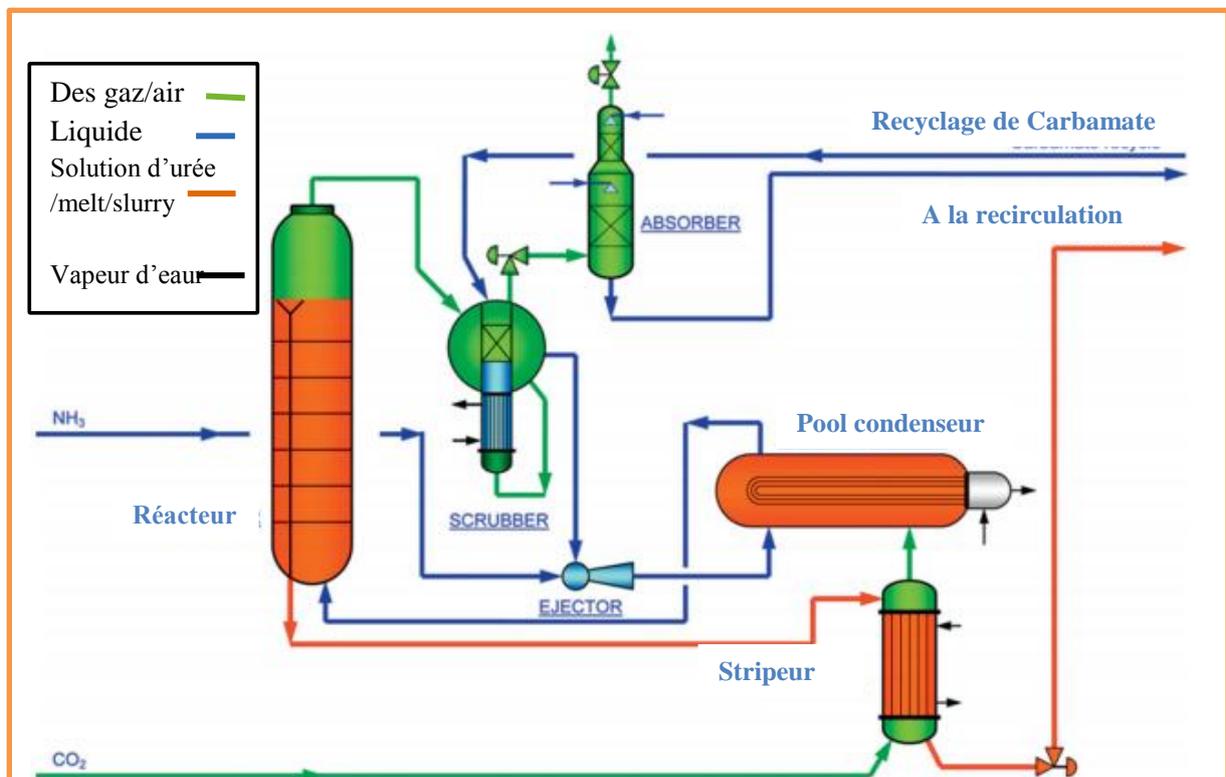


Figure II-6 : Processus de décapage au CO<sub>2</sub>.

La caractéristique de ces processus est que la majeure partie du recyclage du  $NH_3$  non converti et du  $CO_2$  non converti se fait via la phase gazeuse, le carbamate n'ayant pas réagi et l'excès d'ammoniac sont extraits de l'effluent du réacteur de synthèse d'urée au moyen de  $CO_2$  gazeux ou  $NH_3$  à la pression du réacteur, au lieu de laisser l'effluent de réacteur à une pression beaucoup plus basse. Le  $NH_3$  et le  $CO_2$  gazeux récupérés à la pression du réacteur sont condensés et renvoyés au réacteur par écoulement gravitaire pour récupération.

### II.5.3.2 Processus de snamprogetti

La production d'urée se déroule à travers les opérations principales suivantes:

- **Synthèse et récupération haute pression (HP) (160 bar)**
- **Purification et récupération moyenne pression (MP) (17 bar)**
- **Purification et récupération à basse pression (BP) (3,5 bar)**
- **Concentration sous vide (2 étapes: 0,3 et 0,03 bar abs)**
- **Traitement des condensats**
- **Finition: granulation et granulation**

Ce processus est basé sur le principe du recyclage interne des carbamates technique. Les versions ultérieures du processus ont abandonné l'idée utilise des décapages sans agent décapant supplémentaire côté tube. Cela signifie que des températures relativement élevées sont requis dans le décapant. Le décapage n'a été réalisé que par apport de chaleur (décapage «thermique» ou «autonome»). Par rapport au décapage au  $\text{CO}_2$ , le décapage thermique permet une meilleure efficacité du  $\text{CO}_2$  retrait de la solution de synthèse d'urée. (Figure II.7)

Le réacteur fonctionne à environ **130 atm** et **180 à 190 °C**. Le stripper fonctionne à environ **130 atm** et **190 °C**. Le gaz de dégazage est condensé dans un condenseur à tube vertical, fonctionnant à environ **130 atm** et **148-160 °C**.

### II.5.3.3 Processus de Mitsui Toatsu or Toyo Koatsu (Japan)

Le procédé comprend la réaction de l'ammoniac et du dioxyde de carbone dans un rapport molaire de **4,3** et à une température est égale à **195 °C** et à pression de **240 atm**. La majorité de carbamate d'ammonium converti en urée.

En soumettant le mélange réactionnel résultant à une étape de décapage utilisant du dioxyde de carbone gazeux à une pression sensiblement égale à la pression de synthèse de l'urée et à une température de **195-210 °C** pour éliminer l'ammoniac n'ayant pas réagi et le dioxyde de carbone n'ayant pas réagi contenus dans le mélange réactionnel de sorte que la teneur en ammoniac n'ayant pas réagi est abaissée. (Figure II-7)

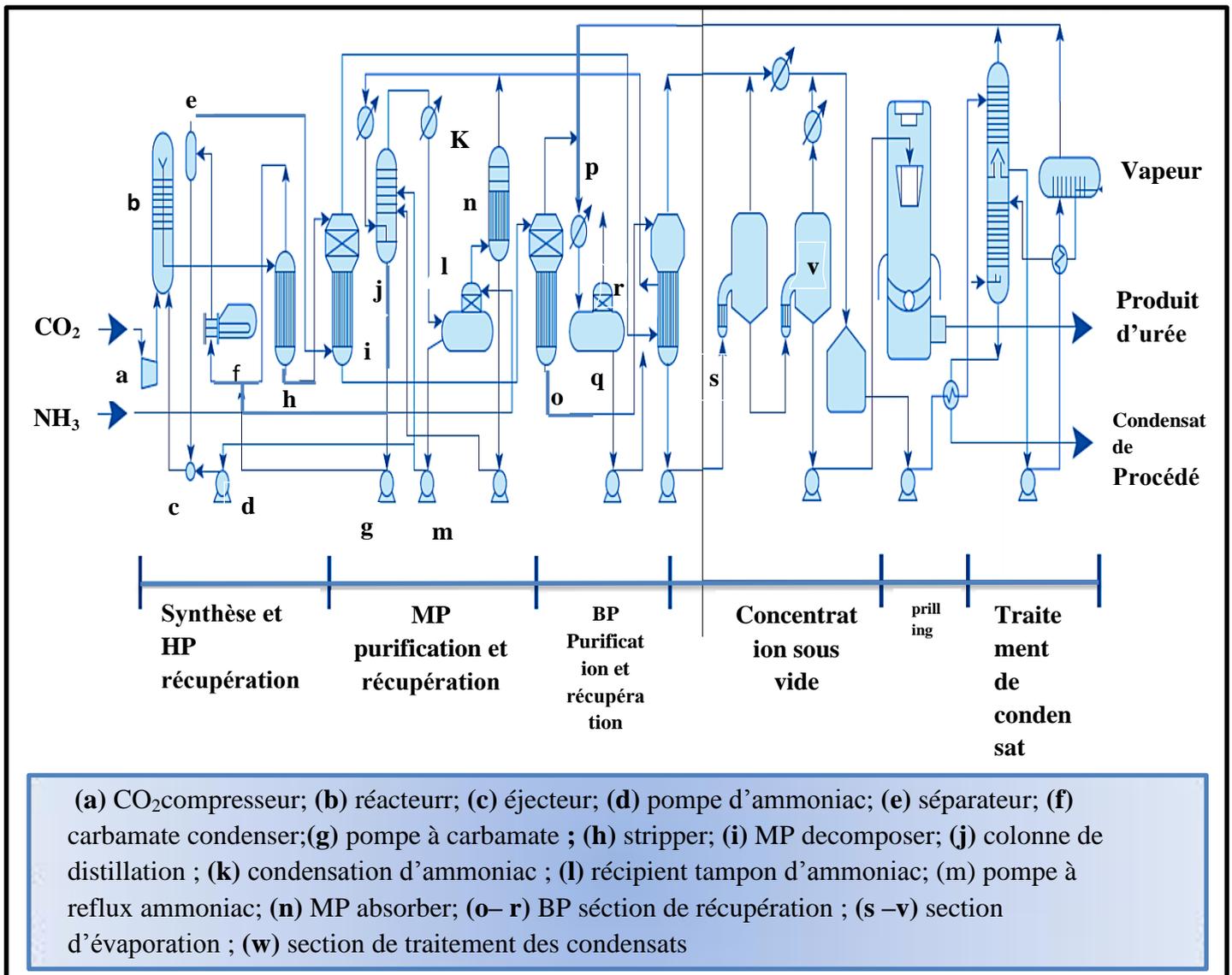


Figure II-7 : Processus de snamprogetti.

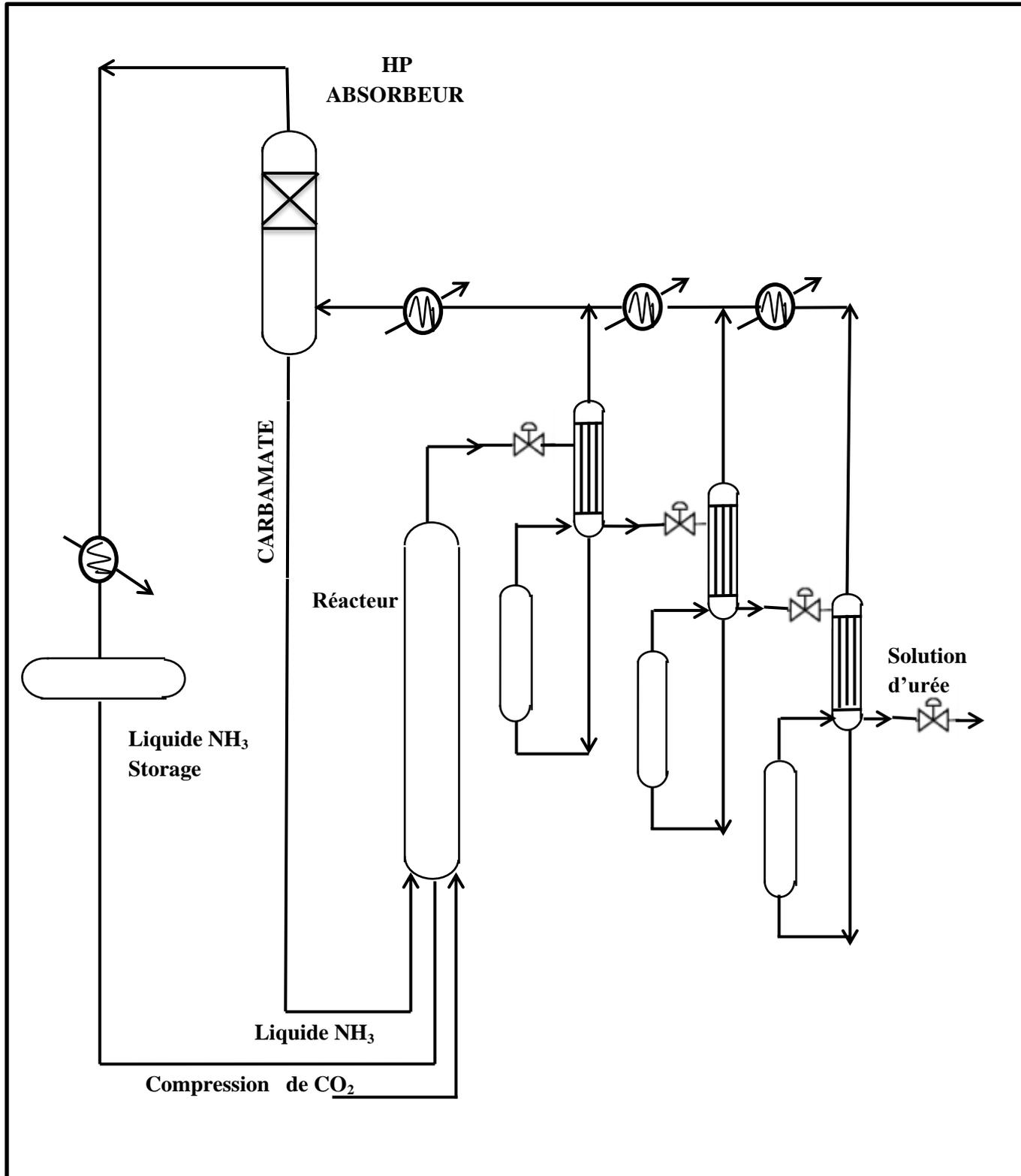


Figure II-8 : Processus de Mitsui Toatsu or Toyo Koatsu.

## II.6 Domaines d'application d'urée [8], [14], [15], [16], [17], [18],[19]

### II.6.1 Utilisation agricole (y compris l'élevage et l'élevage d'animaux et la culture de cultures)

La principale utilisation de l'urée est le champ d'engrais, qui représente environ 80% de sa production. Il est utilisée comme un engrais azoté, car il s'hydrolyse en ammoniac et en dioxyde de carbone, mais son l'impureté la plus courante, le biuret, doit être présente à moins de 2%, car elle nuit à la croissance des plantes, L'urée est un composant de l'alimentation animale, fournissant un bon marché pour favoriser la croissance. Pour l'utilisation d'engrais, les granulés sont préférés aux prills en raison de leur distribution granulométrique plus étroite, ce qui est un avantage pour une application mécanique (**Figure II-9**)



**Figure II-9** : Urée Granulé Engrais Minéraux.

### II.6.2 Usage industrielle

- Urée pour l'industrie du bois : Exempt de formaldéhyde (pour les MDF (medium densité fibre), PPB (panneaux de particules bruts), PPM (Panneaux de particules minces)).
- la production de parquets et de meubles.
- pour l'industrie cosmétique et les produits de santé : l'urée est un produit de base dans la fabrication de nombreuses crèmes. Elle procure des bienfaits pour la peau. L'urée est également utilisée dans des shampoings, lotions et laits hydratants, crèmes épilatoires. Les fabricants de produits de beauté.
- Urée pour le traitement des métaux, le traitement des eaux (source d'azote), le BTP (liant pour la laine de roche), les solutions hivernales (déneigeage et dégivrage).

**II.6.3 Usage médical**

- Produit dermatologique topique pour favoriser la réhydratation de la peau.
- Indiquée pour le psoriasis, la xérose, l'eczéma, la kératose,...etc.
- Utiliser comme aide à l'élimination du cérumen.

**II.6.4 Utilisation en laboratoire**

- L'urée est un puissant dénaturant des protéines.
- L'urée à des concentrations allant jusqu'à 10 M est un puissant dénaturant des protéines car elle perturbe les liaisons non covalentes.
- L'urée peut en principe servir de source d'hydrogène pour la production d'énergie ultérieure dans les piles à combustible.
- L'urée présente dans l'urine/les eaux usées peut être utilisé directement.
- La production d'hydrogène par électrolyse de la solution d'urée se produit à une tension inférieure (0.37V) et consomme donc moins d'énergie que l'électrolyse de l'eau (1.2V).

**II.7 Les avantages et les inconvénients de l'urée****Tableau II-3** : Les avantages et les inconvénients de l'urée.

Les avantages	Les inconvénients
Moins coûteuse	Perte par lessivage et volatilisation, acidification
Peu ou pas de risque d'incendie ou d'explosion	L'urée est très soluble dans l'eau et l'eau hygroscopique
Facile pour transport et rangement	L'urée contient des impuretés de plus de 2%
Rejette peu de polluant dans l'environnement	Les impuretés sont toxiques pour certaines cultures, en particulier les agrumes
Augmentation du rendement des cultures égale à celle d'autre forme d'azote	Peu irriter la peau et les yeux

**Explication** : L'eau hygroscopique : crée une fine couche entourant les particules de sol individuelles, ce qui rend l'eau inaccessible aux plantes et nécessite donc une meilleure qualité d'emballage.

# CHAPITRE III : Simulation Par HYSYS



## I. Introduction

La conception d'une unité de production chimique est une opération complexe qui demande des moyens financiers et humains très importants. Dans le contexte actuel, un procédé industriel doit répondre à trois critères : l'économie, la sécurité et l'environnement. Ainsi, lorsqu'un nouveau procédé est développé, le rôle de l'ingénieur consiste à trouver le système le plus adapté non seulement en termes d'efficacité et de sécurité, mais aussi de coût et de rentabilité pour fabriquer le produit.

A ce titre, Selon le petit robert le verbe simuler s'implique faire semblant d'où faire Paraître comme réel. La simulation est une reproduction artificielle du système ou phénomène complexe à étudier sous forme d'un modèle. Ou bien une simulation peut être considérée comme l'utilisation d'un modèle ou d'un ensemble de modèles mathématiques pour représenter le comportement d'un système (procédé).

Elle fournit un bon aperçu sur le comportement du système réel sans intervenir ou expérimenter sur le procédé réel. Les techniques de simulation sont des techniques numériques : simuler un phénomène signifie essentiellement reconstituer d'une façon fictive son évolution [20].

### III.1 La simulation

#### III.1.1 Définition

La simulation peut être définie comme l'utilisation d'un modèle mathématique pour générer une description du comportement d'un système physique (procédé).

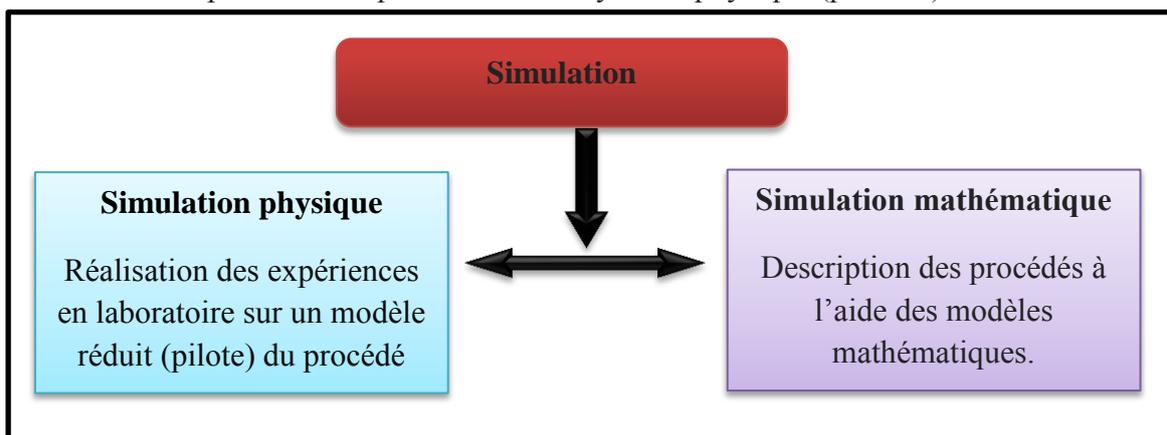


Figure III-1 : Les modèles de la simulation.

Elle fournit un bon aperçu du comportement du système réel sans faire intervenir l'expérience, en particulier pour les systèmes complexes. Le modèle mathématique est un

ensemble d'équations et de relations de conservation de : masse, énergie et quantité de mouvement, qui décrivent le comportement d'un système ou d'un sous-système.

Dès que le modèle mathématique répond aux ajustements de changement des paramètres du procédé réel, la simulation peut être classée comme une méthode commode, qui ne coûte pas cher, sans danger pour le comportement du procédé réel, et sans intervention sur le procédé en cours de son fonctionnement [21].

L'avantage majeur de la simulation est la fourniture d'un bon aperçu du comportement du système réel. Cet aperçu peut être difficile à avoir à travers l'expérience et l'intuition seule, en particulier pour les systèmes complexes avec plusieurs variables interactives.

Dès que le modèle mathématique répond aux ajustements de changement des paramètres comme un procédé réel, la simulation peut être classée comme une méthode commode qui ne coûte pas cher et sans danger pour la compréhension du comportement du procédé réel et sans intervention sur le procédé en cours de fonctionnement.

### III.1.2 Simulateurs

Les opérations sont connectées dans un schéma de procédé (**PFD**) (Process Flow Diagram), par les courants d'information générés dans ces opérations.

Ci-après, on présente une liste non-exhaustive des logiciels simulateurs disponibles pour concevoir de nouvelles unités et pour optimiser les procédés industriels les plus utilisés au niveau mondial :

<http://www.aspentec.com/> (Aspen)

<http://www.chemstations.net/> (Chemcad)

<http://www.winsim.com/> (DesignII)

<http://www.hyprotech.com/> (Hysys)

<http://www.ideas-simulation.com/home.php> (Ideas)

<http://www.rsi-france.com/> (Indiss)

<http://www.prosim.net/english.html> (Prosim)

<http://www.simsci-esscor.com/us/eng/default.htm> (ProII)

<http://www.rsi-france.com/> (Sim42) [22].

Le logiciel dont nous disposons est le simulateur **Aspen HYSYS 3.2**. Il a été développé par la société canadienne Hyprotech filiale du groupe Aspen Tech.

Il existe deux versions du logiciel : **HYSYS Process** (simulation à l'état stationnaire vise à définir les propriétés des flux (débit, température, fraction vaporisée,...) ainsi que les

bilans matières et d'énergie en régime stabilisé. Le procédé est décomposé en blocs représentant les différentes opérations unitaires mises en œuvre. Les blocs sont liés entre eux par des flux de matière ou d'énergie). Et **HYSYS Plant** (simulation dynamique vise à définir les propriétés des courants en fonction du temps, pendant des situations transitoires où le régime n'est pas stable.). On présente par la suite le logiciel ainsi qu'un exemple de simulation [21].

### III.2 Utilisation de la simulation

#### a) Dans la conception (Engineering)

- Etablissement des bilans de matière, et d'énergie d'un procédé industriel.
- Dimensionnement des équipements.
- Evaluation économique des procédés.

#### b) Dans le suivi des procédés

- Réajustement des paramètres de fonctionnement dans le cas des changements de composition de l'alimentation.
- Détermination des performances des équipements.

#### ➤ Les différentes tâches qu'un simulateur de procédés devrait effectuer sont :

- la résolution des bilans de matière et d'énergie.
- l'optimisation du procédé.
- le dimensionnement des équipements.
- l'évaluation économique du procédé [23].

### III.3 Description du logiciel HYSYS

Le logiciel HYSYS est l'un des logiciels de simulation des procédés de génie chimique. Il a été développé par la société canadienne HYPROTECH. Il a été conçu pour permettre le traitement d'une vaste gamme de problèmes allant des séparations bi et tri-phases simples, de la compression à la distillation et la transformation chimique.

Aspen HYSYS est un outil de modélisation de processus leader sur le marché pour la conception, l'optimisation, l'activité, planification, gestion des actifs et surveillance du rendement pour la production de pétrole et de gaz, le traitement du gaz, le pétrole, les industries du raffinage et de la séparation de l'air. Il est très important pour les ingénieurs chimistes de simuler un processus [21].

**HYSYS** n'est pas le logiciel de simulation le plus flexible dans l'industrie, mais il a l'avantage d'être convivial et facile à utiliser une fois que les éléments de base sont compris.

**HYSYS** a été développé pour l'industrie du pétrole, bien qu'il soit utilisé pour d'autres types de procédés chimiques. Les utilisateurs ayant peu de connaissances préalables sur Aspen HYSYS peuvent se former à ses capacités de modélisation. Certaines des capacités très intuitives comprennent un diagramme de processus hautement interactif pour la construction et la navigation à travers de grandes simulations. Flux de travail efficace pour la conception des processus, le dimensionnement des équipements et l'estimation préliminaire des coûts [24].

**Aspen HYSYS** offre une base thermodynamique complète pour le calcul précis les propriétés physiques, les propriétés de transport et le comportement de phase pour les industries du pétrole et du gaz et du raffinage [25].

**Le simulateur HYSYS** est un ensemble de modèles mathématiques des opérations unitaires nécessitant certains appareils spécifiques (ballons, compresseurs, colonnes de distillation, échangeurs de chaleur, etc.). Ces opérations sont connectées dans un schéma de procédé PFD par le courant d'informations généré dans ces opérations.

Donc, le logiciel n'est rien d'autre qu'un programme informatique destiné à la simulation des procédés de l'industrie de gaz, des procédés de raffinages et de la pétrochimie.

À l'aide du logiciel HYSYS, on peut calculer la capacité de production, dimensionner les appareils qui composent une unité donnée, déterminer les limites de la marche de cette unité et comprendre les phases critiques du procédé et le rôle des instruments techniques choisis.

De plus, ce même logiciel permet d'envisager le pilotage en temps réel, de fixer les limites de la marche de l'unité et de mesurer les risques en fonction de l'évolution des paramètres (P, T, etc.).

### III.3.1 Choix du modèle thermodynamique

Les logiciels de simulation donnent accès à plusieurs modèles thermodynamiques pour la prédiction de l'équilibre liquide-vapeur, d'enthalpie et d'entropie ainsi que des propriétés de transport.

La réussite de la simulation dépend du choix du modèle thermodynamique, parce que ce dernier est établi pour une classe de fluides et un domaine de conditions de pression et de température recommandés en utilisant des hypothèses et des suppositions pratiques. HYSYS présente plusieurs modèles thermodynamiques avec leur domaine d'application, Parmi les modèles thermodynamiques existants, il y a lieu de citer ceux de :

- 1- Modèles spéciaux pour les amines.

- 2- Modèles spéciaux pour la vapeur d'eau (ASTM Stream, NBS Stream).
- 3- Modèles utilisant la pression de vapeur (équation d'Antoine, NK10 et table Esso).
- 4- Modèles semi empiriques (Chao-Seader CS, Grayson-Streed GS).
- 5- Modèles hybrides: pour les systèmes à forte polarité, forte déviation par rapport à l'idéalité, azéotropes.
  - 6- Modèles basés sur les équations d'état: tels que Peng Robinson (PR), Soave-Redlick-Kwong.
  - 7- (SRK) souvent utilisés pour les hydrocarbures.
  - 8- Autres Modèles :
    - **De tensions de** vapeur → pour systèmes d'hydrocarbures lourds; seulement à basses pressions et hautes températures
    - **Chao-Seader (CS)** → systèmes comprenant majoritairement de l'eau en phases liquide ou gazeuse; mélanges d'hydrocarbures légers
    - **Grayson-Streed (GS)** → systèmes comprenant majoritairement de l'eau en phases liquide ou gazeuse; systèmes à fortes concentrations en hydrogène (H<sub>2</sub>); colonnes de distillation sous vide.

La réussite de la simulation dépend du choix du modèle thermodynamique, parce que ce dernier est établi pour une classe de fluides et un domaine de conditions de pression et de température recommandé. Notons, toutefois, que pour les procédés de traitement du gaz, l'équation d'état de Peng Robinson (PR) est généralement le modèle recommandé [26].

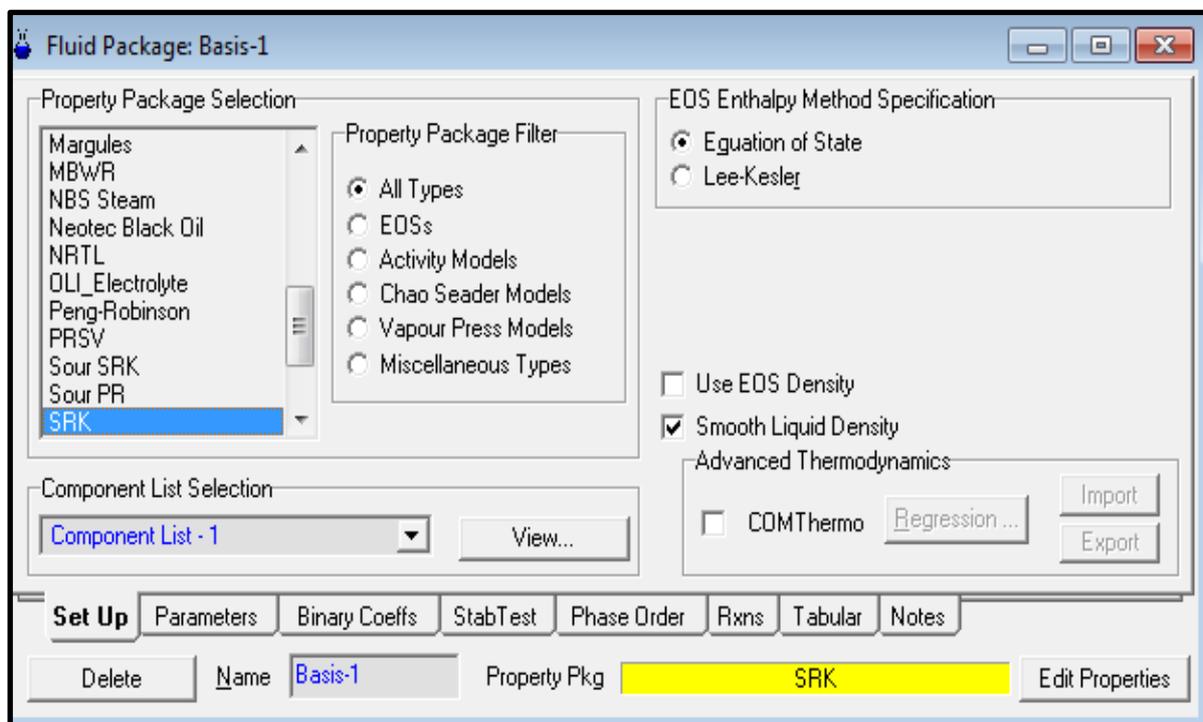
Cependant, lorsqu'il s'agit d'applications industrielles liées au raffinage du pétrole, au traitement de gaz et de pétrochimie, l'équation d'état de Peng Robinson (PR) établie en 1976 est généralement le modèle le plus recommandé. Elle permet de résoudre avec exactitude tous les systèmes constitués d'une seule phase, les systèmes bi-phasiques ou même tri-phasiques, avec un haut degré d'efficacité et de précision.

De plus ce modèle est applicable sur une large gamme de condition opératoire et Plus souvent utilisées pour composés non polaires ou peu polaires , ou même titre d'ailleurs que le modèle Peng-Robinson (PR) et Soave-Redlich-Kwong (SRK), comme le montre le tableau suivant :

**Tableau III-1** : Les Températures et Pressions pour les Modèles PR PRSV SRK.

Modèle	Température		Pression	
	°C	°F	kPa	Psia
<b>PR</b>	> -271	> -456	< 100 000	< 15 000
<b>PRSV</b>	> -271	> -456	< 100 000	< 15 000
<b>SRK</b>	> <b>-143</b>	> <b>-225</b>	< <b>35 000</b>	< <b>5 000</b>

**Benedict-Webb-Ruben-Starling (BWRS)** → plus efficace pour hydrocarbures paraffinés légers que les autres équations d'état .Dans notre simulation on a utilisé le model (SRK).

**Figure III-2** : Modèle thermodynamique choisi (SRK).

### III.3.2 Etablissement du schéma du procédé (PFD)

Une fois le modèle thermodynamique choisi, le simulateur demande la construction du schéma de la section d'étude concernée par la simulation.

La base d'une simulation est le développement du PFD. Ceci est fait en sélectionnant des unités dans la palette d'objets et en les déposants sur la feuille du procédé. De même, tout courant de matière et d'énergie doit être placé sur le PFD. Chaque courant d'entrée ou de sortie est connecté à une unité. Les courants et les unités sont nommés et ordonnés sur le PFD afin de faciliter la compréhension du diagramme du procédé.

Les calculs sont exécutés successivement de gauche à droite, alors la procédure consiste à définir les courants d'alimentation (sur le côté gauche des unités). Ensuite, introduire autant de spécifications que nécessaires pour la première unité rencontrée, afin de pouvoir la calculer. Cette procédure est valable pour toutes les unités. S'il existe des courants de recyclage ou des spécifications ne pouvant pas être calculées directement par le logiciel avec la procédure normale, on doit ajouter des modules logiques au PFD. Ceux-ci incluent le « **Recycle Module** », le « **Set Module** » et le « **Adjust Module** ».

### III.3.3 Choix des composés (Components)

Il y a beaucoup de composés dans la bibliothèque et ils sont classés en groupes. Lorsqu'il est possible, les composés peuvent être trouvés en utilisant des filtres et ajoutés à la liste des composés du procédé à simuler. Des difficultés peuvent se produire lorsque :

Le fluide ne peut pas être séparé en composés individuels, comme dans le cas du pétrole.

Le composé n'est pas dans la bibliothèque du logiciel. Dans ces cas, les difficultés peuvent souvent être surmontées en définissant un composé hypothétique, avec une quantité minimale de propriétés de base spécifiées par l'utilisateur.

L'ensemble complet des propriétés pour le composé sera alors estimé par le logiciel. Dans ces cas, l'utilisateur doit être vigilant pour s'assurer que les composés se comportent correctement dans la simulation. Une importante base des données sur les corps purs est incorporée avec le logiciel HYSYS. Ces corps sont regroupés en plusieurs familles:

- Hydrocarbures: paraffines normales et iso paraffines, oléfines, naphènes, aromatiques...
- Hydrocarbures oxygénés, azotés et sulfurés (amine, alcools, aldéhydes, nitriles, mercaptans...etc.
- Halogènes.
- Solides (soufre).
- Divers (O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, HCL...).
- Corps hypothétiques (purs, complexes, solides).

HYSYS demande pour définir ces corps de remplir un tableau de valeurs à utiliser lors des calculs. En outre, et pour caractériser les mélanges d'hydrocarbures complexes, il est possible d'utiliser les résultats d'analyses normalisées telles que TBP, ASTM, SpGr, Kuop...etc. HYSYS utilise par la suite ces données pour générer un nombre fini.

(Choisi par l'utilisateur) de pseudo corps repérés par leurs points d'ébullition normaux afin de représenter ces mélanges. Cette option permet aussi d'utiliser les propriétés physiques déjà stockées dans la base de données de HYSYS [27].

Dans Notre Simulation on a choisis les composants Suivants : (Urea, BrTriFC2, Ammonium, Carbamate, CO2, Ammonia, H2O, Nitrogen, Oxygen, Hydrogen, Methane, CO).

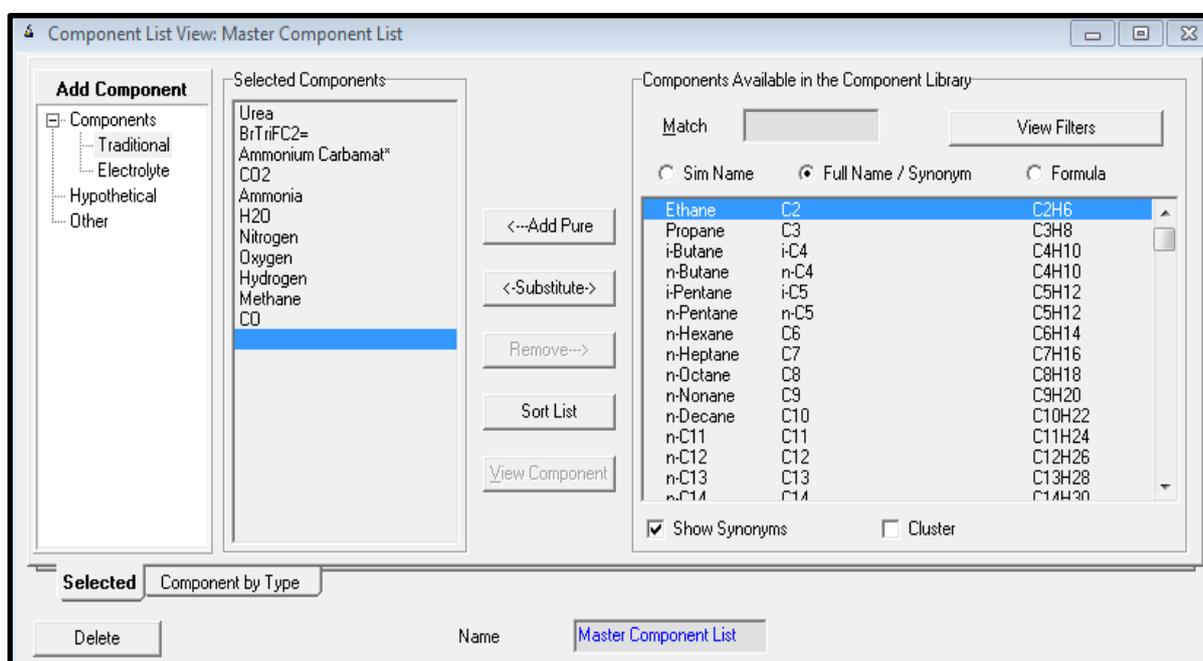


Figure III-3 : Choix des composés.

### III.3.4 Fonctionnement de HYSYS

Pour que le logiciel HYSYS puisse résoudre le schéma de procédé et/ ou même dimensionner quelques équipements de ce procédé, l'utilisateur doit au préalable :

- spécifier les constituants du gaz, du liquide ou du mélange.
- choisir un modèle thermodynamique convenable.
- Etablir et construire le schéma PFD de la section d'étude.
- spécifier les paramètres nécessaires pour le calcul de chaque opération unitaire.
- Exécution du programme de simulation.
- Interprétation des résultats.

### III.4 Les équipements de base

#### III.4.1 Pompe

La pompe est utilisée pour augmenter la pression d'un flux de traitement liquide [28].

Dans l'environnement de simulation, un puits le flux défini est pris comme en entrée de la pompe, Le flux de sortie est le nom de l'énergie sont déclarés sur le onglet connexion. Et dans l'onglet paramètre, le Delta P calculé est déclaré. Selon les informations spécifiées, la pompe calcule soit une température inconnue, la pression ou l'efficacité de la pompe. Il calcule la fonction de la pompe également.

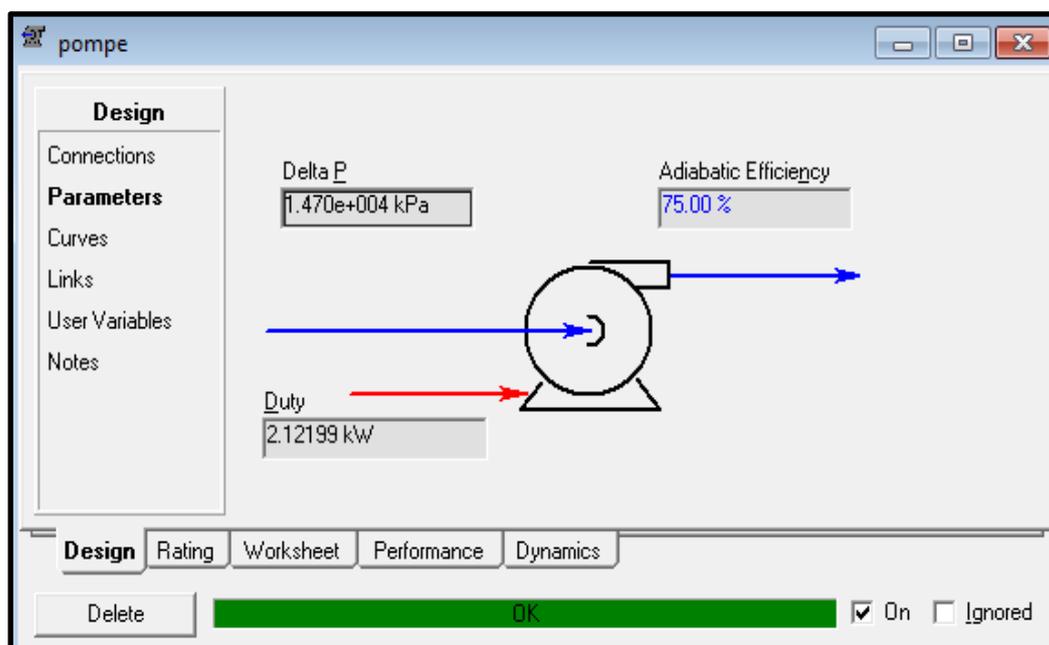


Figure III-4 : Contact de la pompe avec les flux.

#### III.4.2 Compresseur

Le fonctionnement du compresseur est utilisé pour augmenter la pression sur le flux de gaz d'entrée. Selon les informations spécifiées, le compresseur calcule une température, une pression ou un rendement inconnu du compresseur. Il calcule également le service de la pompe.

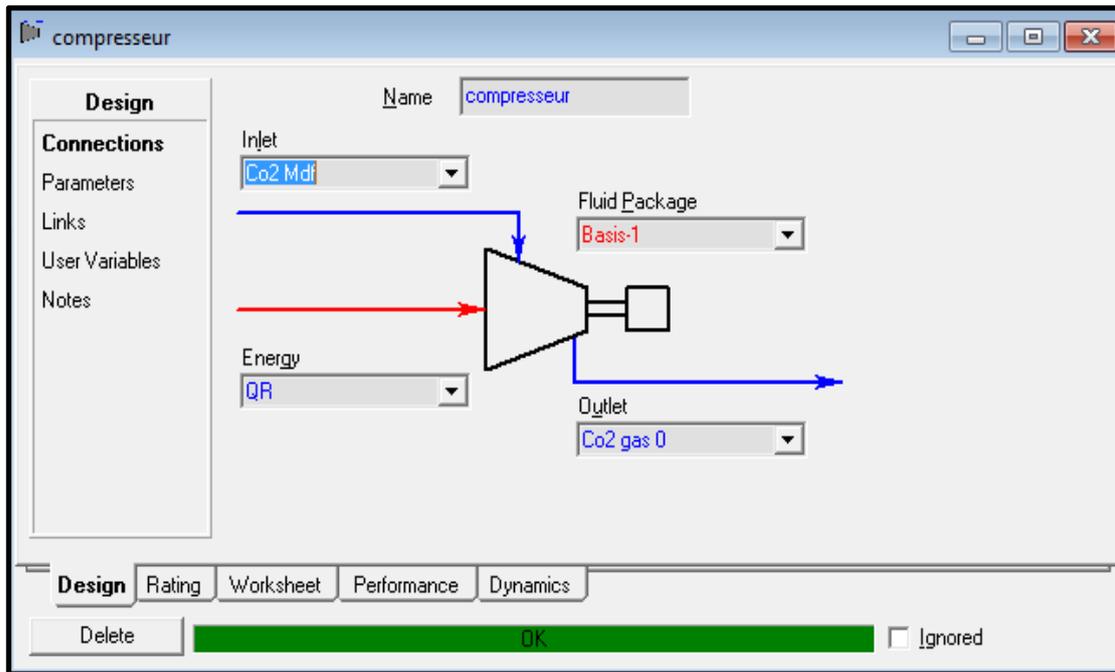


Figure III-5 : Contacte de compresseur avec les flux.

### III.4.3 Échangeur de chaleur

L'échangeur de chaleur effectue des calculs d'énergie et de bilan des matériaux sur deux faces. L'échangeur de chaleur est très flexible et peut résoudre pour la température, la pression, les flux de chaleur (y compris la perte de chaleur et la fuite de chaleur), les flux de matières. Dans le modèle d'échangeur de chaleur HYSYS peut être sélectionné et soit les paramètres ou les débits sont mentionnés à obtenir un autre. Cela peut être fait à l'état stable ainsi que dans le mode dynamique de simulation. HYSYS Shell et l'échangeur de chaleur du tube est présenté ci-dessous en tant que modèle du processus. L'échangeur de chaleur effectue des calculs de bilan énergétique et de matériaux recto-verso.

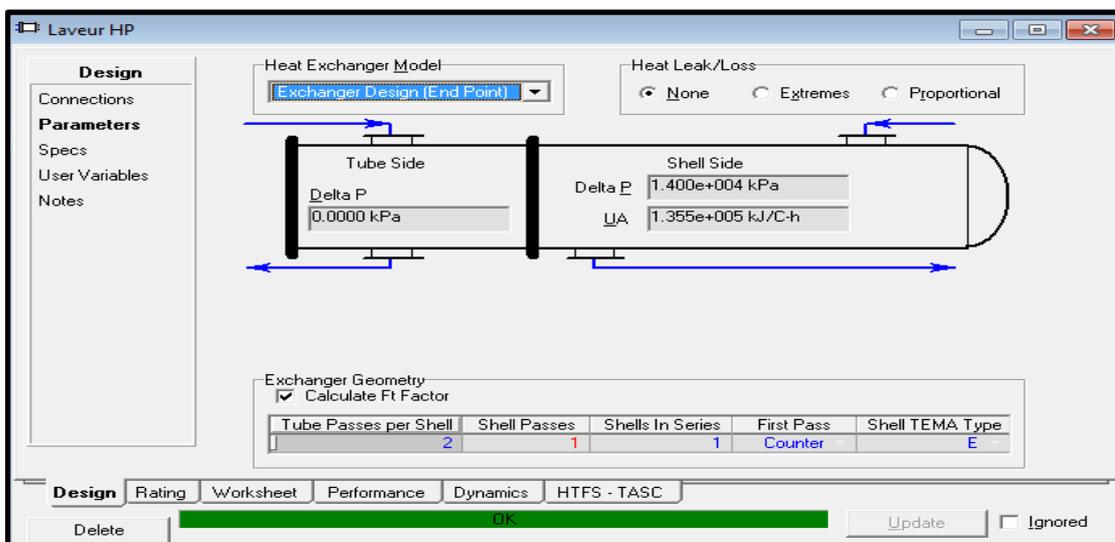


Figure III-6 : Contacte Échangeur de chaleur avec les tubes.

### III.4.4 Séparateur

Le flux de produit est introduit dans un séparateur triphasé et la phase liquide légère est séparée du liquide lourd phase et vapeur résiduelle. HYSYS met normalement l'eau dans la phase lourde lorsqu'il y a une eau non nulle flux.

Une séparation flash est utilisée pour diviser le contenu d'un courant (mélange liquide-vapeur) en sa phase vapeur et sa phase liquide.

En régime stationnaire, la vapeur et le liquide dans le récipient sont autorisés à atteindre l'équilibre, avant qu'ils ne soient séparés.

En HYSYS, un séparateur flash est utilisé pour déterminer les conditions des produits et des phases de la séparation (flux, compositions,...)

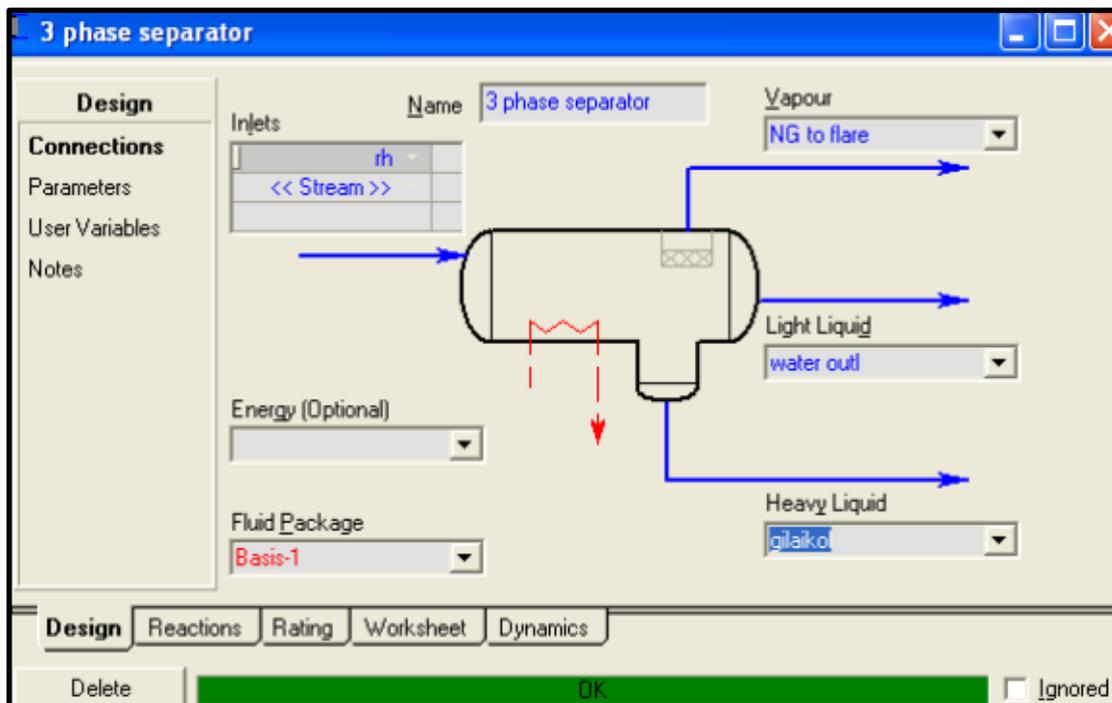


Figure III-7 : Ecran séparateur triphasé.

### III.4.5 Tour d'absorption avec rebouillir

Les conditions et la composition du flux d'alimentation de la colonne, ainsi que la pression de fonctionnement, définissent la solution convergente. La solution convergente comprend les conditions et la composition de la vapeur et flux de produits liquides. Le rebouillir a besoin d'un flux d'énergie pour faire bouillir l'absorbant.

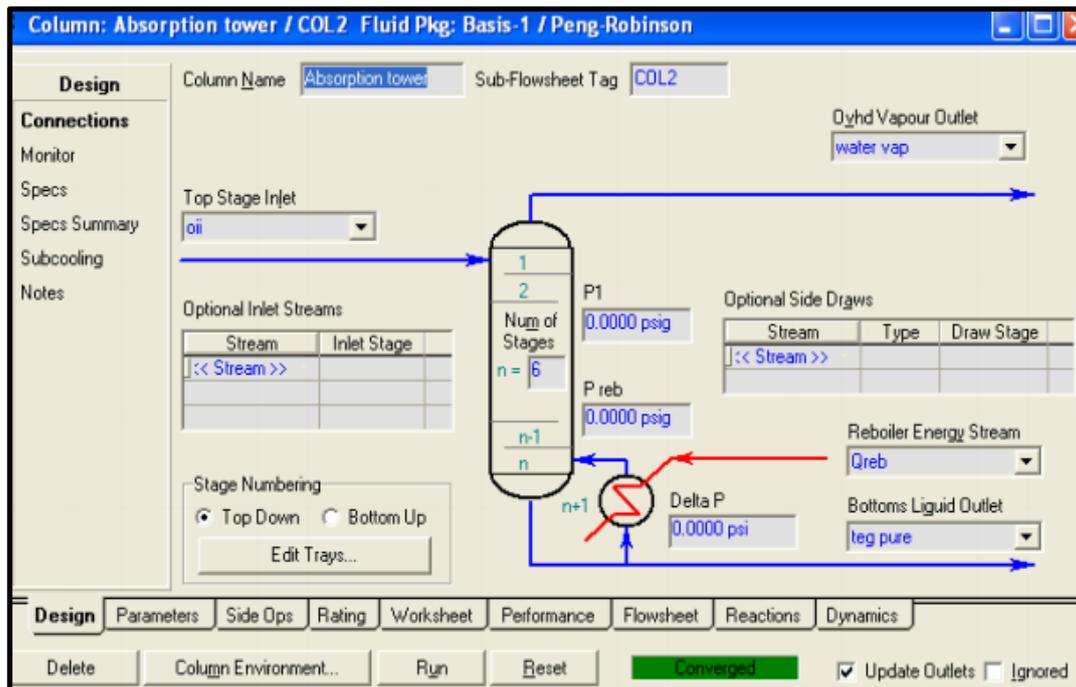


Figure III-8 : Tour d'absorption avec rebouiller.

### III.5 Les réactions

Nous trouvons trois sections principales :

#### III.5.1 Composants Rxn

Dans celle-ci, les composés qui ont été ajoutés dans la liste des composants apparaissent que nous pouvons utiliser dans l'interaction, et nous pouvons également via cette page ajouter plus de composés via le bouton Ajouter Composants , mais avec une différence Il est très important que les véhicules qui sont ajoutés via cette page ne soient pas ajoutés à la liste de composition, mais apparaissent plutôt ici uniquement avec une note que tous les composants qui sont ajoutés de n'importe où apparaissent dans la liste principale des composants [29].

#### III.5.2 Réactions

Dans cette section, les différentes réactions sont ajoutées, puis elles peuvent être traitées comme d'autres, comme en faire des copies, supprimées, affiché, etc., et comment ajouter l'interaction sera expliquée en détail après les deux prises suivantes.

#### III.5.3 Réactions Sets

Il montre des groupes de réactions, qui sont destinés à collecter un certain nombre de réactions dans un groupe spécifique pour faciliter la manipulation, et ce n'est pas une étape forcée car toutes les interactions sont ajoutées automatiquement dans le groupe principal Global Rxn Set.

### III.6 Différents types de réactions

#### 1. Réaction en conversion

Dans ce type, vous devez déterminer la stœchiométrie pour tous les composés de la réaction, et vous devez également déterminer le % de conversion du composé de base (base reactant).

#### 2. Réaction en équilibre

Dans cette réaction, vous aurez besoin des valeurs du coefficient de la Stœchiométrie des composés, en plus de cela, vous devrez déterminer la valeur de  $K_{eq}$  par 2 méthodes :

##### a. Équation Ln ( $K_{eq}$ ) :

Il s'agit de déterminer la valeur de K à travers une équation dans laquelle la valeur de K dépend de la température.

##### a. Gibbs énergie gratuite :

Il est utilisé pour calculer la valeur de K en utilisant la base de données des valeurs G des composés qui sont inclus avec le programme par l'équation.

##### c. $K_{eq}$ Fixé :

Dans celui-ci, une valeur fixe de K est déterminée, et donc elle ne dépend pas de la température.

##### d. $K_{eq}$ Vs T table :

Dans cette méthode, les valeurs de  $K_{eq}$  et les températures correspondantes sont placées dans une table. Le programme calcule une nouvelle valeur pour k, et les constantes d'équation  $\ln(K_{eq})$  sont calculées, et la valeur de précision dans le calcul est déterminée par la valeur de R2, ainsi que Vous pouvez spécifier les valeurs de température min et max a partie De TLO et THi.

#### 3. Réaction cinétique

Dans cette réaction, vous aurez besoin des valeurs du paramètre Stœchiométrie pour les composés, de l'ordre de la réaction exponentielle (et l'inverse si elle se produit) pour les produits et les réactifs, et vous devrez également définir le paramètre d'Arrhenius qui est utilisé pour calculer la vitesse de réaction.

#### 4. Réaction catalytique hétérogène

Bien que ce type d'interaction soit considéré comme un type de réaction cinétique, il s'agit de l'interaction la plus complexe, et il faut définir les mêmes données qui définissent la réaction cinétique en plus d'autres données.



Dans notre travail On a utilisé le Réacteur C (Conversion Réacteur).

### III.8 Méthode suivie

Le Calcul consiste à fixer les données suivantes :

- **Données de l'alimentation**

- Débit de l'alimentation (m<sup>3</sup>/h).
- Composition (% molaire).
- Température (°C).
- Pression (Kg/cm<sup>2</sup>).

- **Données de la Colonne**

- Nombre de plateaux Réels.
- Plateau d'alimentation
- Pression de service.
- Perte de charge (Condenseur).
- Paramètres des deux sections de la colonne.
- Estimation de la Température de tête et de fond.
- Spécification : température du plateau sensible.

- **Pour obtenir**

- Différents paramètres (débit, pression et température), dans chaque section de la colonne : (Tête, Distillat, Reflux, Fond et Résidu).
- La Puissance du Condenseur de tête.
- La Puissance du rebouilleur.
- La composition des produits de tête et fond de la colonne.
- Le profil de température le long de la colonne.
- Les des débits, vapeur et liquide, le long de la colonne.

- Le profil de l'engorgement le long de la colonne.

### III.9 Domaine d'applications [26]

HYSYS est principalement destiné à l'industrie des procédés pétroliers et gaziers, mais il est étendu à diverses industries pour la simulation comme :

- Industrie pétrolière.
- Raffinerie de pétrole.
- Industrie chimique lourde.
- Industrie pétrochimique.
- Usine de traitement du gaz naturel.
- Production de gaz de synthèse.
- Édulcorant au gaz acide avec DEA (Diéthanolamine).
- Usine d'éthanol.
- Usine de biodiesel, etc.

### III.10 Les Avantages de HYSYS

- Améliorer l'efficacité de l'ingénierie jusqu'à 30 %
- Améliorer l'efficacité énergétique jusqu'à 30 % et réduire les coûts en capital de 10 à 30% t
- HYSYS offre une approche extrêmement puissante de la simulation à l'état stable.
- L'approche HYSYS de la modélisation maximise le retour sur le temps de simulation grâce à une meilleure compréhension des processus.
- Aspen HYSYS offre une base thermodynamique complète pour le calcul précis de propriétés, propriétés de transport, et le comportement de phase et les versions plus récentes de HYSYS ont presque doublé dans ses capacités sur les propriétés physiques.
- Aspen HYSYS a présenté la nouvelle approche des simulations à l'état stable et dynamique dans la même plate-forme.

- Est devenu la norme par défaut dans l'industrie, et jouit aujourd'hui d'une acceptation universelle.

- Aspen HYSYS permet aux ingénieurs de processus d'estimer les émissions de gaz à effet de serre associées à un processus.

La technologie du réacteur de raffinerie, qui comprend le catalytique fluidisé, l'hydrocraquage et l'hydrotraitement.

Le reformage et l'isomérisation permettent à Aspen HYSYS d'effectuer une seule unité, plusieurs unités ainsi que l'ensemble de la raffinerie simulations [24], [30].

### **III.11 Economie**

Le coût de ce logiciel est d'environ \$50,000 pour la version dynamique et \$25,000 pour l'état stable version. Par rapport à l'usine pilote, il est presque la moitié du minimum prévu.

### **III. Conclusion**

La simulation des équipements est l'un des travaux de base pour l'étude de toute usine de traitement chimique, HYSYS est un outil efficace pour la conception d'un système industriel.

L'objectif de HYSYS est de fournir la capacité de concevoir un processus complet de façon complète et précise. Un processus ingénieur ou un étudiant construit d'abord un VFI montrant tout l'équipement réel nécessaire. Recalcule de tout équipement est très facile et ne nécessite que quelques secondes. Dans l'ensemble, l'utilisation de cette approche de simulation sera utile pour toute usine de processus pour optimiser le bénéfice annuel.

## **Chapitre IV : Description du procédé de l'unité d'urée au niveau du SORFERT**

#### IV. Introduction

Ce chapitre fournit l'explication pratique du procédé et de l'équipement type du processus au niveau du complexe **SORFERT**.

Ces informations peuvent être utiles pour comprendre les causes des écarts dans les conditions du processus dans les limites de calcul, et comment restaurer les conditions de base, de façon sécurisée et efficace.

, pour le système **027** (Granulation).

L'unité opère avec du  $\text{CO}_2$  et du  $\text{NH}_3$  provenant du procédé et de tous les systèmes de compression dans un seul flux avec une capacité de **3450MT/J** résultant en un seul produit fini qui est l'urée granulée.

L'unité est divisée en système comme suit :

- **020 Compression du  $\text{CO}_2$**
- **021 Pompage du  $\text{NH}_3$**
- **022 Synthèse de l'urée**
- **023 La recirculation**
- **024 L'évaporation**
- **027 La granulation**
- **028 Désorption & hydrolyse**
- **029 Vapeurs et condensats**

#### IV.1 Description du procédé

##### IV.1.1 Compression du $\text{CO}_2$ Système 020

Diagramme de flux de processus N°. 020-1 (Schéma de procédé N° 020-1)

Le dioxyde de carbone provenant des limites d'installation est introduit en même temps qu'une petite quantité d'air propre dans le compresseur de dioxyde de carbone **020K002** où il est comprimé à une pression d'environ **147 bars** absolus. Le réacteur d'élimination de  $\text{H}_2$  **020R001** est intégré au compresseur de dioxyde de carbone.

Dans le réacteur, l'hydrogène contenu dans le dioxyde de carbone est éliminé par combustion catalytique. Une partie de l'air fourni est utilisée pour la combustion catalytique alors que le reste est utilisé pour passiver les équipements de la section de synthèse afin d'éviter la corrosion. A cause de l'utilisation du safurex (**matériau en acier duplex**) comme matériau de construction des équipements de synthèse, une quantité d'air de passivation de

0,3% seulement est fournie. Le dioxyde de carbone déshydrogéné est introduit dans la partie inférieure de l'échangeur de chaleur HP 022E001.

**Tableau I-1** : Catalyseur d'extraction du H<sub>2</sub> dans la compression du CO<sub>2</sub>.

Type	TAG/Service	Volume	Durée de vie (attendus)	Service	Fournisseur catalyseur
0.3% sur Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (pelletes 3x3mm)	Pt 020R001	1.73 m <sup>3</sup> Installée+0.12m <sup>3</sup> spare	Min. 5ans	H <sub>2</sub> removal in CO <sub>2</sub> compression	Jhonson Matthey or Europe) Engelhard (both W-

➤ **Reacteur 020R001**

**Catalyst pellets 020R001-Z40**

Taile : 3 x 3 mm

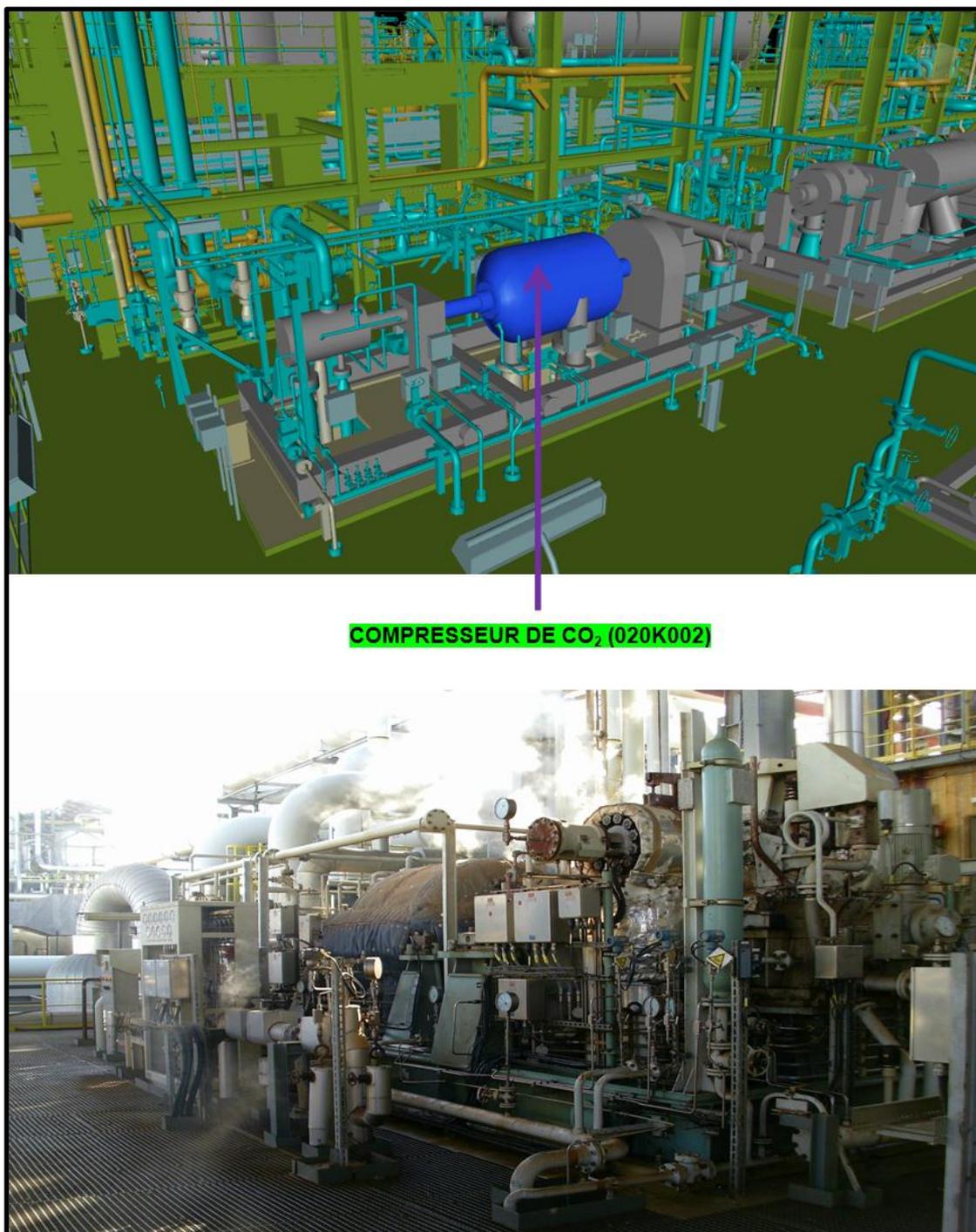
Matériel : 0.3% Pt on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Density apparente : 1040 Kg/m<sup>3</sup>

Vessel		Volume (m <sup>3</sup> )
020R001	Reacteur d'élimination du H <sub>2</sub>	1.73
	Spare	0.12
	<b>Totale</b>	<b>1.85 m<sup>3</sup></b>



**Figure IV-1** : Réacteur 020R001.



**Figure IV-2 :** Compresseur de CO<sub>2</sub> dans la salle des machines situées dans l'ammoniac 01.

#### **IV.1.2 Pompage de l'ammoniac Système 021**

Diagramme de flux de processus N°. 022-1 (Schéma de procédé N° 022-1)

L'ammoniac liquide est fourni à l'unité d'urée directement depuis les unités d'ammoniac à environ **22°C** et **17 bars** absolus ou bien depuis le stockage d'ammoniac à environ **10°C**.

Si l'ammoniac provient du stockage, il est chauffé de **-30°C** à un minimum de **10°C** dans les chauffages d'ammoniac au niveau du stockage en utilisant de l'eau de refroidissement



Figure IV-3 : Pompage d'ammoniac dans l'urée.

L'ammoniac liquide est alors filtré dans des filtres d'ammoniac 021F005A/B

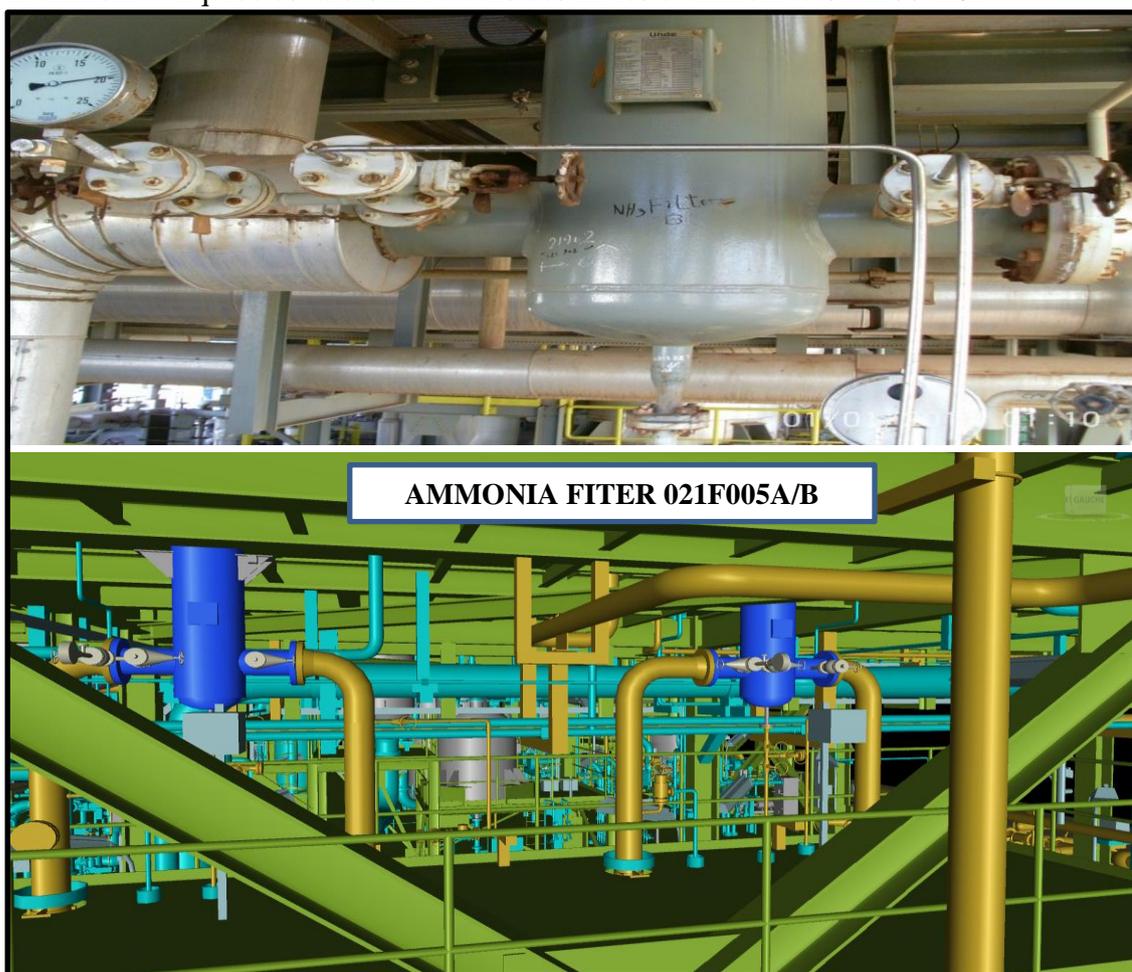


Figure IV-4 : Les filtres d'ammoniac 021F005A/B.

Puis déversé dans la cuve d'élimination inerte d'ammoniac **021D003** qui se trouve à une position surélevée au-dessus des pompes d'ammoniac **021P002 A/B**. Cette cuve a deux fonctions: tout d'abord, les matières inertes sont éliminées du flux d'ammoniac par une chasse à pression réduite (grâce à la position surélevée), ensuite elle fait en sorte qu'il existe toujours assez de NPSH pour la pompe d'ammoniac HP, quelles que soient les conditions du liquide dans la cuve (également à température d'ébullition). L'ammoniac de la cuve **021D003** s'écoule vers la pompe d'ammoniac haute pression et y est comprimé à environ **164 bars** absolus. Les vapeurs des cuves **021D003** sont déversées dans l'unité ammoniacque.

La pompe d'ammoniac HP décharge l'ammoniac dans le condensateur de synthèse HP **022E005** via l'éjecteur d'ammoniac haute pression **022F001** où l'ammoniac aspire le carbamate du laveur HP **022E003** et s'écoule avec le carbamate dans le condensateur de synthèse.



Figure IV-5 : Enlèvement de l'ammoniac inerte.

### IV.1.3 Synthèse de l'urée système 022

Diagramme de flux de processus N° 020-1 et 022-1 (Schémas de procédé N 020-1 et 022-1).

L'ammoniac mélangé au carbamate d'ammonium, également appelé carbamate, provenant du laveur HP et du dioxyde de carbone contenant du gaz de dégagement provenant de l'échangeur de chaleur HP est introduit dans le condenseur HP de synthèse, qui est un échangeur de chaleur de conception spéciale de type tubulaire en U submergé. La plus grande partie du gaz se condense et se transforme en carbamate sous l'effet de l'ammoniac. Il s'agit d'une réaction exothermique et de la vapeur à environ **4,4 bars** absolus est produite pour éliminer la chaleur de la réaction.

La déshydratation du carbamate en urée et eau se déroule dans le condenseur de synthèse puis dans le réacteur **022R001**. L'effluent du réacteur contenant environ **33,5 %** d'urée est réparti sur les tubes de l'échangeur de chaleur HP **022E001**, qui est un échangeur de chaleur, ce qui fait diminuer la pression de l'ammoniac partiel et décompose le carbamate. L'ammoniac et le CO<sub>2</sub> libres sont transférés à nouveau dans le condensateur de synthèse HP **022E005**. La chaleur requise pour cette opération est fournie par le passage de vapeur haute pression saturée autour des tubes de l'échangeur de chaleur HP **022E001**. La pression de la vapeur est contrôlée de manière à ce que le liquide quittant le décomposeur contienne environ **9 %** d'ammoniac par poids.

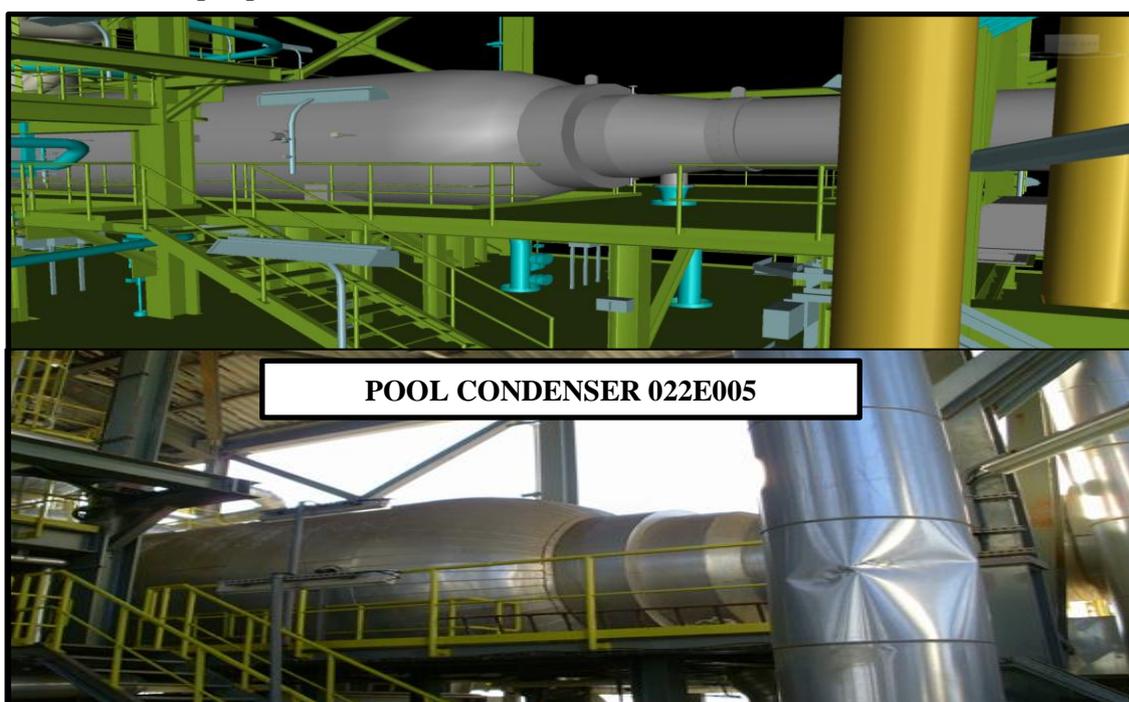
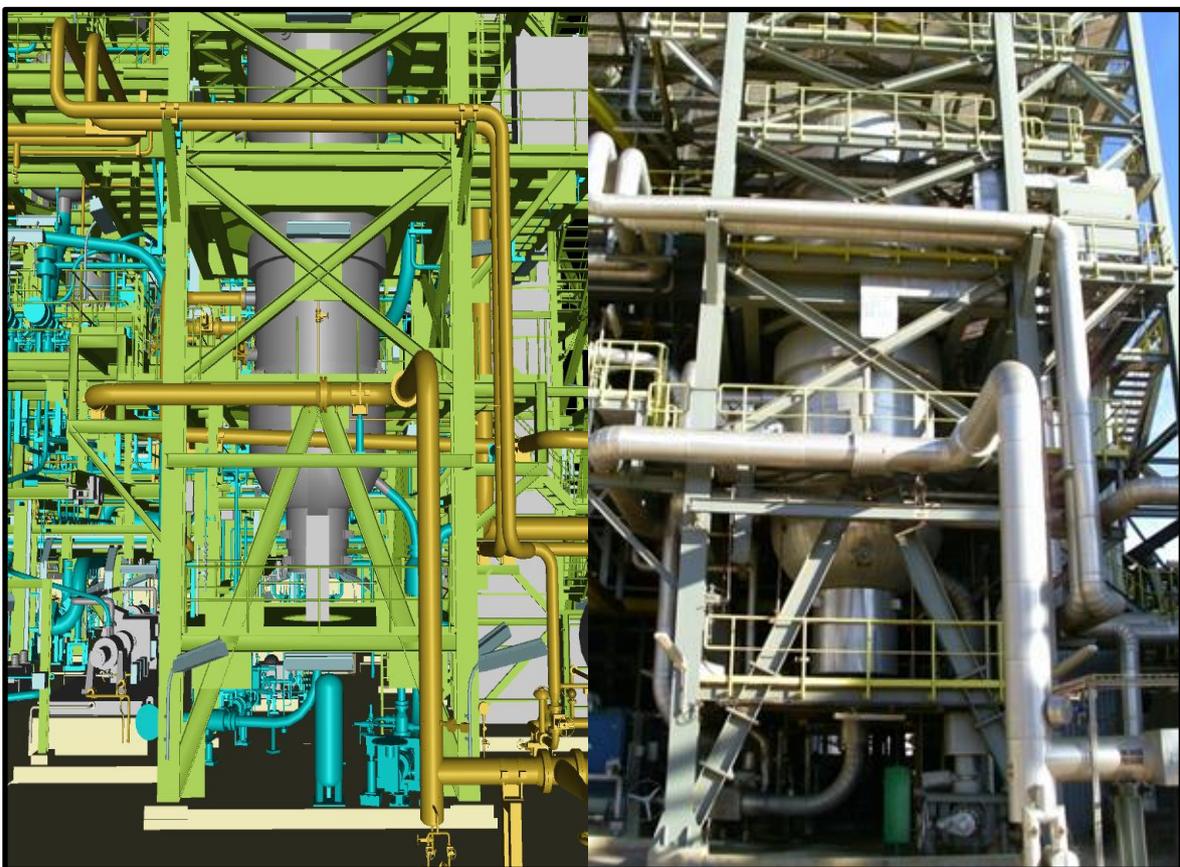


Figure IV-6 : Pool condenser **022E005**.

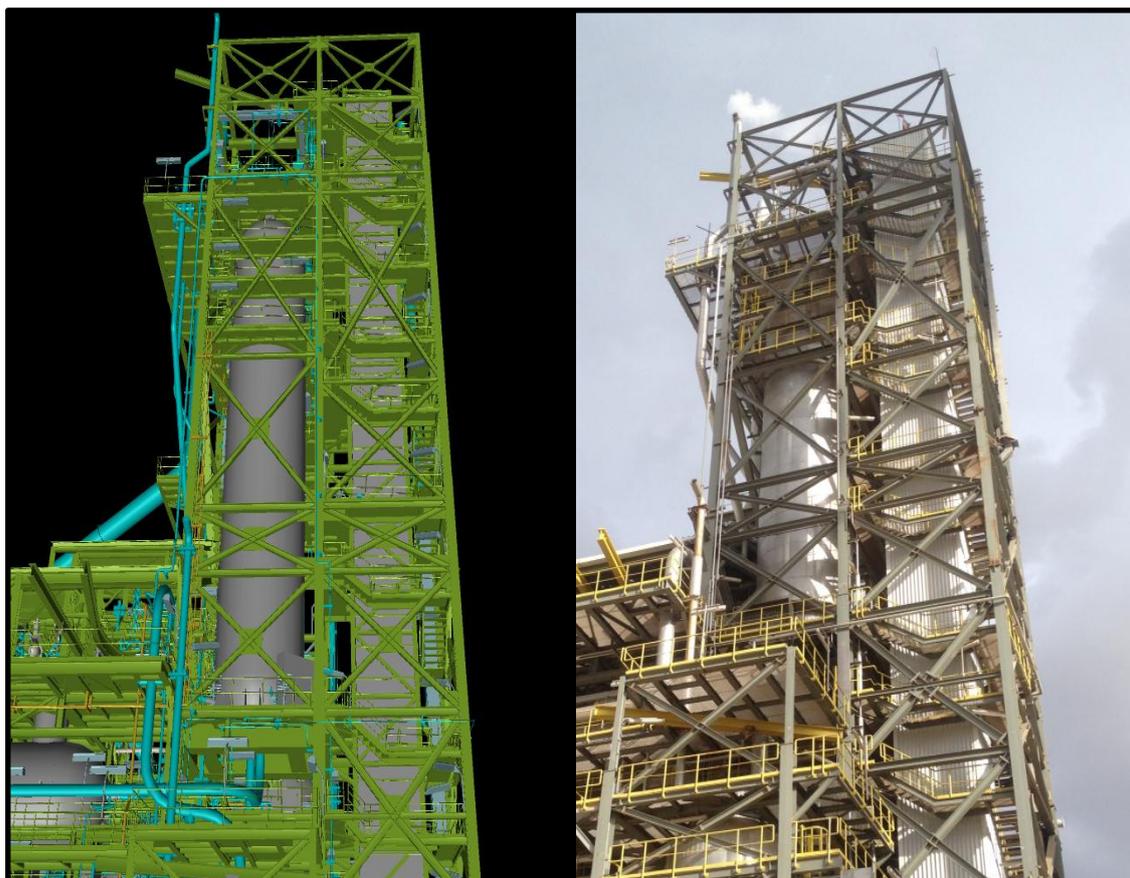
La solution d'urée de l'échangeur de chaleur HP **022E011** s'écoule dans la section de recirculation basse pression. Dans le condenseur de synthèse, la condensation des gaz de dégagement haute pression du décomposeur se déroule selon le principe de la condensation de synthèse. La chaleur de la condensation est dissipée par les tubes submergés de l'échangeur de chaleur. La chaleur de la condensation est utilisée pour créer de la vapeur basse pression à environ **4,4 bars** absolus. La vapeur produite est envoyée au circuit vapeur BP et utilisée pour le chauffage de l'installation



**Figure Iv-7 : Stripper 022E001.**

La pression de la vapeur du côté tubes du condenseur de synthèse HP **022E005** est contrôlée par une soupape de régulation de la pression dans la conduite d'évacuation de vapeur des ballons vapeur. Un changement de cette pression influe sur la température du condensat de vapeur, d'où la différence de température entre le côté calandre et le côté tubes. La pression du ballon vapeur est réglée sur une valeur telle que la pression de la synthèse est d'environ **147 bars** absolus (mesurée dans la conduite d'admission du liquide entre l'éjecteur et le condenseur de synthèse).

La quantité de liquide se trouvant dans le condenseur de synthèse HP permet la formation d'une quantité considérable d'urée. Entre **70 et 75 %** des gaz du décomposeur se condensent alors que **55 %** environ de la quantité totale d'urée se forme dans le condenseur de synthèse. L'urée formée, le carbamate non converti, l'excès d'ammoniac et une quantité d'ammoniac et de dioxyde de carbone non condensés sont ensuite introduits au fond du réacteur **022R001** où un convert ion supplémentaire de carbamate en urée se déroule.

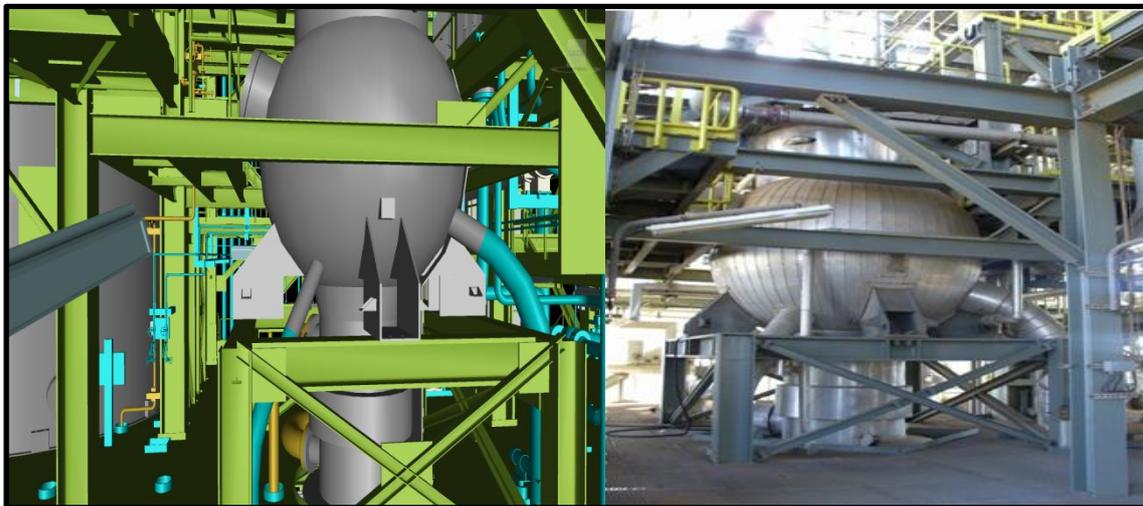


**Figure IV-8 : Réacteur 022R001.**

Le volume du réacteur autorise un temps de séjour suffisant pour que la réaction s'approche de l'équilibre. La chaleur nécessaire pour la conversion et le chauffage de la solution dans le réacteur provient d'une condensation supplémentaire de l'ammoniac et du dioxyde de carbone. Le réacteur contient cinq plateaux de haute efficacité pour faire en sorte que le débit de liquide dans le réacteur s'approche du débit des pistons. Les plateaux sont également conçus de manière à éviter les effets négatifs (tels que le refoulement, la dérivation et les zones stagnantes dans le réacteur).

L'effluent du réacteur emprunte la colonne descendante du décomposeur. La matière inerte introduite avec le dioxyde de carbone, l'air de passivation et une partie de l'ammoniac et

du dioxyde de carbone non convertis est transférés au laveur HP **022E003** qui contient un échangeur à tube et calandre dans sa partie inférieure et un lit à garnissage dans la partie supérieure.



**Figure IV-9 : Scrubber HP 022E003.**

C'est dans la partie inférieure du laveur HP que la plus grande quantité d'ammoniac et de dioxyde de carbone est condensée. La chaleur produite par la condensation est dissipée dans de l'eau de refroidissement tempérée. Dans la partie supérieure les gaz quittant la partie inférieure entrent en contact à contre-courant avec la solution de carbamate formée dans la section de recirculation basse pression. Les gaz de dégagement, contenant principalement de l'azote et de l'oxygène et une petite quantité seulement d'ammoniac et de dioxyde de carbone, sont mis à l'atmosphère dans la colonne d'évent via un absorbeur BP **022C001** fonctionnant à **3,9 bars** absolus.

La solution de carbamate du laveur HP s'écoule dans l'éjecteur d'ammoniac HP. La pression de l'alimentation d'ammoniac crée une tête suffisante dans l'éjecteur d'ammoniac HP pour transporter la solution de carbamate du laveur haute pression jusqu'au condenseur de synthèse. La section de synthèse est protégée des pressions excessives par des soupapes de sécurité se trouvant dans la conduite de gaz de dégagement entre le réacteur et le laveur HP. Pour protéger les installations d'un actionnement superflu des soupapes de sécurité, la synthèse est désactivée si la pression s'approche du point de consigne des soupapes de sécurité.

## IV.1.4 Recirculation système 023

Schémas de procédé N° 020-1, 022-1 et 024-1

Dans cette section, pratiquement la totalité de l'ammoniac et du dioxyde de carbone non converti est récupérée dans la solution urée/carbamate quittant le fond du décomposeur HP **022E001**. Cette solution est détendue à environ **4,1 bars** absolus. Ainsi, une partie du carbamate restant dans la solution se décompose et s'évapore. Le liquide restant est divisé sur un lit d'anneaux Pall dans la colonne de rectification **023C003**. La solution urée / carbamate est envoyée de la partie inférieure de la colonne de rectification vers un réchauffeur **023E002** ; la température de celui-ci est élevée à environ **135 °C** afin de décomposer le carbamate restant. La chaleur requise est fournie par de la vapeur basse pression. Dans le séparateur (c'est-à-dire la partie inférieure de la colonne de rectification) la phase gaz est séparée de la phase liquide.

Les gaz sont envoyés à la colonne de rectification où ils sont refroidis par la solution urée/carbamate froide. Ceci condense une partie de la vapeur d'eau se trouvant dans les gaz.

Les gaz quittant la colonne de rectification sont introduits dans la partie inférieure du condenseur de carbamate BP **023E003** où ils sont presque entièrement condensés. La chaleur de la condensation est dissipée dans de l'eau de refroidissement tempérée. Le condensat de procédé est transféré au condenseur de carbamate BP en même temps que les vapeurs de tête condensées du premier désorbeur afin de contrôler la concentration d'eau dans la solution de carbamate. Le ratio ammoniac/dioxyde de carbone optimal permet de ramener la concentration d'eau dans le carbamate jusqu'à **31 %** par poids. La pression dans le condenseur de carbamate BP est régulée à environ **3,2 bars** absolus et la température du carbamate est d'environ **73 °C**. Depuis le réservoir de niveau **023D001** du condenseur de carbamate BP, la solution de carbamate s'écoule vers la pompe de carbamate HP **023P001 A/B** où sa pression est amenée à environ **144 bars** absolus avant d'acheminer la solution de carbamate vers le laveur HP **023E003**. La solution d'urée quittant la partie inférieure de la colonne de rectification **023C003** s'écoule dans le ballon de détente atmosphérique **023F004** via une soupape de régulation de niveau. Au cours de la détente adiabatique à environ **1,2 bars** absolus, une partie de l'eau s'évapore et de l'ammoniac, du dioxyde de carbone et de la matière inerte sont libérés. Ces vapeurs sont partiellement condensées dans le condenseur du ballon de détente **023E011** et le reste d'ammoniac et de dioxyde de carbone sont éliminés de la matière

inerte par lavage dans l'absorbeur atmosphérique **023C005** par une circulation de condensat de procédé et de vapeur. Le condensat provenant du ballon de détente est recyclé vers le condenseur de reflux. La section de recirculation est protégée contre les excès de pression par une soupape de sécurité dans la conduite des gaz de dégagement provenant de la colonne de rectification **023C003** réglée sur **7 bars** relatifs. Pour éviter tout actionnement superflu de cette soupape, la synthèse est interrompue lorsque la pression de recirculation s'approche du point de consigne de la soupape de sécurité.

### IV.1.5 Pré-évaporation et évaporation système 024

Schéma de procédé N° 024-1.

La solution du séparateur de détente atmosphérique **023F004** s'écoule vers le pré-évaporateur **023E010**. Une partie de l'eau se trouvant dans la solution est évaporée ici pour augmenter la concentration d'urée de **72 à 80 %** environ par poids. La chaleur nécessaire pour l'évaporation est fournie par le circuit de vapeur **BP**. La solution d'urée recyclée provenant de l'unité de granulation est introduite dans la conduite d'alimentation de pré-évaporation. Enfin, la solution d'urée est envoyée au réservoir de solution d'urée **023T002**. La solution d'urée est pompée depuis le réservoir de solution d'urée vers l'évaporateur, où elle est concentrée à environ **96 %** par poids en fournissant de la chaleur grâce à la vapeur **BP** et en réduisant la pression à environ **0,28 bar** absolu. Dans le séparateur d'évaporation **024F001**, le flux provenant du chauffage de l'évaporateur **024E001** est séparé en phase gazeuse et phase liquide. Les vapeurs quittant le séparateur sont condensées dans le condenseur de l'évaporateur en même temps que les vapeurs provenant du pré-évaporateur du séparateur **023F010**. La solution d'urée provenant du séparateur d'évaporation s'écoule vers l'aspiration de la pompe de fonte d'urée **027P001A/B** puis est envoyée à l'unité de granulation après un mélange avec la solution d'urée formol. Le condensat quittant le condenseur de l'évaporateur **023E002** est envoyé au réservoir d'eau ammoniacale **028T003** par une colonne barométrique.

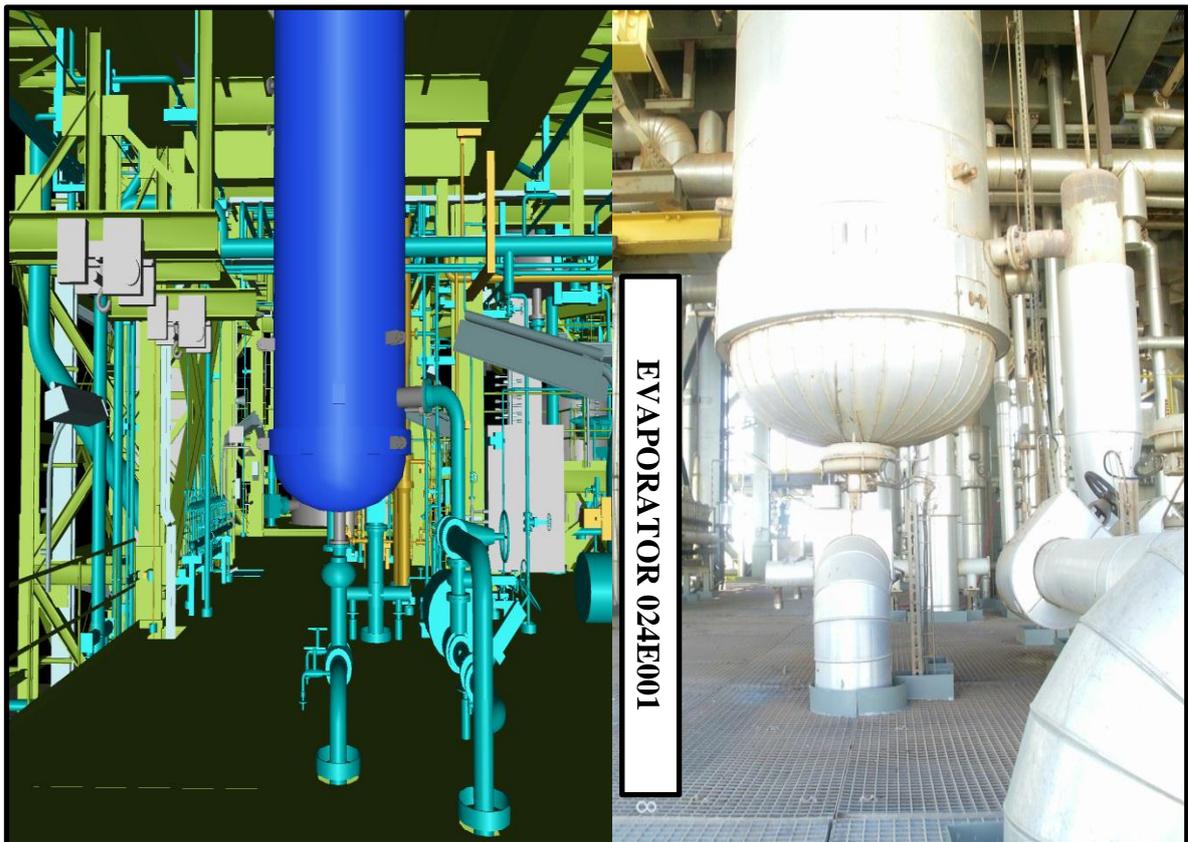


Figure IV-10 : Evaporator 024E001.



Figure IV-11 : Separator Evaporator 024F001.

#### IV.1.6 Désorption et hydrolyse (traitement des condensats) système 028

##### Schéma de procédé N° 028-1

Le condensat de procédé du condenseur **024E002** contenant de l'ammoniac, du dioxyde de carbone et de l'urée est collecté dans le réservoir d'eau ammoniacale **028T003**. Il est utilisé comme absorbant dans l'absorbeur BP **022C001** puis dans l'absorbeur atmosphérique **023C005**, liquide de dilution pour l'ammoniac et le dioxyde de carbone condensés dans le condenseur de carbamate BP **023E003**, alimentation du premier désorbeur pour récupérer l'ammoniac et le dioxyde de carbone et liquide de dilution pour le condensateur du ballon de détente. Le condensat de procédé est pompé du réservoir d'eau ammoniacale vers le premier désorbeur **028C002** via l'échangeur de chaleur du désorbeur **028E007**.

Dans le premier désorbeur, la majorité de l'ammoniac et du dioxyde de carbone est décomposée par les vapeurs de tête du second désorbeur et hydrolyseur. L'effluent inférieur du premier désorbeur est pompé via l'échangeur de chaleur de l'hydrolyseur **028E021**, où il est réchauffé d'environ **140 °C à 200 °C** à une pression de **18,1 bars** absolus, et envoyé vers le haut de la colonne de l'hydrolyseur **028C003**. Dans l'hydrolyseur, l'urée est décomposée en ammoniac et en dioxyde de carbone tout en étant chauffée à l'aide de vapeur haute pression directe à environ **210 °C**. Afin d'obtenir des concentrations d'urée dans l'effluent de l'hydrolyseur inférieures à **1 ppm**, le condensat de procédé est mis en contact à contre-courant avec la vapeur directe.

Le produit du bas de l'hydrolyseur contenant des traces d'urée seulement est envoyé vers le second désorbeur **028C004** via l'échangeur de chaleur de l'hydrolyseur. Les vapeurs de tête de l'hydrolyseur, quant à elles, sont envoyées au premier désorbeur. Après un refroidissement de l'effluent de l'hydrolyseur dans l'échangeur de chaleur de l'hydrolyseur à environ **140 °C**, il est introduit en haut du second désorbeur. Ici, l'ammoniac et le dioxyde de carbone restant est décomposé au moyen de vapeur BP directe. Les gaz de tête vont dans la partie basse du premier désorbeur, où ils sont utilisés comme agent de décomposition.

Le condensat de procédé quittant le second désorbeur est refroidi à environ **92 °C** dans l'échangeur de chaleur du désorbeur lors de son introduction dans le premier désorbeur, et par la suite dans le refroidisseur de démarrage par de l'eau de refroidissement à environ **45 °C**. La teneur est inférieure à **1 ppm** d'urée et **5 ppm** d'ammoniac. Il est utilisé comme alimentation du laveur dans la section de granulation et comme condensats de processus dans la section de

reflux. Le reste est vidangé hors de l'installation où il peut être utilisé pour plusieurs autres raisons.

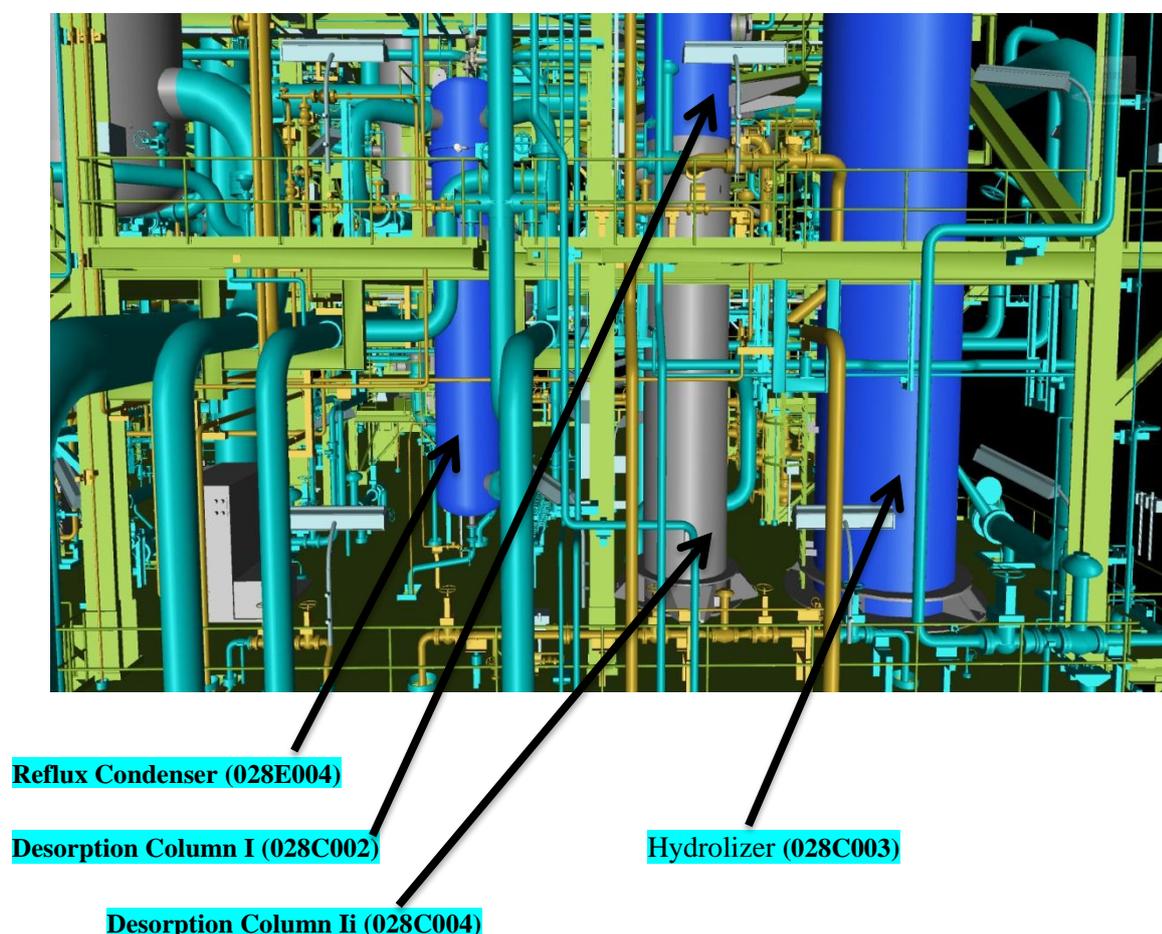


Figure IV-12 : Condensé et hydrolizer.

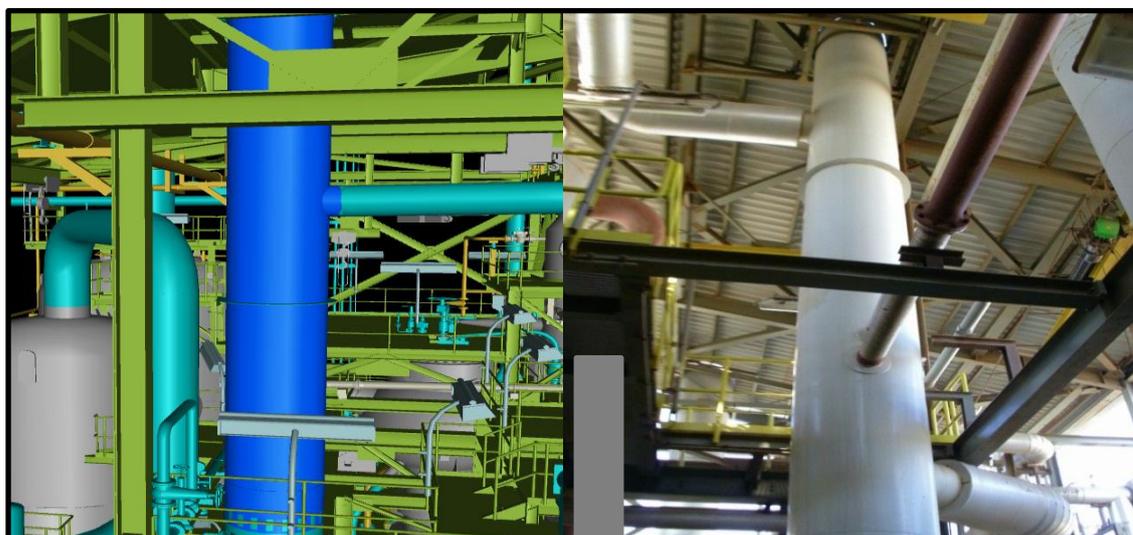
Le produit du bas de l'hydrolyseur contenant des traces d'urée seulement est envoyé vers le second désorbeur **028C004** via l'échangeur de chaleur de l'hydrolyseur. Les vapeurs de tête de l'hydrolyseur, quant à elles, sont envoyées au premier désorbeur. Après un refroidissement de l'effluent de l'hydrolyseur dans l'échangeur de chaleur de l'hydrolyseur à environ **140 °C**, il est introduit en haut du second désorbeur. Ici, l'ammoniac et le dioxyde de carbone restant est décomposé au moyen de vapeur BP directe. Les gaz de tête vont dans la partie basse du premier désorbeur, où ils sont utilisés comme agent de décomposition. Le condensat de procédé quittant le second désorbeur est refroidi à environ **92 °C** dans l'échangeur de chaleur du désorbeur lors de son introduction dans le premier désorbeur, et par la suite dans le refroidisseur de démarrage par de l'eau de refroidissement à environ **45 °C**. La teneur est inférieure à **1 ppm** d'urée et **5 ppm** d'ammoniac. Il est utilisé comme alimentation du laveur

dans la section de granulation et comme condensats de processus dans la section de reflux. Le reste est vidangé hors de l'installation où il peut être utilisé pour plusieurs autres raisons.



**Figure IV-13 : Hydrolizer (028C003).**

Les gaz de tête du premier désorbeur sont condensés dans le condenseur de reflux **028E004**, et ils sont transférés comme une faible solution de carbamate vers le condenseur de carbamate BP **023E003**. Les vapeurs non condensées sont envoyées au condenseur du séparateur de rinçage **023E011**.



**Figure IV-14 : Vent Stack (028V001).**

#### IV.1.7 Système de vapeur, de condensats et d'eau de refroidissement Système029

Schémas de procédé N° 029-1 et 029-2

##### Voici les circuits principaux

- Circuit de vapeur HP à une pression de **25 bars** absolus et une température de **343 °C**.
- Circuit de vapeur MP à une pression de **9 bars** absolus et une température de **175 °C**.
- Circuit de vapeur BP à une pression de **4,4 bars** absolus et une température de **147 °C**.

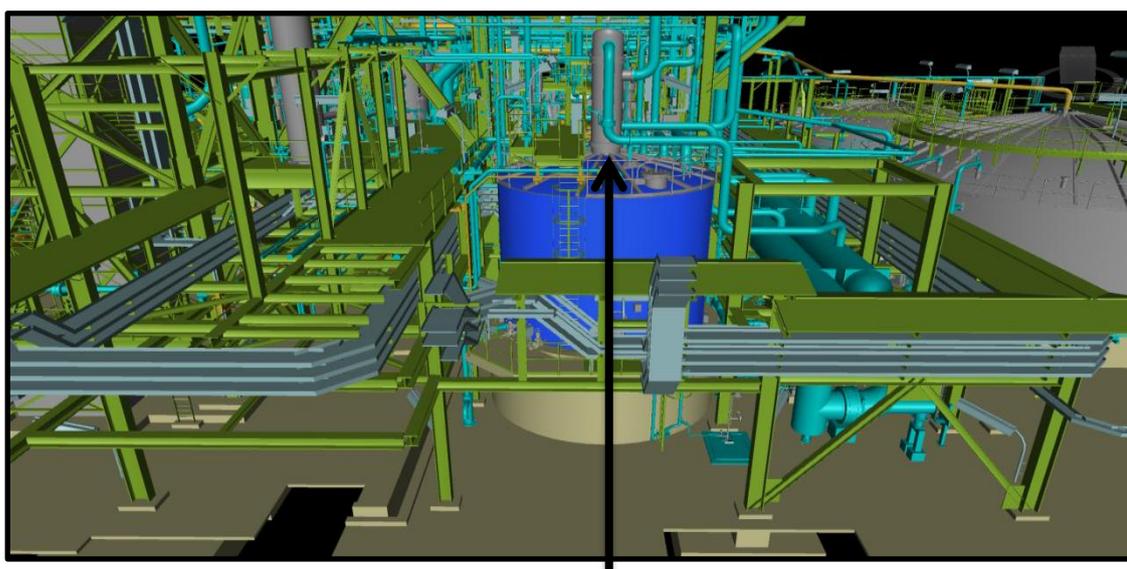
La vapeur HP envoyée à l'unité d'urée (**environ 117 t/h**) est importée sous forme de vapeur d'extraction de la turbine du compresseur de CO<sub>2</sub> **020MT02** à une pression d'environ **25 bars** absolus et une température d'environ **343 °C**. Si la turbine de vapeur ne fonctionne pas, une conduite de dérivation dotée d'une soupape de purge provenant du système de vapeur **50 bars** peut être utilisée. La vapeur est partiellement désurchauffée dans le système de refroidissement à pulvérisation avant d'entrer dans l'unité d'urée. La vapeur HP est utilisée pour

- ✓ Le décomposeur **022E001**,
- ✓ L'hydrolyseur **028C003**,
- ✓ Le traçage de l'hydrolyseur **028C003**.
- ✓ La vapeur d'appoint pour les circuits de vapeur MP et BP.

La vapeur HP du décomposeur **022E001** est acheminée vers le saturateur de vapeur HP **029D005**. La pression dans le saturateur de vapeur HP est de l'ordre de **17 à 21 bars**. En cas d'arrêt de l'unité, la vapeur sera mise à l'atmosphère par le silencieux **029D010**. Le condensat de vapeur provenant du décomposeur **022E001** revient dans le saturateur de vapeur **029D005**. Le condensat est évacué vers le ballon de vapeur MP **029D009**. Le niveau du saturateur de vapeur HP **029D005** est contrôlé. Le condensat se détend partiellement vers le ballon de vapeur MP **029D009** à **9 bars**. La pression dans le ballon de vapeur MP **029D009** est contrôlée de manière divisée via la conduite d'appoint de vapeur HP vers le ballon de vapeur MP **029D009** et la conduite d'appoint de vapeur MP vers le circuit de vapeur LP. Le ballon de vapeur MP **029D009** fournit également de la vapeur MP à la granulation (**unité 027**). Dans les conditions de fonctionnement normales, la quantité est un débit régulé de **2250kg/h**. Le niveau dans le ballon de vapeur MP **029D009** est régulé et doté d'une alarme de niveau bas et haut qui active l'évacuation de condensat dans le ballon de vapeur LP **022D001**. Le condensat se détend partiellement en aval de **9 bars à 4,4 bars**. Le ballon de vapeur MP **029D009**

comporte une conduite d'équilibrage avec le circuit d'eau de refroidissement conditionnée destinée au laveur HP **022E003** comme appoint. Dans la section de synthèse, de la vapeur BP à **4,4 bars** est produite dans le condenseur de synthèse **022E005** via le ballon de vapeur BP **022D001**. La pompe de circulation de condensat de vapeur **029P005 A/B** fait circuler le condensat de vapeur sur le condenseur de synthèse et le débit régulé du ballon de vapeur BP. Le commutateur de faible débit lance la pompe supplémentaire sur la conduite en cas de défaillance du débit. En cas de défaillance de la seconde pompe, ou si le débitmètre donne un signal de faible débit pour une autre raison, l'arrêt de la synthèse sera activé.

La pression dans le circuit de vapeur BP est contrôlée. En cas de chute de pression, le régulateur active l'alimentation de vapeur HP vers le ballon de vapeur BP **022D001**. En cas d'excès de pression, la vapeur BP est exportée vers la turbine du compresseur de CO<sub>2</sub> **022MT02**. En cas de dépassement du point de consigne de la pression, la vapeur BP sera mise à l'atmosphère via le silencieux **029D010**. Dans les conditions de fonctionnement normales, la quantité de vapeur BP exportée vers la section de granulation est d'environ **80 kg/h** et vers les limites extérieures de l'installation d'environ **30 t/h**. Le circuit de vapeur BP est équipé de soupapes de dépressurisation avec une pression de consigne de **6 bars et 6,3 bars** qui mettent à l'atmosphère. Le niveau dans le ballon de vapeur BP **022D001** est contrôlé. Le condensat de vapeur provient du réservoir de condensat de vapeur **029T001** via la pompe de condensat de vapeur **029P001 A/B**. Le débit dans les conditions de fonctionnement normales est de **41 t/h**.



**Figure IV-15 : Steam Condensate Tank (029T001).**

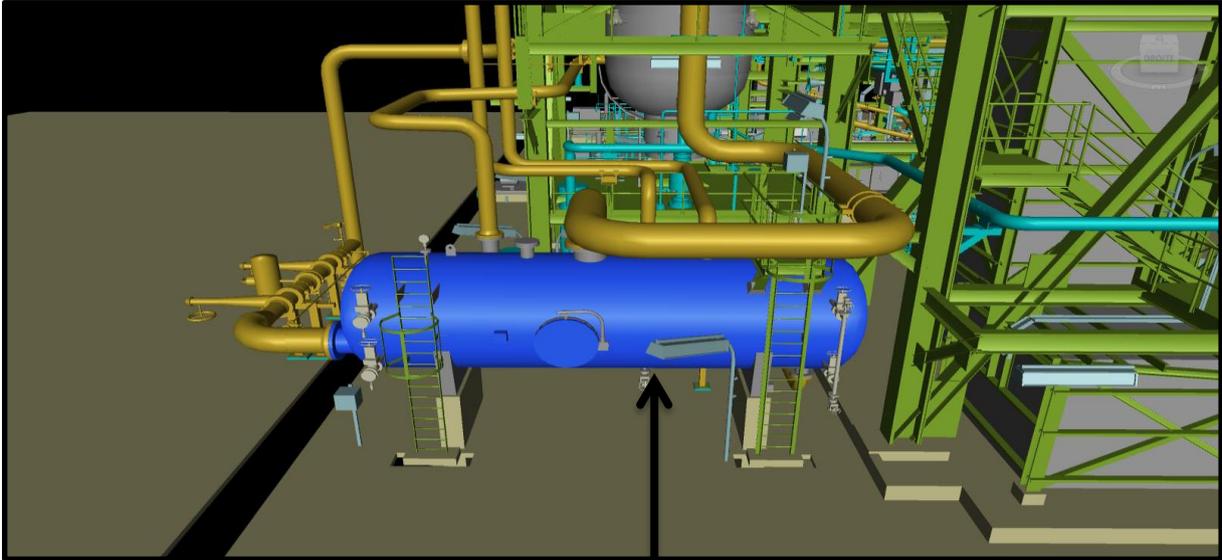


Figure IV-16 : HP Steam Saturator (029D005).

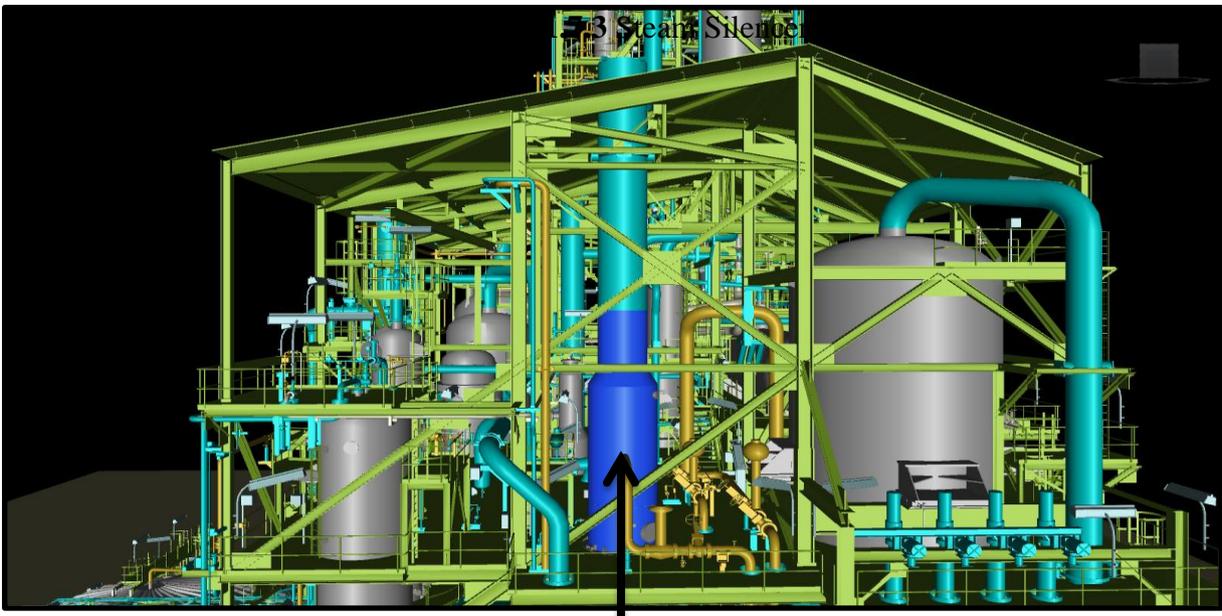


Figure IV-17 : MP Steam Drum (029D009).

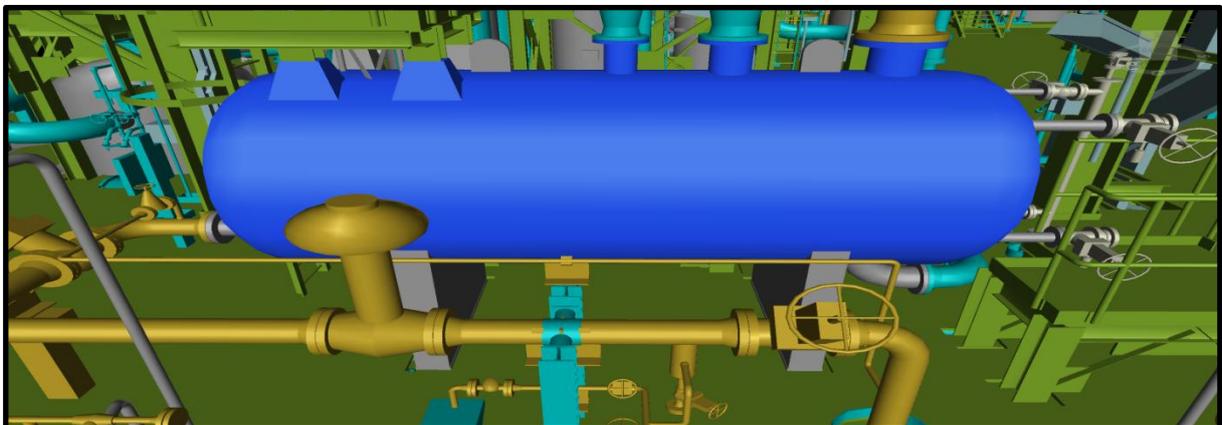


Figure IV-18 : MP Steam Drum (029D009).

Un flux continu d'eau d'alimentation de la chaudière, d'environ **4,4 m<sup>3</sup> /h**, est purgé du ballon de vapeur BP **022D001** vers le réservoir de condensat de vapeur **029T001** pour éviter la formation de dépôts de sel dans les tubes du condenseur de synthèse pouvant provoquer une corrosion.

- **Condensat de vapeur**

Le réservoir de condensat de vapeur **029T001** collecte le condensat de vapeur dans :

- Le drain continu du ballon de vapeur BP **022D001**,
- Le condensat d'appoint provenant du réservoir d'eau raffinée dans la déminéralisation (unité 090).
- Les collecteurs de condensat provenant des conduites tracées à la vapeur et des conduites à chemise vapeur,
- Le condensat des chauffages **023E002, 023E010, 024E001**.
- Le condensat de la section de granulation (unité 027).

Le collecteur central de condensat de vapeur plonge dans le réservoir de condensat de vapeur. Le condenseur de vapeur **029E002** est installé sur le réservoir de condensat de vapeur. Dans le condenseur, la vapeur détendue par le condensat de vapeur se condense. Le réservoir de condensat de vapeur s'évacue également via le condenseur de vapeur **029E001**. La matière interne se trouvant dans le condensat de vapeur ainsi qu'une certaine quantité de vapeur sont mis à l'atmosphère. Le réservoir de condensat de vapeur est équipé d'un trop-plein en direction des égouts via une cuve d'étanchéité.

Le niveau dans le réservoir de condensat de vapeur **029D001** est régulé en activant l'exportation de condensat de vapeur vers la déminéralisation (unité 090). En cas de niveau de condensat peu élevé dans le réservoir, l'importation d'eau raffinée de l'unité 090 est activée.

La pompe de condensat de vapeur **029P001A/B** achemine le condensat de vapeur vers

- Le ballon de vapeur BP **022D001**.
- Le circuit de distribution du condensat de vapeur.
- Les limites extérieures de l'installation.
- La pompe d'eau de rinçage HP **029P002A/B** si la pompe est en service.
- Les joints des pompes.
- La partie supérieure de l'absorbeur BP **022C001**.

La pompe d'eau de rinçage HP **029P002A/B** est en service pendant le démarrage et l'arrêt de l'installation. Elle est raccordée au circuit d'alimentation d'urgence. La pression de la pompe est régulée à une pression de **170 bars**. Cette pression doit pouvoir rincer les conduites

HP de la section de synthèse. Elle est utilisée pour rincer les conduites d'alimentation de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  et carbamate en direction de la synthèse et les conduites de drainage HP.

## IV. Granulation d'urée système 027

8chémas de procédé N° 027-1,027-2, 027-3 et 027-4.

Dans la section de granulation de l'unité d'urée, la solution d'urée à **96 %** à une température d'environ **133 °C** provenant du séparateur de l'évaporateur **024F001** par la pompe d'alimentation en urée **027P001** qui l'introduit dans le granulater. De l'urée formaldéhyde est ajoutée au flux d'urée comme additif en amont de la pompe. Il est possible de diviser l'apport d'UF en deux points d'injection différents. La plus grande partie, environ **70 %** du débit total, est ajoutée en amont de la pompe d'alimentation en urée, alors que les **30 %** restants peuvent être ajoutés en amont des filtres d'urée. Dans le granulater, un lit fluidisé du produit est généré par le ventilateur de fluidisation de granulation **027K001**. Dans ce lit fluidisé, consistant en de fines granules recyclées, des granules broyées surdimensionnées et de la poussière, la solution d'urée est vaporisée et atomisée par le ventilateur d'atomisation de granulation **027K002** en de fines particules, lesquelles refroidissent les particules d'urée durant la fluidisation. De ce fait, le diamètre de la particule augmente. Dans la dernière partie du granulater, le produit est refroidi par l'air de fluidisation à une température d'environ **94°C**.

À la sortie du granulater, des tamis de sécurité **027H001** sont installés pour éliminer les agglomérats et particules de plus de **10mm** de diamètre du flux de produit. Les agglomérats retires sont collectés dans le réservoir de recyclage **027D004** où ils sont dissouts avec les blocs provenant des tamis vibrants **027S004**. La solution en résultant est recyclée vers la section d'évaporation d'urée. Une fois le tamis de sécurité passé, le produit est refroidi dans le premier refroidisseur **027E003** avec de l'air provenant du ventilateur de fluidisation **027K003** du premier refroidisseur, à une température d'environ **60°C** ; de là, il est transféré par élévateur à godets **027H002** vers le tamis vibrant **027S004**. Le tamis sépare le produit en trois fractions. La fraction de produit surdimensionnée est transférée vers les broyeurs à cylindres **027S006** et de là vers le granulater comme recyclage. Le produit de bonne taille est transféré vers le refroidisseur final **027E007**. La fraction de produit sous-dimensionnée est également recyclée vers le granulater. Le produit dans le refroidisseur final est refroidi jusqu'à une température maximale de **50°C** avec de l'air conditionné et il est transféré ultérieurement pour stockage. Les flux d'airs provenant des refroidisseurs de lit fluidisé et du granulater, et contenant de la poussière d'urée, sont nettoyés dans le laveur refroidisseur

**027C002** (air du refroidisseur) et le laveur granulateur **027C001** (air du granulateur) afin d'éliminer la poussière d'urée. Vu le point de rosée élevé pour lequel l'installation est conçue, l'air du refroidisseur final doit être séché pour empêcher le produit refroidi d'absorber l'humidité de l'air. Pour le refroidissement de l'air, l'ammoniac provenant de l'unité d'ammoniac est évaporé dans un refroidisseur-séparateur **027D005** fonctionnant à une pression minimale d'environ **4,5bars** absolus et une température d'évaporation correspondante de **1-3°C** minimum. Les vapeurs d'ammoniac provenant des séparateurs sont collectées et renvoyées à l'unité d'ammoniac. L'air du dernier refroidisseur traverse un séparateur de gouttelettes et est chauffé pour obtenir de l'air sec et éviter l'augmentation d'humidité dans le produit au cours du refroidissement. Le produit fini refroidi est acheminé vers le convoyeur **027H013** et envoyé au stockage en vrac [31].

## **Chapitre V : Simulation et calcul**

## V. Introduction

Dans ce dernier chapitre On a fait la simulation de notre réel design par le simulateur HYSYS ainsi nous avons fait l'interprétation des résultats obtenus par ce logiciel.

Généralement ce travail est fait pour améliorer le rendement et optimiser la capacité du pool condenseur de production de l'urée afin d'éviter plusieurs problèmes comme nous avons dit précédemment ainsi pour obtenir le taux de l'urée de design en réalité.

### V.1 La simulation de la synthèse d'urée

Nous avons fait la simulation de la boucle de synthèse de production de l'urée à partir les données de design. On utilise dans cette simulation le modèle thermodynamique **SRK** pour comparer entre les résultats du design et le simulateur HYSYS.

### V.2 Les étapes de la simulation

D'abord, on introduit les compositions suivantes (urée, Biuret,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) qui sont les constituions de notre mélange initial, ensuite on fait le choix de modèles thermodynamiques ou autrement dit la création du fluide package. Enfin, l'introduction dans l'espace de simulation.

### V.3 Les équipements utilisés

On utilise dans cette simulation plusieurs équipements qui sont :

#### ➤ Le décompresseur

Est un échangeur de chaleur HP **022E001** à couches minces. Ici, l'effluent du réacteur entre en contact à contre-courant avec le dioxyde de carbone frais.

#### ➤ Le Pool condenseur

Est un échangeur de chaleur de conception spéciale de type tubulaire en U submergé. La plus grande partie du gaz se condense et se transforme en carbamate sous l'effet de l'ammoniac.

#### ➤ Le Réacteur **022R001**

La déshydratation du carbamate en urée et eau se déroule dans le condenseur de synthèse puis dans le réacteur **022R001**.

#### ➤ Laveur HP **022E003**

Contient un échangeur de tube et calandre dans sa partie inférieure et un lit de garnissage dans la partie supérieur.

➤ **Ejecteur 022F001** Est un assemblage mécanique exploitant la dépression créée par l'effet venturi et permettant à l'aide d'un premier fluide pressuré, de comprimer un seconde fluide en les mélangeant.

V.4 La simulation

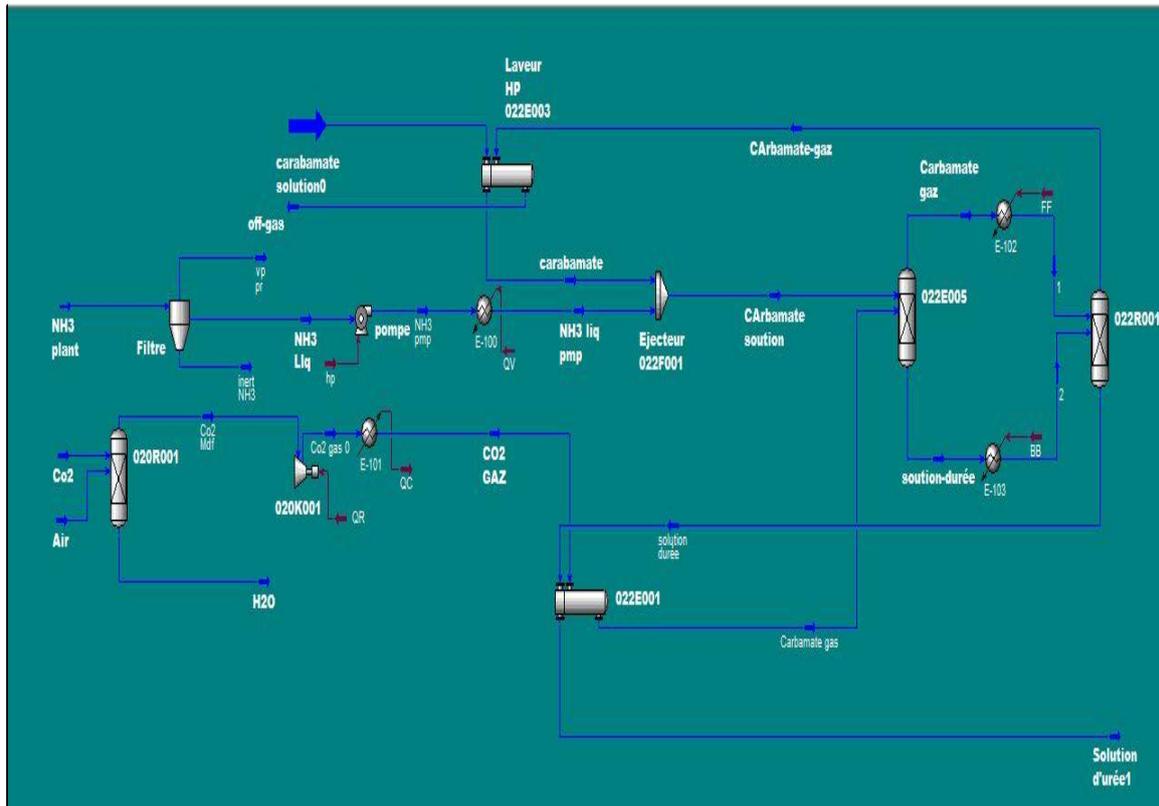


Figure V-1 : La simulation de la synthèse d'urée.

Après l'installation des équipements, on obtient les résultats suivants

Tableau V-1 : Donnée d'entrée et de sortie d'éjecteur 022F001.

Ejecteur 022F001 Design				Ejecteur 022F001 Simulation			
Température		Pression (bar)		Température (°C)		Pression (bar)	
Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
<b>Stream de carbamate</b>							
165	111.8	143.4	146.9	165	164.5	143.4	143.4
<b>Stream NH3 Liq Pmp</b>							
30.5	111.8	163.6	146.9	30.5	164.5	164	143.4

Remarque

D'après le tableau V.1 nous remarquons une croissance de la température dans la sortie d'éjecteur 022F003. La pression ne varie pas elle reste la même que la pression du design.

**Tableau V-2 : Donnée d'entrée et de sortie du pool condenseur 022E005.**

pool condenseur 022E005 Design				pool condenseur 022E005 Simulation			
Température		Pression (bar)		Température (°C)		Pression (bar)	
Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
<b>Stream de carbamate gaz</b>							
188	178.5	146.9	146.9	188	178.5	149.9	146.9
<b>Stream de carbamate solution</b>							
169	178.5	146.9	146.9	169.5	178.5	146.9	146.9

**Remarque**

D'après le **tableau V.2** nous remarquons que tous les résultats sont identiques par rapport aux résultats du design.

**Tableau V-3 : Donnée d'entrée et du Réacteur 022R001**

Réacteur 022R001 Design				Réacteur 022R001 Simulation			
Température		Pression (bar)		Température (°C)		Pression (bar)	
Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
<b>Stream de Carbamate gaz</b>							
178	185.5	146.9	144	178.5	247.7	146.9	146.9
<b>Stream de solution d'urée</b>							
178	185.5	146.9	144	178.5	247.7	146.9	146.9

**Remarque**

D'après le **tableau V.3** nous remarquons une croissance de température dans la sortie du réacteur **022R001** mais elle est différente que la croissance du température du design. La pression ne varie pas elle reste la même que la pression du design.

**Tableau V-4 : Donnée d'entrée et de sortie de Décomposeur 020E001.**

Décomposeur 020E001 Design				Décomposeur 020E001 Simulation			
Température		Pression (bar)		Température (°C)		Pression (bar)	
Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
110	188	146.9	146.9	140	188	146.9	146.9

**Tableau V-5 : Donnée d'entrée et du Laveur HP 022E003.**

Laveur HP 022E003 Design				Laveur HP 022E003 Simulation			
Température		Pression (bar)		Température (°C)		Pression (bar)	
Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
<b>Stream de Carbamate-gaz</b>							
185.5	98.6	144	143.4	247.7	170	143.4	144
<b>Stream de Carbamate solution0</b>							
76.2	165	143.4	143.4	152.8	271	143.4	143.4

**Remarque**

Nous remarquons que la température varie d'une façon décroissante et irrégulière le long du **Laveur HP 022E003**

Le calcul de l'erreur est fait suivant la relation suivant :

$$\text{Erreur} = \frac{(X_i - X_j)}{X_j} * 100$$

Sachant que :

**X<sub>i</sub>** : la composition de chaque composée dans le design.

**X<sub>j</sub>** : la composition de chaque composée dans le simulateur.

**Exemple**

Erreur de composée CO<sub>2</sub> avant le décompresseur :

$$\text{Erreur de composée CO}_2 = \frac{(98.68 - 97.26)}{98.68} * 100 \Rightarrow \text{Erreur} = 1.43$$

**Tableau V-6 :** Représente le dioxyde de carbone avant et après le décompresseur.

Component	% massique pour design		% massique pour simulation		Erreur %	
	Avant	Après	Avant	Après		
Urée	00	00	00	00	00	00
Biuret	00	00	00	00	00	00
CO <sub>2</sub>	98.68	53.75	94.02	52.33	4	2.64
NH <sub>3</sub>	00	41.61	00	40.89	00	1.17
H <sub>2</sub> O	0.12	4.23	0.4	4.32	2.33	2.12
N <sub>2</sub>	0.98	0.33	0.95	0.32	3.06	3.03
O <sub>2</sub>	0.22	0.07	0.216	0.069	1.81	1.42
H <sub>2</sub>	00	00	00	00	00	00
CH <sub>4</sub>	00	00	00	00	00	00

**Tableau V-7 :** Représente carbamate solution avant et après le pool condenseur

Component	% massique pour design		% massique pour simulation		Erreur %	
	Avant	Après	Avant	Après		
Urée	0.03	8.79	0.027	8.51	2.7	3.18
Biuret	00	0.06	00	0.06	00	00
CO <sub>2</sub>	28	27.47	29	27.24	3.57	0.83
NH <sub>3</sub>	52	37.88	50.29	36.44	3.28	3.80
H <sub>2</sub> O	13.85	14.80	13.40	14.22	3.24	3.91
N <sub>2</sub>	0.03	00	0.03	00	00	00
O <sub>2</sub>	00	00	00	00	00	00
H <sub>2</sub>	00	00	00	00	00	00
CH <sub>4</sub>	0.04	00	0.04	00	00	00

- La formation d'une quantité insuffisante d'urée
- Semi conversion du NH<sub>3</sub>

**Tableau V-8** : Représente le carbamate gaz et la solution d'urée avant et après le Réacteur 022R001.

Component	% massique pour design		% massique pour simulation		Erreur %	
	Avant	Après	Avant	Après		
Urée	00	00	00	00	00	00
Biuret	00	00	00	00	00	00
CO <sub>2</sub>	40.22	42.74	39.52	40.86	1.74	4.39
NH <sub>3</sub>	54.62	49.28	52.22	48.88	4.39	0.81
H <sub>2</sub> O	3.43	4.37	3.33	4.29	2.91	0.41
N <sub>2</sub>	1.41	2.80	1.30	2.60	7.80	3.57
O <sub>2</sub>	0.30	0.59	0.3	0.55	00	4.17
H <sub>2</sub>	00	00	00	00	00	00
CH <sub>4</sub>	0.11	0.21	0.1	0.2	9.09	4.76

Component	% massique pour design		% massique pour simulation		Erreur %	
	Avant	Après	Avant	Après		
Urée	8.79	30.40	8.51	29.16	3.18	4.07
Biuret	0.06	0.1	0.06	0.1	00	00
CO <sub>2</sub>	27.47	15.11	27.24	14.4	0.83	4.69
NH <sub>3</sub>	37.88	28	36.44	27.55	3.80	1.6
H <sub>2</sub> O	14.80	17.38	14.22	17.75	3.91	2.12
N <sub>2</sub>	00	00	00	00	00	00
O <sub>2</sub>	00	00	00	00	00	00
H <sub>2</sub>	00	00	00	00	00	00
CH <sub>4</sub>	00	00	00	00	00	00

- Une quantité d'urée peut suffisante sorte dans la partie inferieur du réacteur 022R001.

**Tableau V-9** : Représente le carbamate gaz et le carbamate solution avant et après Laveur **HP 022E003**.

Component	% massique pour design		% massique pour simulation		Erreur %	
	Avant	Après	Avant	Après		
Urée	00	00	00	00	00	00
Biuret	00	00	00	00	00	00
CO <sub>2</sub>	42.74	12.12	40.86	11.98	4.39	1.15
NH <sub>3</sub>	49.28	2.51	48.88	2.43	0.81	3.18
H <sub>2</sub> O	4.37	0.24	4.29	0.23	2.74	4.16
N <sub>2</sub>	2.80	66.81	2.60	68.9	3.57	3.12
O <sub>2</sub>	0.59	14.17	0.55	14.22	3.38	0.35
H <sub>2</sub>	00	0.15	00	0.15	00	00
CH <sub>4</sub>	0.21	5	0.2	5	4.76	4.7

Component	% massique pour design		% massique pour simulation		Erreur %	
	Avant	Après	Avant	Après		
Urée	0.07	30.4	0.07	29.58	00	2.69
Biuret	00	0.1	00	0.11	00	00
CO <sub>2</sub>	37.82	15.11	37.82	15	00	0.72
NH <sub>3</sub>	30.03	28	30.03	28	00	00
H <sub>2</sub> O	32.03	17.38	32.03	18	00	3.56
N <sub>2</sub>	00	00	00	00	00	00
O <sub>2</sub>	00	00	00	00	00	00
H <sub>2</sub>	00	00	00	00	00	00
CH <sub>4</sub>	00	00	00	00	00	00

### V.5 Résultat

D'après les résultats obtenus, l'erreur obtenue pour tous les % massiques des composées est inférieure à 5 %, ce qui signifie que le modèle thermodynamique peut se rapproche du cas design.

### V.6 Interprétation

Le fait que les températures et les débits utilisés dans l'unité sont oscillatoires aux valeurs design, il se manifeste une instabilité générale durant l'exploitation de cette unité, cette instabilité nous oblige à trouver une solution définitive et fiable pour contrôler cette situation critique.

Après avoir vérifié la conformité de notre simulation, on a trouvé que :

- **Le profil de température** est instable dans le laveur **022E003**.

- **Le stripper** fonctionne d'une façon normale, mais le taux d'urée est inférieur aux taux recommandés par le design.
- **Le laveur HP** est un équipement qui joue un rôle important dans la boucle de synthèse qui sert à récupérer le maximum des gaz non convertis, ce qui va augmenter le rapport stœchiométrique des réactifs **de 2/1 jusqu'à 3/1**.
- À certaines concertations **dihydrogène**, les gaz peuvent former un mélange explosif pour éviter ce dernier, ils ont installé le réacteur catalytique d'hydrogène.

# **Conclusion générale**

## Conclusion générale

SORFERT, complexe de production de fertilisants, est l'une des grandes usines productrices et exportatrices de l'ammoniac et de l'urée dans le monde. Cependant, les procédés de ces unités nécessitent un suivi et un contrôle permanent pour assurer un meilleur rendement et une longue durée de vie.

L'urée est hydrolysée en ammoniac et en dioxyde de carbone dans le sol. On peut la trouver à titre granulé, flacons, cristaux et solutions, leur production se déroule par deux principales réactions.

La simulation des équipements est l'un des travaux de base pour l'étude de toute usine de traitement chimique. HYSYS est un outil efficace pour la conception d'un système industrielle.

Ce travail est inscrit dans le cadre d'une étude technique pour amélioration et vérification des performances de l'unité de production d'urée au niveau du complexe **SORFERT**. Nous avons abordé un aspect fondamental de procédé de fabrication de l'urée ainsi des notions fondamentales sur leur propriété et leur équipement de production.

Pour cela, on a essayé de mettre l'accent sur les relations qui gouvernent le fonctionnement des équipements et des systèmes réactionnels, d'une réaction exothermique et l'autre endothermique, où l'on s'affranchit de toutes influences des phénomènes de transfert de matières et de chaleur.

D'après les résultats obtenus, l'erreur obtenue pour tous les pourcentages massiques des composées est inférieure à 5 %, ce qui signifie que le modèle thermodynamique peut se rapprocher du cas design.

En fonction des résultats obtenus et pour résoudre le problème rencontré, nous proposons les recommandations suivantes :

- Élimination des impuretés typiques de la production qui sont le biuret et l'acide isocyanique.
- L'installation des pulvérisateurs au niveau de **laveur** est une obligation pour assurer la formation du carbamate solution.
- La maintenance préventive des équipements afin d'éviter toutes les pertes.
- Nettoyer **les deux réacteurs (022E005, 022R001)** pour mettre une meilleure conversion du dioxyde de carbone avec l'ammoniac pour l'obtention d'une quantité d'urée suffisante à l'aide des températures et pression favorable

# **Référence bibliographique**

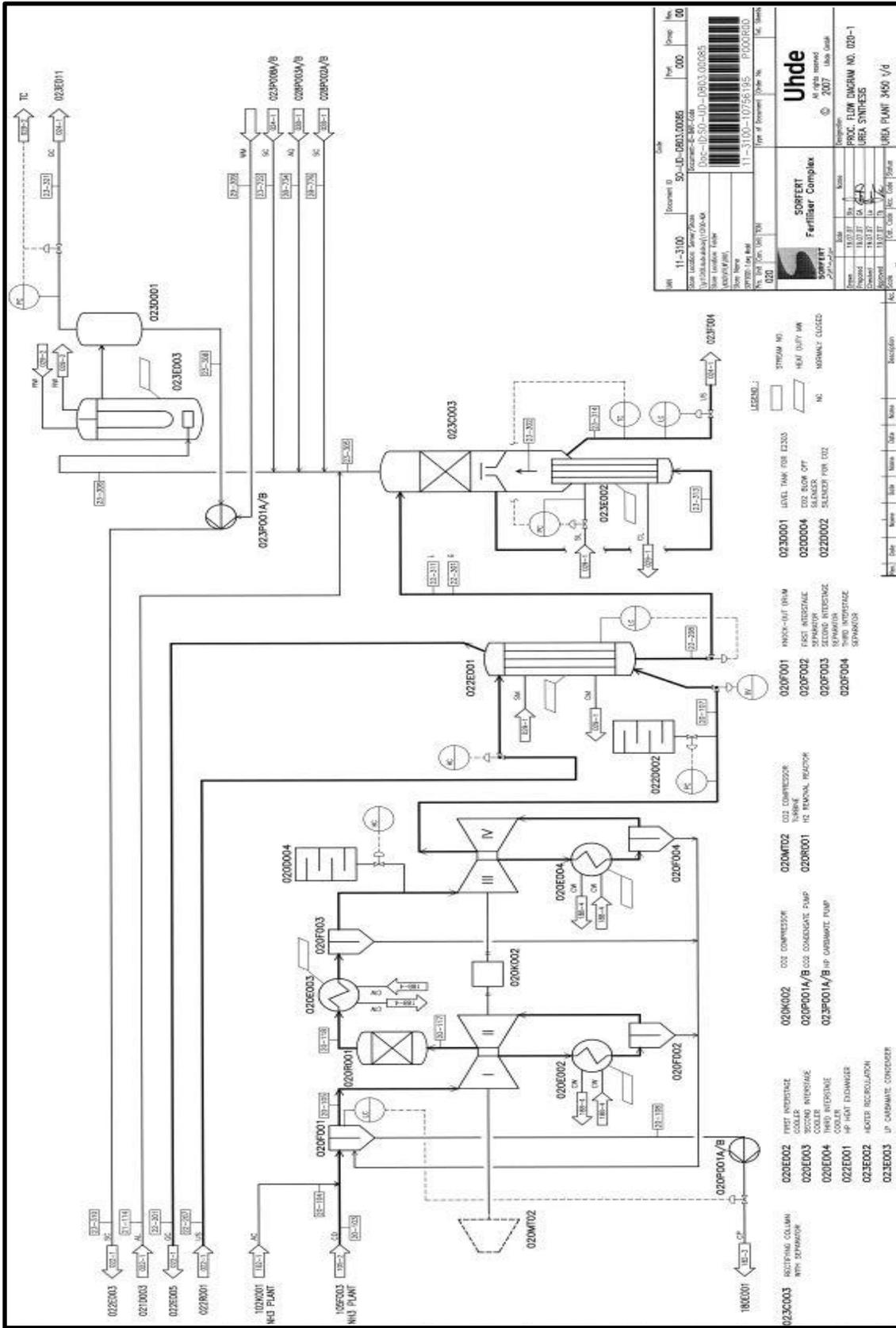
- [1] Chahinez. SEBBANE et Ahlam. SOLTANE BENALLOU, « MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE », Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, Mostaganem, 2019.
- [2] M. K, « Manuel de formation présentation générale du complexe », SO/000/2014/Fr, 19-juil-14.
- [3] M. A. Hama et A. Bennouna, « ETUDE DE PERFORMANCE DE L'UNITE DE CONVERSION DE CO AU COMPLEXE PETROCHIMIE SORFERT », juin 2019, Consulté le: nov. 13, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <http://e-biblio.univ-mosta.dz/handle/123456789/11434>.
- [4] C. Benchaa et A. Khelalfa, « Étude de l'efficacité du réacteur de déshydrogénation pour l'élimination du risque d'explosion au niveau de l'unité de synthèse de l'urée -Sorfert-. », juill. 2019, Consulté le: nov. 13, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <http://e-biblio.univ-mosta.dz/handle/123456789/11481>.
- [5] K. Ouldkhettab et D. Radjah, « Contrôle et le suivi des effluents liquides industriels au niveau du complexe SORFERT », sept. 2019, Consulté le: nov. 13, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <http://e-biblio.univ-mosta.dz/handle/123456789/13637>.
- [6] N. Radjah, « Etude du laveur 022E003 de la boucle de synthèse de l'urée au niveau du complexe Sorfert d'Arzew », juill. 2019, Consulté le: nov. 13, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <http://e-biblio.univ-mosta.dz/handle/123456789/13613>.
- [7] A. R. Merz et B. E. Brown, *Production and Fertilizer Use of Urea*. U.S. Department of Agriculture, 1943.
- [8] B. KUMAR et C. D. PRATAP, « Manufacture of Urea - Chemical Engineering - NITR », *StuDocu*, 2007. <https://www.studocu.com/in/document/national-institute-of-technology->

- rourkela/chemical-engineering/practical/manufacture-of-urea/7742113/view (consulté le nov. 13, 2020).
- [9] P. Baboo, M. Brouwer, J. Eijkenboom, M. Mohammadian, G. Notten, et G. Prakash, « “The Comparison of Stamicarbon and Saipem Urea Technology” », oct. 2016.
- [10] P. Baboo, « Urea Product Quality », *Int. J. Eng. Res.*, vol. V7, avr. 2018, doi: 10.17577/IJERTV7IS040118.
- [11] A. Juki, « Petroleum Refining and Petrochemical Processes », p. 18.
- [12] H. Nipuna, « Urea Production and Manufacturing Process and Uses », *Chemistry school*.  
<https://www.chemistryscl.com/advancedlevel/industry/urea/main.html>  
(consulté le nov. 13, 2020).
- [13] R. devi anggraini, « Urea Plant | Urea | Ammonia », *Scribd*, août 14, 2010.  
<https://www.scribd.com/doc/45568374/Urea-6> (consulté le nov. 13, 2020).
- [14] K. Dr. C. M. et C. J. C., « (PDF) Ammonia and Urea Production | hardik soni - Academia.edu ». [https://www.academia.edu/18248189/Ammonia\\_and\\_Urea\\_Production](https://www.academia.edu/18248189/Ammonia_and_Urea_Production)  
(consulté le nov. 13, 2020).
- [15] A. O. Gezerman, « Best Available Techniques in the Fertilizer Production Industry: A Review », *Eur. J. Chem.*, vol. 7, mars 2016, doi: 10.5155/eurjchem.7.2.243-247.1411.
- [16] I. Montalvo, « UREA PROJECT REPORT PREPARED BY », Consulté le: nov. 13, 2020. [En ligne]. Disponible sur: [https://www.academia.edu/13288140/UREA\\_PROJECT\\_REPORT\\_PREPARED\\_BY](https://www.academia.edu/13288140/UREA_PROJECT_REPORT_PREPARED_BY).
- [17] C. Luis, « Urea », *Scribd*. <https://www.scribd.com/doc/35250203/Urea>  
(consulté le nov. 13, 2020).
- [18] S. Stoianovici, « UREEA.2003 », *pdfslide.tips*, mai 2012.  
<https://pdfslide.tips/documents/ureea2003.html> (consulté le nov. 13, 2020).

- [19] G. Pascal, « Urée technique », *Yara France*, avr. 30, 2018. <https://www.yara.fr/solutions-chimiques-et-environnementales/produits-chimiques/uree-technique/> (consulté le nov. 13, 2020).
- [20] « partie-1.pdf ». Consulté le: nov. 13, 2020. [En ligne]. Disponible sur: [https://e-learning.univ-saida.dz/moodle/pluginfile.php/28773/mod\\_resource/content/1/partie-1.pdf](https://e-learning.univ-saida.dz/moodle/pluginfile.php/28773/mod_resource/content/1/partie-1.pdf).
- [21] F. Mansouri, « REDIMENSIONNEMENT D'UNE COLONNE DE DISTILLATION D'UNE UNITE DE LA ZONE INDUSTRIELLE D'ARZEW SONATRACH (ENIP) », Thesis, A.FEDDAG, 2011.
- [22] J. D. Seader, W. D. Seider, et A. C. Pauls, *Flowtran simulation - an introduction*, 2nd ed. Cambridge, Massachusetts : CACHE, 1977., 1977.
- [23] houssem eddine chikhi et abd erachide kebbabi, « Analyse Energétique de l'Unité Reforming Catalytique de la Raffinerie d' Alger », p. 62, 2017.
- [24] S. MEROUANI, « Simulateurs de Procédés | Modèle mathématique | Transfert thermique », *Scribd*, p. 61, 2014.
- [25] « TPAspen\_complet.pdf ». Consulté le: nov. 14, 2020. [En ligne]. Disponible sur: [https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/144857/1/TPAspen\\_complet.pdf](https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/144857/1/TPAspen_complet.pdf).
- [26] J. Haydary, *Chemical Process Design and Simulation: Aspen Plus and Aspen Hysys Applications*. John Wiley & Sons, 2019.
- [27] M. K. A. Hamid, *Aspen HYSYS: An Introduction to Chemical Engineering Simulation: For Chemical Engineering Undergraduate Students*. Lap Lambert Academic Publishing GmbH KG, 2013.
- [28] S. Mondal, M. F. Uddin, S. Majumder, et J. Pokhrel, « HYSYS Simulation of Chemical Process Equipments », sept. 2015. doi: 10.13140/RG.2.1.4186.9289.
- [29] « HYSYS Operations Guide », p. 1527, 2005 2004.

- [30] R. Gani et E. N. Pistikopoulos, « Property modelling and simulation for product and process design », *Fluid Phase Equilibria*, vol. 194-197, p. 43-59, mars 2002, doi: 10.1016/S0378-3812(01)00680-X.
- [31] B. O, « Manuel de formation présentation générale spécifique unité d'urée », sorfert, UrGS/004/2014/Fr, 15-Dec-14.

**ANNEXE**



Job No	11-3100	Account ID	50-UD-0811.00265	Part	000	Page	10
Job Name	Urea Plant 450 Vd	Account Name	Urea Plant 450 Vd	Job No	11-3100-10756195	Proc No	000000
Job Description	Urea Plant 450 Vd	Account Description	Urea Plant 450 Vd	Job Date	2007	Proc Date	
Job Status	Open	Account Status	Open	Job Status	Open	Proc Status	
Job Type	Process	Account Type	Process	Job Type	Process	Proc Type	
Job Category	Process	Account Category	Process	Job Category	Process	Proc Category	
Job Sub-Category	Process	Account Sub-Category	Process	Job Sub-Category	Process	Proc Sub-Category	
Job Sub-Code	Process	Account Sub-Code	Process	Job Sub-Code	Process	Proc Sub-Code	
Job Sub-Code 2	Process	Account Sub-Code 2	Process	Job Sub-Code 2	Process	Proc Sub-Code 2	
Job Sub-Code 3	Process	Account Sub-Code 3	Process	Job Sub-Code 3	Process	Proc Sub-Code 3	
Job Sub-Code 4	Process	Account Sub-Code 4	Process	Job Sub-Code 4	Process	Proc Sub-Code 4	
Job Sub-Code 5	Process	Account Sub-Code 5	Process	Job Sub-Code 5	Process	Proc Sub-Code 5	
Job Sub-Code 6	Process	Account Sub-Code 6	Process	Job Sub-Code 6	Process	Proc Sub-Code 6	
Job Sub-Code 7	Process	Account Sub-Code 7	Process	Job Sub-Code 7	Process	Proc Sub-Code 7	
Job Sub-Code 8	Process	Account Sub-Code 8	Process	Job Sub-Code 8	Process	Proc Sub-Code 8	
Job Sub-Code 9	Process	Account Sub-Code 9	Process	Job Sub-Code 9	Process	Proc Sub-Code 9	
Job Sub-Code 10	Process	Account Sub-Code 10	Process	Job Sub-Code 10	Process	Proc Sub-Code 10	

**Ureide**

0230001 LEVEL TANK FOR EX330  
 0230004 TDS BLOCK OFF  
 0220002 SILENCER FOR CO2

020F001 FIRST INTERSTAGE COOLER  
 020F002 SECOND INTERSTAGE COOLER  
 020F003 THIRD INTERSTAGE COOLER  
 020F004 SEPARATOR

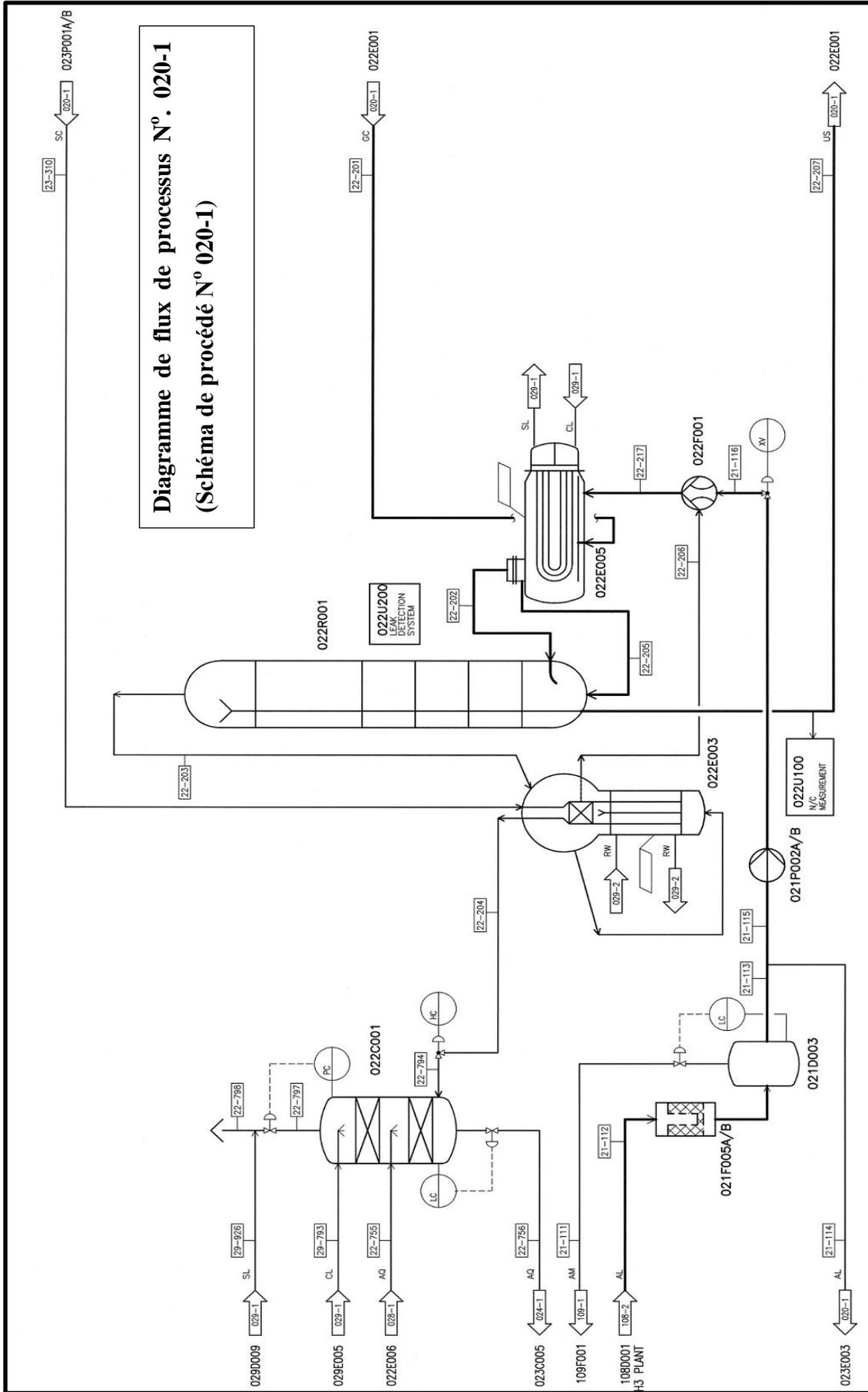
020K002 CO2 COMPRESSOR  
 020R001 HP GAS/WATER PUMP  
 020R002 HP GAS/WATER PUMP

020E001 REBOILER  
 020E002 REBOILER  
 020E003 REBOILER  
 020E004 REBOILER

020C001 CONDENSER  
 020C002 CONDENSER  
 020C003 CONDENSER

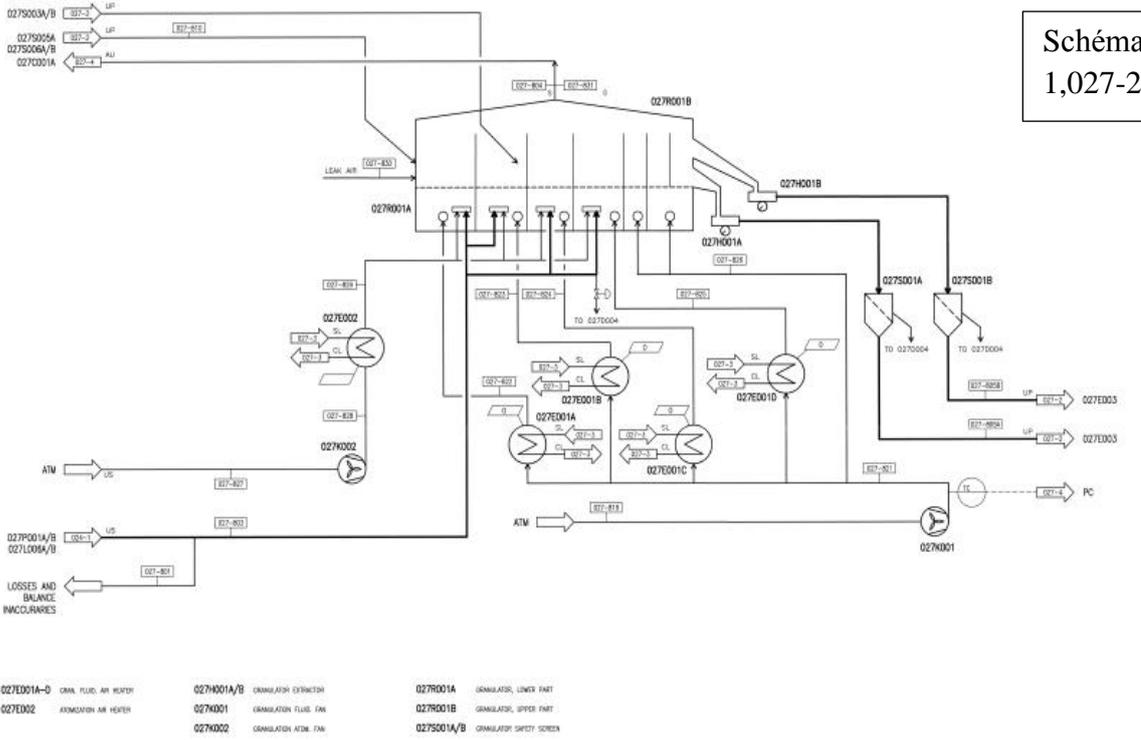
020P001 HP GAS/WATER PUMP  
 020P002 HP GAS/WATER PUMP  
 020P003 HP GAS/WATER PUMP  
 020P004 HP GAS/WATER PUMP

020W001 NH3 PLANT  
 020W002 NH3 PLANT





Schémas de procédé N° 027-1,027-2

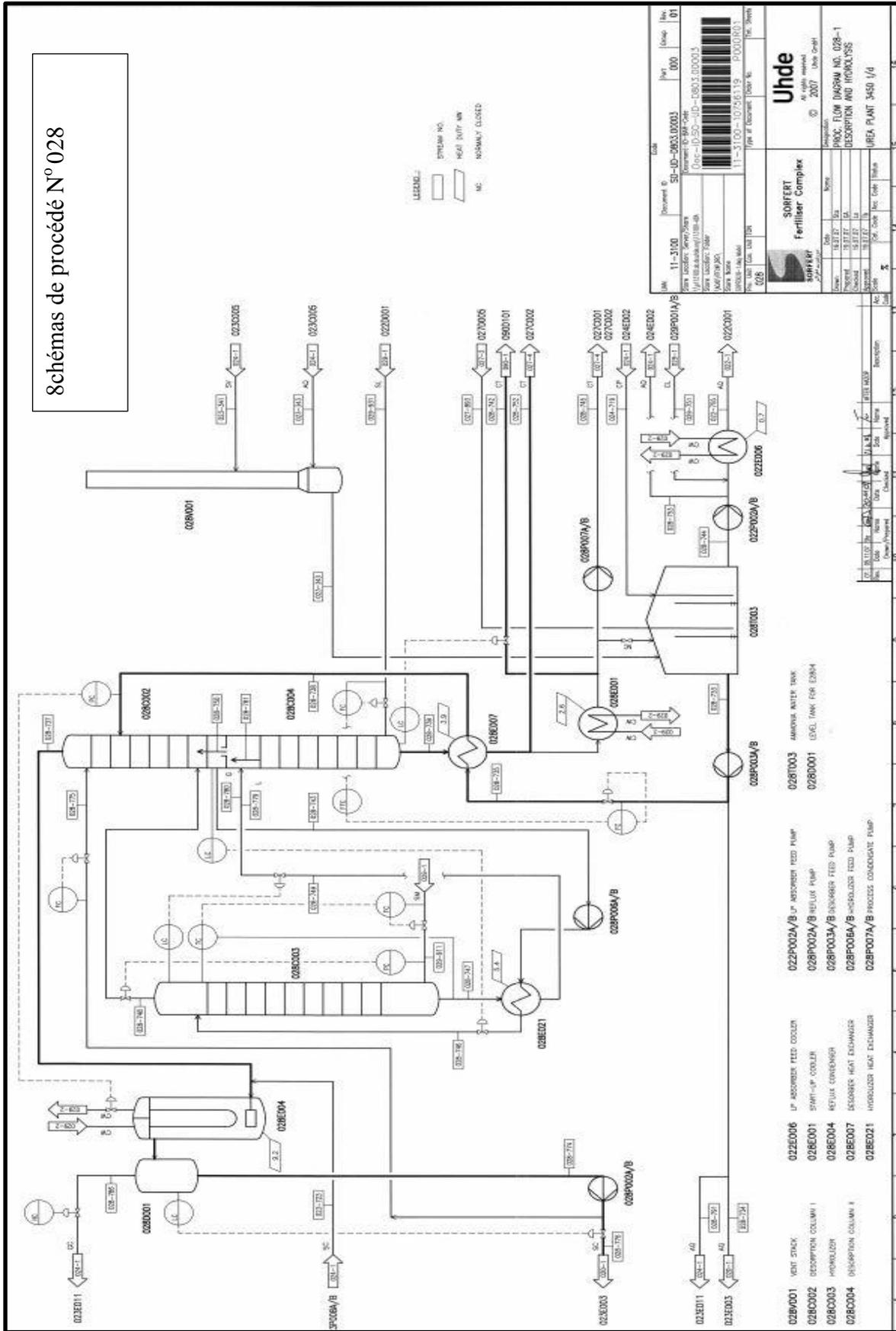


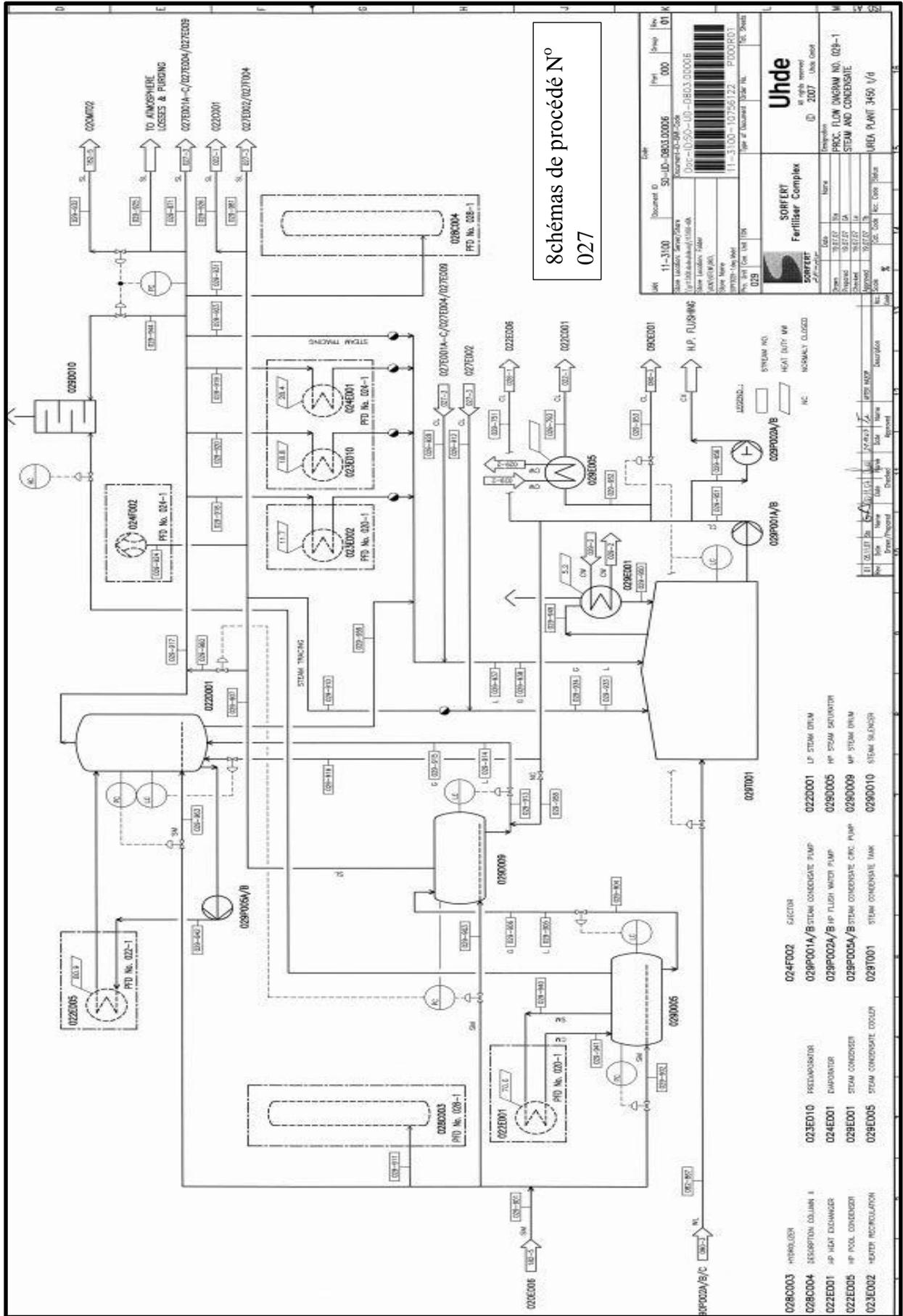
LEGEND:  
 [Symbol] STREAM NO.  
 [Symbol] HEAT DUTY MW  
 [Symbol] NC NORMALLY CLOSED

- 027E001-A GRAN. FLUID AIR HEATER
- 027E002 FROZEN AIR HEATER
- 027H001A/B GRANULATOR EXTRACTOR
- 027K001 GRANULATOR FLUID FAN
- 027K002 GRANULATOR ATM FAN
- 027R001A GRANULATOR LOWER FEED
- 027R001B GRANULATOR UPPER FEED
- 027S001A/B GRANULATOR SAFETY SCREEN

U#	11-3100	Document ID	SO-UD-0803.00004	Part	000	Sheet	00
Store Location	Service/Store	Document ID-BRM-Code	11-3100-UD-0803.00004				
Store Location Folder	11-3100-UD-0803.00004						
Store Name	11-3100-10756120						
Proc. Flow No.	11-3100-10756120						
Proc. Flow Name	POODR00						
Doc. No.	027						
Doc. Title	027						
Doc. Type	027						
Doc. Status	027						
Doc. Date	027						
Doc. Author	027						
Doc. Checker	027						
Doc. Approver	027						
Doc. Date	027						
Doc. Name	027						
Doc. Title	027						
Doc. Description	027						
Doc. Code	027						
Doc. Status	027						
Doc. Date	027						
Doc. Name	027						
Doc. Title	027						
Doc. Description	027						
Doc. Code	027						
Doc. Status	027						
Doc. Date	027						
Doc. Name	027						
Doc. Title	027						
Doc. Description	027						
Doc. Code	027						
Doc. Status	027						
Doc. Date	027						
Doc. Name	027						
Doc. Title	027						
Doc. Description	027						
Doc. Code	027						
Doc. Status	027						
Doc. Date	027						
Doc. Name	027						
Doc. Title	027						
Doc. Description	027						
Doc. Code	027						
Doc. Status	027						
Doc. Date	027						
Doc. Name	027						
Doc. Title	027						
Doc. Description	027						
Doc. Code	027						
Doc. Status	027						
Doc. Date	027						
Doc. Name	027						
Doc. Title	027						
Doc. Description	027						
Doc. Code	027						
Doc. Status	027						
Doc. Date	027						
Doc. Name	027						
Doc. Title	027						
Doc. Description	027						
Doc. Code	027						
Doc. Status	027						
Doc. Date	027						

8 schémas de procédé N° 028





Document ID: 11-3100  
 Project ID: 0803.00006  
 Revision: 000  
 Date: 01/01/2020  
 Drawn: 02/07/2020  
 Checked: 02/07/2020  
 Approved: 02/07/2020

Procédure: 11-3100-10756122 - P000001  
 Type of Document: PROC. PLAN

**Udde**  
 SORFERT Fertiliser Complex  
 ID: 2007  
 Proc. Flow Diagram No. 028-1  
 Steam and Condensate  
 UREA PLANT 3450 V/4