

Populaire et démocratique algérienne République

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université–AinTémouchent-Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département de Science de la Matière



Projet de Find'Etudes

Dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275

«Un diplôme, une startup/microentreprise ou brevet d'invention»

Pour l'obtention du diplôme de Licence/Master Filière

: Chimie

Spécialité: Chimie Macromoléculaire

**Etude et Maîtrise du risque d'explosion au niveau de l'unité de
synthèse de l'urée**

Présenté Par:

1/Hadj Abdrahmane Youssouf	M2	SM
2/Hadef Moubarek	M2	SM
3/El Bouslamti AHMED.	M2	SM

Devant le jury composé de:

Mr Belarbi Lahcen	Pr	U. Ain Témouchent	Président
Mr Bousalem Smain	Pr	U. Ain Témouchent	Examinateur
Mme KIBOU Zahira	Pr	U. Ain Témouchent	Encadrant(e)
Mme Bailiche Zohra	Pr	U. Ain Témouchent	Co-Encadrant(e)
Mme Gharbi Sabah	Dr	U. Ain Témouchent	Représentant de l'incubateur
Mr Kerroumi Karim		SORFERT-Oran	Partenaires socioéconomique
Mme Si Bouazza Imane	Dr	U. Ain Témouchent	Représentant du CATI

Dédicace

C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que je dédie ce modeste travail de fin d'études à ma mère et ma femme qui ont sacrifié leurs vies pour ma réussite et m'ont éclairé le chemin par leurs conseils judicieux.

J'espère qu'un jour je pourrai leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, que dieu leur prête bonheur et longue vie.

A mon frère et ma sœur, à mes enfants.

A mes chères collègues de travail.

Hadj Abderrahman youcef

Dédicace

Jedédiecemémoireàmamèreetmafemme,quim'ontsoutenuedemanièreinconditionnelle toutaulongdeceparcoursacadémique.Leuramour,leurpatienceetleursencouragements ontétéunesourceinestimabledemotivation.Amafamille,quiatoujoursruenmoietm'a donné la force de persévérer, même dans les moments les plus difficiles.

Àmesamis,pourleursoutienmoraletleurcompréhensiondurantcettepériodeexigeante.

HadeF Moubarek

Dédicace

AmontrèscherpèreAllahyaramahTuastoujoursétéames côtés

pour me soutenir et m'encourager.

Quecetravailtraduitmagratitudeetmonaffection

AmachèreMamanettrèschersfrèresetsœurs

AmesAngeFatimaAlaetHibaettoiaussi

Allahvousdonneraitsanté,bonheur,courageetsurtoutla

Réussite

Atouslesprofesseursdel'universitéBelhadjBouchaib

département SM

mercipourvosefforts.

ELBOUSLEMTIAHMED

Remerciements

En premier lieu, nous exprimons notre gratitude envers Allah, le Tout-puissant, pour nous avoir accordé la santé, la force, la patience et la capacité de mener à bien ce travail.

*Nous remercions, nos encadrentes **Pr KIBOU Zahira** et **Pr Bailiche Zohra**, pour leurs compétences scientifiques, pour leurs patiences, leurs disponibilités et surtout leurs judicieux conseils, pour mener à bien ce travail.*

*Nous adressons nos respectueux remerciements pour **Pr Belarbi Lahcen** notre Doyen de la faculté des sciences et technologie à l'université d'Ain Témouchent pour l'acceptation de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous remercions **Pr Bousalem Smain**, directeur de laboratoire de Chimie Appliqué à l'Université Belhadj Bouchaib, pour avoir fait l'honneur d'examiner de ce travail.*

*Nous exprimons notre profonde gratitude pour **Dr Gharbi Sabah** pour avoir fait l'honneur d'examiner ce travail comme représentant de l'incubateur de notre l'université.*

*Nos remerciements vont aussi au **Dr Sibouazza Imane** responsable de C.A.T.I à l'université d'Ain Témouchent pour avoir fait l'honneur par sa présence dans le jury.*

*Nous adressons nos remerciements pour **Mr Karroumi Karim** comme partenaire socioéconomique pour sa présence dans ce jury.*

*Nous remercions vivement **Mr Tijini Benamer** pour son suivi dans notre travail pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.*

Afin de ne pas oublier personne et de ne pas oublier tous les professeurs, nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui ont aidé à réaliser ce travail de près ou de loin et qui ont publié tout ce qu'ils ont nos efforts pour assurer notre formation.

Sommaire

Introduction générale	3
Chapitre I: Présentation du complexe Sorfert	4
1. Historique et situation géométrique	4
2. Situation géographique du complexe	4
3. Matière première et produit fini	5
4. Les principales zones du complexe	6
Zone utilité	6
Zone procès	7
5. Laboratoire	8
Chapitre II: Généralités sur la production de l'ammoniac et l'urée	9
1. Unité d'ammoniac	9
2. Description du procédé	9
Extraction de l'hélium et du mercure	9
Compression et désulfuration du gaz naturel	10
Reforming, récupération de chaleur et compression de l'air de procédé	10
Conversion du monoxyde de carbone	11
Extraction du dioxyde de carbone	11
Méthanation	12
Compression de synthèse	12
Synthèse de l'ammoniac	12
Réfrigération de l'ammoniac	13
Récupération de l'ammoniac	13
Récupération de l'hydrogène	13

3. Description du procédé de l'unité de production de l'urée.....	14
Compression du CO ₂ Système 020	14
Pompage du NH ₃ système 021.....	14
Synthèse de l'urée système 022	14
L'évaporation système 024.....	16
La recirculation système 023.....	16
6. La granulation système 027.....	17
Désorption & hydrolyse système 028.....	18
Vapeur et condensat système 029.....	19
Chapitre III: Etude Pratique	20
1. Problématique.....	20
2. Description détaillée du procédé d'absorption de l'unité 105	20
3. Absorption chimique de l'aMDEA	21
Méthyldiéthanolamine active pure	21
Méthyldiéthanolamine active solution 40%	21
Mécanisme d'absorption chimique de l'aMDEA.....	23
Évaluation de la solution MDEA dans les applications industrielles	25
4. Simulation de l'unité de décarbonatation.....	29
Logiciels de simulation des procédés	30
Définition de la simulation.....	30
Présentation du logiciel Aspen HYSYS	30
Utilisation du simulateur	31

La colonne d'absorption 105C001.....	33
La colonne de régénération HP flash Vessel 105C002.....	36
La colonne de régénération LP flash Vessel 105C003	37
La régénération du solvant riche à base de MDEA	38
Composition des sorties liquides de C002.....	38
Composition des sorties gaz de C003	39
5. Modification de la conception	39
6. Etude des échantillons à différentes températures.....	41
Conclusion Générale	44
Références Bibliographique	45

Annexe: Modèle BMC

Abréviations

Liste des abréviations

SORFERT: Sonatrach Orascom Fertiliser

RTO : région de transport ouest

PFD : process flow Diagram

MDEA: Méthyle di-Ethanol Amine

aMDEA: Méthyle di-ethanolamine activé

PZ: Pipérazine

BFW: boiler feedwater (L'eau d'alimentation de chaudière)

HP : Haute Pression

HT: Haute température

E : Echangeur

B: Four

C: Colonne

F: Séparateur

ppm: Partie par million

MW: Méga Watt

R: Rendement

P: Masse volumique (kg/m³)

CP: Chaleur massique à pression constante (J/kg)

T: Température (°C)

U: Coefficient de transfert de chaleur (W/m².K)

V: Vitesse (m/s)

S : Surface (m²)

L: Longueur (m)

di: Diamètre intérieur des tubes (m)

bar: unité de pression

BASF: Badener Anilin- und Soda-Fabrik (société de production chimique)

Introduction Générale

Introduction générale:

L'Algérie a mis en œuvre une stratégie de développement visant à renforcer la collaboration entre l'industrie et l'agriculture, en construisant des usines de production d'engrais grâce à sa richesse en gaz naturel.

Au cours des dix dernières années, les techniques de production d'engrais à base d'ammoniac ont peu évolué, les améliorations visant principalement à optimiser l'efficacité énergétique et à augmenter la production d'ammoniac. Par son tonnage produit dans le monde, l'ammoniac (NH_3) est l'un des plus importants produits chimiques de synthèse et se situe au deuxième rang derrière l'acide sulfurique. Quelques 87% de la production d'ammoniac sont utilisés pour la fertilisation des sols (Urée) et, de ce fait, la consommation d'ammoniac devrait suivre la croissance de la population de la planète.

Le complexe de production d'ammoniac et d'urée SORFERT, situé à Arzew (Oran) et issu d'un partenariat algéro-égyptien, a généré près de 500 millions de dollars de recettes depuis sa mise en service en août 2013. Ils agissent l'un des principaux exportateurs mondiaux d'ammoniac et d'urée. Cette usine utilise le gaz naturel de Hassi-R'mel, l'eau de mer et l'air atmosphérique comme matières premières pour la production d'ammoniac et d'urée dans des conditions et des paramètres industriels appropriés.

Pour un environnement meilleur, moins pollué, le complexe a pensé la récupération des eaux de procédé par installation d'un système de traitement des condensats de procédé appelé système de «stripping». Ce système englobe deux domaines: par environnement (dépollution), également l'aspect technico-économique (coût acceptable vis-à-vis de celui d'un distillateur). Donc rien n'est perdu dans **SORFERT**...

L'urée produite sous forme granulée qui facilite l'écoulement libre dans l'agriculture doit répondre à certaines exigences commerciales, c'est un engrais azoté concentré qui contient 46% d'azote, de plus il est le moins cher des engrais azotés et le plus facile à transporter, ce qui le rend disponible dans les pays en voie de développement.

On utilise également l'urée pour la fabrication des matières plastiques, des peintures, des produits cosmétiques, en médecine et aussi en tant que réducteur dans les réductions catalytiques et non catalytiques de combustion de NOX dans les véhicules.

Vu le rôle primordial qu'il joue récemment dans l'économie du pays, le complexe industriel Sorfert Fertiliser d'Arzew est parmi les plus importantes réalisations industrielles de la chaîne

De transformation des hydrocarbures en Algérie, il a été conçu pour synthétiser de l'ammoniac liquide et produire de l'urée engrais en utilisant le procédé Allemand Thyssen Krupp UHDE.

Parmi les différentes zones du complexe, on distingue la zone de production qui se compose de 02 unités de production de l'ammoniac et une unité de production d'urées. 20% de la production de l'ammoniac est envoyée vers l'expédition et 80% est utilisée en tant que matière première avec le dioxyde de carbone pour fabriquer l'urée granulé.

Notre mémoire de fin d'études a été réalisé au niveau de l'unité d'urée à Arzew, l'objectif de notre travail consiste à : "**Étude et Maitrise du risque d'explosion au niveau de l'unité de synthèse de l'urée**".

Chapitre 1 : Présentation du complexe

SORFERT

1. Historique et situation géométrique:

Le site industriel SORFERT, spécialisé dans la production d'ammoniac et d'urée, est situé dans la zone industrielle d'Arzew, à proximité d'Oran. Il s'agit d'une coentreprise entre la société algérienne SONATRACH, qui détient 49% des parts, et la société égyptienne ORASCOM Construction Industries, qui en détient 51%.

SORFERT a été créé le 19 mars 2007. 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 [1].

Ce complexe est alimenté par le gaz naturel à hauteur de 2 milliards de mètres cubes par an. Il est composé de trois unités : deux pour la production d'ammoniac, et un troisième exclusivement consacré à la production d'urée. La moitié de cette production sera destinée au marché international. Ce complexe serait le plus important dans toute l'Afrique et le Moyen-Orient. Pratiquement, il se classe à la troisième position parmi les producteurs mondiaux d'engrais azoté.

Tableau I.1. Fiche technique du complexe [1]

Localisation	Zone industrielle d'Arzew
Superficie	37 hectares
Partenaires	Orascom 51%, Sonatrach 49%
Date de création	10 JUIN 2007
Date de démarrage	Décembre 2011
Procédé	Thyssen Krupp UHDE
Capacité de production	Ammoniac 2200t/j, Urée 3450t/j

2. Situation géographique du complexe

Le complexe SORFERT est situé dans 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, il couvre une superficie de 37 hectares et se compose notamment de plusieurs zones.



Figure I.1. Situation géographique du complexe

3. Matières premières et produits finis

➤ Les matières premières nécessaires au Complexe :

- ✓ Le Gaz Naturel;
- ✓ L'Oxygène et L'Azote (Nitrogène) de l'Air Atmosphérique;
- ✓ Le Dioxyde de Carbone (CO_2) de l'unité d'extraction du CO_2 ;
- ✓ La Vapeur d'Eau générée par la récupération de chaleur produite par les chaudières.

➤ Les produits finis du Complexe sont:

- ✓ L'Ammoniac Liquide (NH_3).
- ✓ L'Urée ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$): Granulée.

Tableau I.2. La composition du GN utilisé comme charge [1]

Composants du GN	Quantité (% mol)
Eau	0
Hélium	0,18
Azote	5,57
Dioxyde de carbone	0,22
Méthane	83,38
Ethane	7,68
Propane	1,99
i-butane	0,30
n-butane	0,45
i-pentane	0,09
n-pentane	0,10
n-hexane	0,04
Mercure (µg/Nm ³)	50
Soufre (ppm)	<10

4. Les principales zones du complexe [1]

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

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 déminérées (090)
- Réseau d'eau anti-incendie (091)
- Section de prise d'eau de mer (097)
- Réseaux des douches de sécurité (056)

Zone process

La zone de production se compose de deux unités:

- Deux unités de production d'ammoniac de capacité de 2200 Tonnes/jour chacune,
- Une unité de production de 3450 Tonnes/jour d'urée en granulés,

Unité de production d'ammoniac

➤ Les étapes de production d'ammoniac

1. Extraction de l'Hélium et du Mercure du Gaz Naturel.
2. Désulfuration/Compression du Gaz Naturel.
3. Compression d'Air du Procédé.
4. Reformage à la vapeur et Craquage (Vapo-Reformage).
5. Conversion du CO.
6. Extraction du CO₂.
7. Méthanation.
8. Compression du Gaz de Synthèse.
9. Synthèse de l'Ammoniac (NH₃)
10. Réfrigération de l'Ammoniac.

Unité de production d'Urée

➤ Les étapes de production d'urée

1. Compression du CO₂.
2. Pompe d'Ammoniac.
3. Synthèse d'urée.
4. Recirculation.
5. Évaporation.
6. Granulation.
7. Section de traitement des condensats.

- **Zonedestockage**

La zonedestockage et chargement se compose de deux unités:

- **Stockagesur site**

Le stockage sur site est constitué d'un réservoir d'ammoniac liquide d'une capacité de 15000 m³ et d'un hangar d'engrais d'une capacité de 100000 m³.

- **Stockage au port**

Le stockage au port est constitué de deux réservoir d'ammoniac liquide d'une capacité de 30 000 m³ pour chacun et une station de pompage d'ammoniac liquide d'une capacité de 1000 m³/het un quai d'expédition avec deux bras de chargement.

5. 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 2: Généralités sur la production l'ammoniac et l'urée

1. Unité d'ammoniac [1]

La description du procédé ammoniac fait référence à l'unité d'ammoniac (Train 1). L'unité d'ammoniac il (Train 2) est identique.

2. Description du procédé

Extraction de l'hélium et du mercure

Afin de prévenir l'accumulation de l'Hélium dans la boucle de synthèse des unités de production d'Ammoniac 1 et 2, il est nécessaire d'extraire l'Hélium du gaz naturel avant d'alimenter la ligne de production.

Pour atteindre un niveau de concentration d'Hélium acceptable dans le gaz naturel, une unité d'extraction d'Hélium basée sur la séparation membranaire est installée.

Pour éviter la corrosion des matériaux de construction à base d'Aluminium, le Mercure doit être réduit dans le gaz naturel. Pour atteindre un niveau de concentration de Mercure acceptable dans le GN, un Réacteur d'extraction de Mercure est installé en aval de l'unité d'extraction d'Hélium.

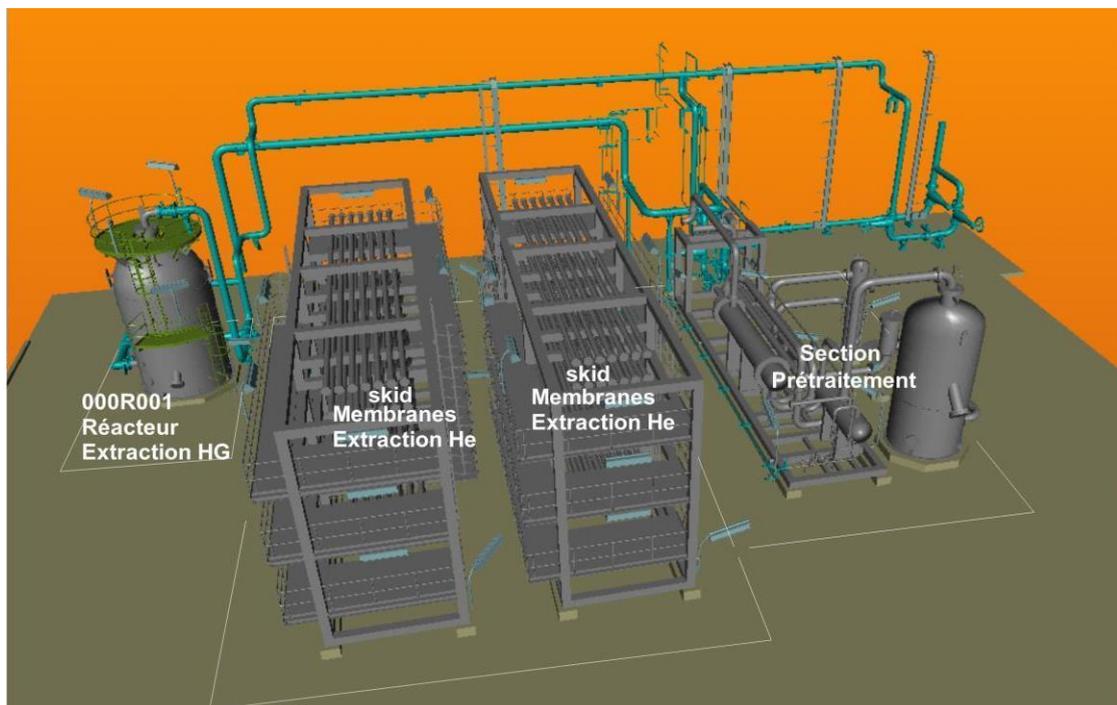
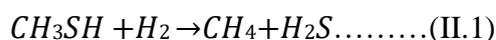


Figure II.1: Unité d'extraction d'Hélium

Compression et désulfuration du gaz naturel

La compression du GN d'alimentation est assurée par un compresseur centrifuge 101K001. Le GN d'alimentation peut contenir des composés soufrés agissant comme des poisons catalytiques pour le Ni et le Cu dans le reformeur primaire pour assurer une durée raisonnable des équipements :

- Hydrogénation du soufre organique combiné en présence d'un catalyseur à base de (CO/MO)



- Désulfuration en présence d'un catalyseur (ZnO) sphérique dans les réacteurs 101R002 et 101R003. L'hydrogène sulfuré (H₂S) est donc adsorbé par l'oxyde de Zinc



Reforming, récupération de chaleur et compression de l'air de procédé

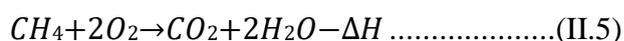
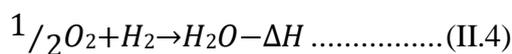
Dans le procédé de reformage à la Vapeur, les hydrocarbures sont transformés en CO, CO₂, H₂ en contact avec le catalyseur à base de Nickel (Ni) en présence de la vapeur d'eau. Une partie de la vapeur est utilisée pour la réaction et l'excès est le carbone libre et ajusté à l'équilibre chimique.

La réaction générale est fortement Endothermique. Donc la chaleur doit être introduite dans le Procédé.

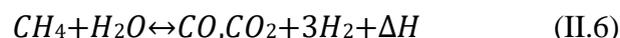
- Le Reformage à la Vapeur d'eau s'effectue à deux niveaux:
 - a) le Reformeur primaire qui constitue la première étape de Reformage. L'énergie requise pour sa performance est générée par la combustion directe d'un gaz combustible.



- b) le Reformeur secondaire, où se déroule la réaction des gaz du reformeur primaire avec ajout d'air du procédé chaud alors que le Nitrogène requis pour la synthèse du NH₃ est ajouté au procédé au même moment.

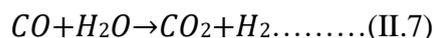


Et pour la suite de la réaction:



Conversion du monoxyde de carbone

Le CO du gaz de synthèse est ensuite transformé, par conversion en CO₂ selon la réaction suivante avec une production complémentaire d'hydrogène



Cette conversion est effectuée en deux étapes et la différence entre les deux est la température et le catalyseur :

- HTS: haute température 430°C avec un catalyseur à base de FeO₂, CrO₃, avec ajout métallique à base de Cu.
 - LTS : basse température 200°C avec un catalyseur à base de CuO, CrO₃ et Zn sur alumine.
- Le gaz obtenu contient 70% de H₂. Le gaz est refroidi entre les deux étapes avec l'eau de chaudière.

Extraction du dioxyde de carbone

Le CO₂ est extrait du gaz de conversion par un lavage à l'AMDEA activée de BASF (Oase).

Le solvant (AMDEA) réutilisable est employé pour absorber le CO₂ (Solvant Riche) qui sera régénéré (Solvant Pauvre et semipauvre) pour en extraire le CO₂.

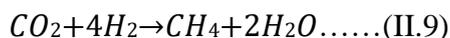
L'absorption se déroule à haute pression et basse température et la régénération par détente (Flash) pour stripper la plus grande partie du CO₂, et assurer ainsi une décarbonatation poussée. L'extraction du CO₂ n'est pas complète, une petite partie restera.



Figure II.2: L'unité de décarbonatation

Méthanation

Les petites quantités de CO et CO₂ restant dans le mélange gazeux peuvent empoisonner le catalyseur de la synthèse de l'Ammoniac et doivent être extraites par conversion en méthane (parce qu'il est un gaz inerte) par hydrogénation dans le réacteur de Méthanation



Ces réactions peuvent se produire à une température d'environ 310°C dans un réacteur garni d'un catalyseur à base de Ni.

Après les opérations précédentes de reformage, conversion, extraction du CO₂ et Méthanation, le mélange gazeux obtenu ne contient pratiquement plus que de l'hydrogène et de l'azote dans les Conditions stœchiométriques, ainsi qu'un petit pourcentage de gaz inerte représentant 1,25% en volume de la quantité totale des gaz.

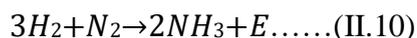
Compression de la synthèse

Le gaz issu de la Méthanation est débarrassé de la phase liquide (détente) pour être combiné après refroidissement avec du gaz riche en H₂ fourni par le système de récupération d'hydrogène. Ce flux combiné est aspiré par le compresseur de gaz de la synthèse et le dernier est comprimé de 70 à 200 bars.

Cette compression est assurée dans 3 étages dotés de réfrigérant intermédiaire après chaque étage.

Synthèse de l'ammoniac

- L'équilibre de la Réaction de Synthèse de l'Ammoniac
- L'Ammoniac est constitué du Nitrogène et de l'Hydrogène comme suit:



Les paramètres de l'équilibre Ammoniacal définissent les limites dans lesquelles la réaction peut théoriquement se dérouler à une température et une pression de l'ordre de (400°C et 200 Bar). Comme la réaction de synthèse de l'Ammoniac est accompagnée par une génération de chaleur et une réduction dans le nombre de molécules, la concentration de l'Ammoniac dans des conditions d'équilibre augmente avec une température décroissante et un accroissement de pression.

Due à des considérations économiques et sécuritaires, le Réacteur équipé d'un Catalyseur permet l'abaissement de la barrière énergétique et interviendra comme acteur pour garder un niveau acceptable de pression et de température.

Réfrigération de l'ammoniac

Afin de faciliter le stockage de l'Ammoniac de préférence on le stocke sous forme liquide dans une unité de réfrigération. Le système de réfrigération fait partie du procédé de la synthèse de l'Ammoniac. L'Ammoniac gazeux est comprimé puis condensé jusqu'à atteindre une température de -33°C et une pression de 1 bar.

Récupération de l'ammoniac

Deux types de gaz finis qui contiennent une assez grande quantité de NH_3 sont obtenus dans le système de synthèse, en plus d'un gaz inerte qui contient aussi une quantité considérable d'Ammoniac est produite dans le système de réfrigération.

Afin de récupérer le NH_3 , on se débarrasse des gaz dans le système de récupération de l'Ammoniac. Vu la grande solubilité de l'Ammoniac dans l'eau, on l'utilise comme absorbant. L'eau ammoniacale qui en résulte est libérée par détente de son Ammoniac dans le stripper. Après refroidissement, l'eau peut être réutilisée pour l'absorption.

Une distillation sera opérée sous pression pour éliminer la teneur de l'eau ammoniacale.

Récupération de l'Hydrogène

La température du gaz de purge lavé est ensuite ajustée pour obtenir des performances des séparateurs membranaires qui récupèrent un flux riche en hydrogène pour le recycler vers le côté aspiration du compresseur de gaz de synthèse.

Le gaz de purge restant qui est maintenant pauvre en H_2 est récupéré comme gaz combustible dans le reformeur primaire.

Stripper et condensats

Une quantité considérable de condensat est obtenue durant la synthèse du gaz de production. Les indésirables les plus fréquents sont NH_3 , méthanol, éthanol et CO_2 en plus du CH_4 , N_2 et H_2 dissous issues des nombreuses réactions secondaires lors de la synthèse de l'Ammoniac. Ce qui engendre une haute conductivité de ce condensat qui sera alors traité par stripage à la vapeur MP.

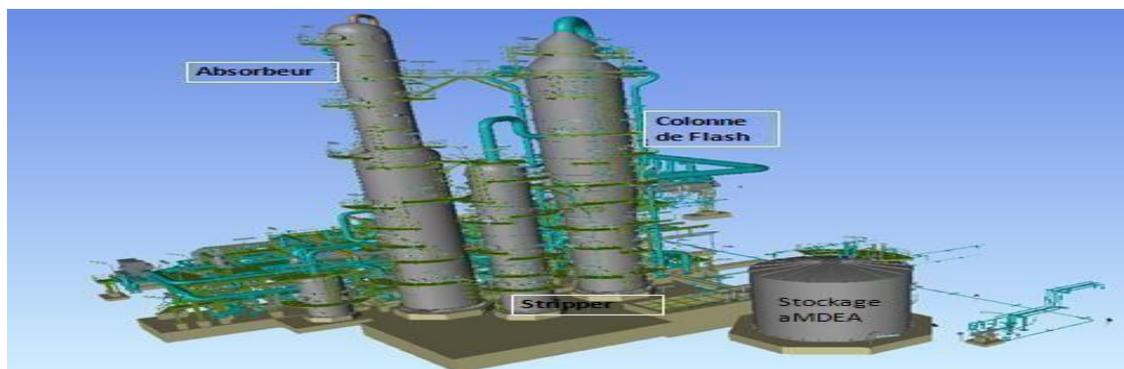


Figure II.3 : Stripper

3. Description du procédé de l'unité de production de l'urée

Compression du CO₂ Système 020

Le Dioxyde de carbone avec une petite quantité d'Air provenant de l'extrémité de la ligne Ammoniac est aspiré par le compresseur du dioxyde de carbone qui lève la pression à environ 150 bars. Un convertisseur d'hydrogène est intégré dans le compresseur du dioxyde de carbone. Dans ce convertisseur l'hydrogène présent dans le dioxyde de carbone est extrait par combustion sur un catalyseur avec le gaz CO₂. Le dioxyde de carbone déshydrogéné est introduit dans la partie inférieure du Stripper.

Pompe du NH₃ système 021

L'Ammoniac liquide est acheminé depuis l'installation jusqu'à la pompe multicellulaire **021P002** du NH₃ haute pression ou il est comprimé à environ **188 bars**. La pompe refoule l'Ammoniac dans le pool condenseur de synthèse via l'éjecteur d'Ammoniac haute pression ; l'Ammoniac constitue la force motrice permettant la circulation du carbamate au-delà du laveur haute pression.

Synthèse de l'urée système 022

La réalisation techno-chimique de la synthèse est déterminée par l'équilibre physique et chimique dans le système constitué de l'ammoniac, le dioxyde de carbone, l'eau et l'urée.

Le procédé de décomposition au **CO₂ STAMICARBON** opte pour une section de synthèse consistant en quatre éléments, c'est-à-dire :

- 1 Condenseur de synthèse (022E0055).
- 2 Réacteur d'urée (022R0011).
- 3 Décomposeur échangeur de chaleur HP (022E0014/Laveur HP (022E003).

Les quatre éléments ensemble forment ce qui s'appelle la synthèse. La même pression domine tout au long de la synthèse. Les réactifs de recyclage contenant de l'ammoniac et du dioxyde de carbone sont acheminés vers le condenseur de synthèse. La composition du mélange à la pression dominante n'est pas loin de la ligne de crête supérieure. La chaleur de la condensation libérée dans la réaction est utilisée pour la génération de vapeur BP.

Les deux flux d'alimentation de l'Ammoniac et du dioxyde de carbone sont introduits dans la section de synthèse à un rapport molaire de 2 :1 respectivement. L'Ammoniac avec le carbamate d'ammonium, également appelé carbamate, provenant du laveur haute pression et le dioxyde de carbone avec le gaz sortant du Stripper sont introduits dans le condenseur de synthèse, qui est un échangeur de chaleur à tubes plongés dans du liquide. La majeure partie du gaz secondense et, avec l'Ammoniac, se transforme en carbamate. La déshydratation du carbamate en Urée se produira dans

le condenseur de synthèse et par suite dans le réacteur. L'effluent du réacteur est distribué le long des tubes du Stripper, qui est un échangeur de chaleur tubulaire à ruissellement. Ici, l'effluent du réacteur est mis en contact à contre-courant avec du dioxyde de carbone, provoquant la baisse de la pression partielle de l'Ammoniac et la décomposition du carbamate. La chaleur requise pour cette opération est obtenue en faisant passer de la vapeur haute pression saturée autour des tubes du Stripper.

La solution d'Urée provenant du Stripper haute pression s'écoule vers la section de recirculation basse pression. Les gaz éliminés du Stripper sont envoyés vers le condenseur de synthèse. Dans le condenseur de synthèse, la condensation des gaz éliminés du condenseur haute pression se produit. La chaleur de la condensation est utilisée pour générer de la vapeur basse pression à **4,4 bars**.

La fraction liquide dans le condenseur de synthèse permet la formation d'une quantité considérable d'Urée. L'Urée formée, le carbamate non transformé, l'excès d'Ammoniac ainsi qu'une partie de l'Ammoniac et du dioxyde de carbone non condensés sont ensuite introduits dans la partie inférieure du réacteur où se produira la conversion du carbamate en Urée.

Le volume du réacteur permet un temps de séjour suffisant pour que la réaction approche l'équilibre. La chaleur nécessaire à la transformation et au réchauffement de la solution dans le réacteur est obtenue par une condensation supplémentaire de l'Ammoniac et du dioxyde de carbone. L'effluent du réacteur traverse le tuyau de descente vers le stripper. Les matières inertes introduites avec le dioxyde de carbone et une partie de l'Ammoniac et du dioxyde de carbone non transformés quittent le sommet du stripper vers le laveur haute pression. Dans la partie inférieure du laveur haute pression, l'Ammoniac et le dioxyde de carbone sont condensés.

Dans la partie supérieure, les gaz provenant de la section inférieure sont mis en contact à contre-courant avec la solution de carbamate, laquelle est formée dans la section de recirculation basse pression. Les gaz sont évacués de la colonne d'évent via un absorbeur **BP**. La solution de carbamate provenant du laveur haute pression s'écoule vers l'éjecteur d'Ammoniac haute pression. La pression d'alimentation en Ammoniac est telle qu'elle permet une hauteur de charge suffisante dans l'éjecteur d'Ammoniac haute pression pour acheminer la solution de carbamate du laveur haute pression au condenseur de synthèse.

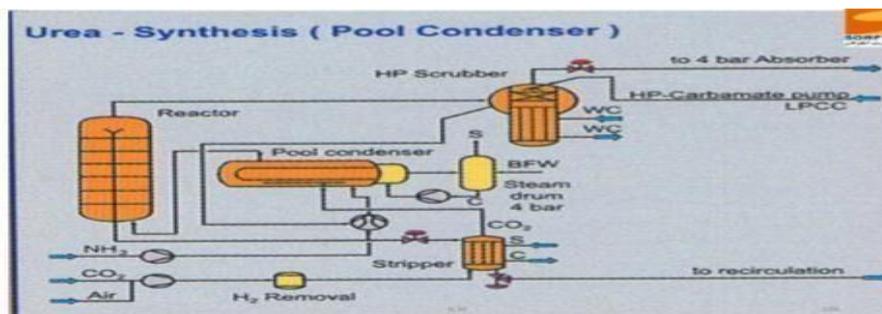


Figure IV.1: La boucle de la synthèse d'urée (stamicarbon)

L'évaporation système 024

La solution provenant du séparateur de détente atmosphérique s'écoule vers le pré-évaporateur. Une partie de l'eau contenue dans la solution s'évapore ici pour augmenter la concentration d'Urée. La solution d'Urée recyclée provenant de l'Unité de granulation est introduite dans la ligne d'alimentation du pré-évaporateur. Finalement, la solution d'Urée est expédiée vers le réservoir de solution d'Urée. La solution d'Urée est pompée depuis le réservoir de solution d'Urée vers l'évaporateur ; ou elle est concentrée au moyen de la vapeur BP et en réduisant la pression. Dans le séparateur d'évaporation, le flux provenant du réchauffeur de l'évaporateur est séparé en une phase gazeuse et une phase liquide. La vapeur provenant du séparateur est condensée dans le condenseur avec les vapeurs provenant du pré-évaporateur du séparateur. La solution d'Urée provenant du séparateur de l'évaporateur s'écoule vers l'aspiration de la pompe à Urée fondue, puis elle est expédiée vers l'Unité de granulation après le mélange avec la solution de formaldéhyde. Les condensats provenant du condenseur de l'évaporateur sont expédiés vers le réservoir d'eau Ammoniacale.

La recirculation système 023

Dans cette section, la majeure partie de l'Ammoniac et du dioxyde de carbone non transformés sont récupérés dans la solution Urée/Carbamate provenant de la partie inférieure du stripper. Cette solution est détendue. C'est pourquoi une portion du carbamate restant dans la solution se décompose et s'évapore. Le liquide restant est réparti dans la colonne de rectification. La solution Urée/carbamate est envoyée de la partie inférieure de la colonne de rectification vers un réchauffeur afin de décomposer le carbamate restant. La chaleur requise est apportée par de la vapeur basse pression. Dans le séparateur (c'est-à-dire la partie inférieure de la colonne de rectification), la phase gazeuse est séparée de la phase liquide. Les gaz sont dirigés vers la colonne de rectification où ils sont refroidis par la solution plus froide d'Urée/carbamate. Cela entraîne la condensation d'une portion de la vapeur d'eau contenue dans les gaz.

Les gaz provenant de la colonne de rectification sont introduits dans la partie inférieure du condenseur de carbamate basse pression ; ils y sont condensés en quasi-totalité. Les condensats de procédé sont fournis au condenseur de carbamate basse pression, ainsi que les vapeurs de tête condensées provenant du premier désorbeur, afin de réguler la concentration d'eau dans la solution de carbamate. La solution de carbamate s'écoule depuis le réservoir de niveau du condenseur de carbamate basse pression jusque l'aspiration de la pompe de carbamate haute pression ; sa pression est élevée et la solution de carbamate est ensuite refoulée vers le laveur haute pression

La solution d'Urée provenant de la partie inférieure de la colonne de rectification s'écoule vers le réservoir de détente atmosphérique. En raison de la détente adiabatique, une portion de l'eau s'évapore et une partie de l'Ammoniac, du dioxyde de carbone et des matières inertes sont libérées. Ces vapeurs sont en partie condensées dans le condenseur à réservoir de détente, et l'Ammoniac et le dioxyde de carbone restants sont décomposés à partir des matières inertes dans l'absorbeur atmosphérique.

La granulation système 027

Dans la section de granulation de l'Unité, la solution d'Urée alimente le granulateur. Du formaldéhyde est ajoutée au flux d'Urée comme additif en amont de la pompe. Dans le granulateur, un lit fluidisé du produit est généré par le ventilateur de fluidisation de la granulation. Dans ce lit fluidisé, consistant en de fins granules recyclés, des granules broyées surdimensionnées et de la poussière, la solution d'Urée est vaporisée et atomisée 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 granulateur, le produit est refroidi par l'air de fluidisation à une température d'environ **94** °C. À la sortie du granulateur, des tamis de sécurité sont installés pour éliminer les agglomérats et les particules de plus de 10 mm de diamètre du flux de produit.

Les agglomérats retirés sont collectés dans le réservoir de recyclage **027D004** où ils sont dissouts avec les blocs provenant des tamis vibrants. La solution qui en résulte est recyclée vers la section d'évaporation d'Urée.

Une fois le tamis de sécurité passé, le produit est refroidi ; de là, il est transféré par élévateur à godets **027H002** vers le tamis vibrant. Le tamis sépare le produit en trois fractions. La fraction de produit surdimensionnée est transférée vers les broyeurs à cylindres et de là vers le granulateur comme recyclage. Le produit de bonne taille est transféré vers le refroidisseur final. La fraction de produit sousdimensionnée est également recyclée vers le granulateur. Le produit dans le refroidisseur final est refroidi et est transféré ultérieurement au stockage. Les flux d'air pour le nettoyage sont injectés dans le laveur de refroidisseur et le laveur de granulateur.

Usage de la Solution de Formaldéhyde UF-80

Le méthanal ou formaldéhyde ou aldéhyde formique ou formole est un composé organique de la famille des aldéhydes, de formule chimique CH_2O ;

- **Formule:** CH_2O
- **Densité:** 815,30 kg/m³
- **Point d'ébullition:** -19°C
- **Nom IUPAC :** Méthanal
- **Masse molaire:** 30,031 g/mol
- **Point de fusion:** -92°C

Désorption & hydrolyse système 028

Dans le traitement des condensats de procédé, le NH_3 et le CO_2 sont strippés pour atteindre de faibles concentrations de ces composants dans la phase liquide. Ce procédé est appelé Désorption qui est un transfert de masse d'une phase à une autre réalisée sur les plateaux de la colonne. Dans ce cas, le transfert s'effectue de la phase Liquide vers la phase gaz.

Dans le premier désorbeur, le volume d'Ammoniac et de dioxyde de carbone est décomposé au moyen des vapeurs provenant du second désorbeur et de l'hydrolyseur. L'effluent inférieur du premier désorbeur est pompé via l'échangeur de chaleur de l'hydrolyseur, l'Urée est décomposée en Ammoniac et en dioxyde de carbone tout en étant chauffée. Afin d'obtenir des concentrations d'Urée dans l'effluent de l'hydrolyseur inférieures à **1ppm**, l'alimentation est mise en contact à contre-courant avec la vapeur directe.

Le produit provenant du bas de l'hydrolyseur, contenant uniquement des traces d'Urée, se dirige vers le second désorbeur via l'échangeur de chaleur de l'hydrolyseur, les vapeurs de tête de l'hydrolyseur sont expédiées vers le premier désorbeur. Après un refroidissement de l'effluent de l'hydrolyseur dans l'échangeur de chaleur de l'hydrolyseur, il est introduit en haut du second désorbeur. Ici, l'Ammoniac et le dioxyde de carbone restants sont décomposés au moyen de la vapeur **BP**.

L'effluent du second désorbeur est refroidi 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 l'eau de refroidissement. La teneur est inférieure à 1 ppm d'urée et d'ammoniac pour chacun. Il est utilisé comme alimentant du laveur dans la section de granulation et comme condensats de procédé dans la section de reflux. Le reste est vidangé hors de l'installation où il peut être utilisé à plusieurs autres fins. Les gaz du premier désorbeur sont condensés dans le condenseur de reflux, et ils sont transférés comme une solution pauvre en carbamate vers le condenseur de carbamate basse pression. Les vapeurs non condensées sont envoyées à l'absorbeur atmosphérique.

Vapeur et condensat système 029

Cette unité est intégrée avec les autres unités là où elle est déjà mentionnée dans chaque système.

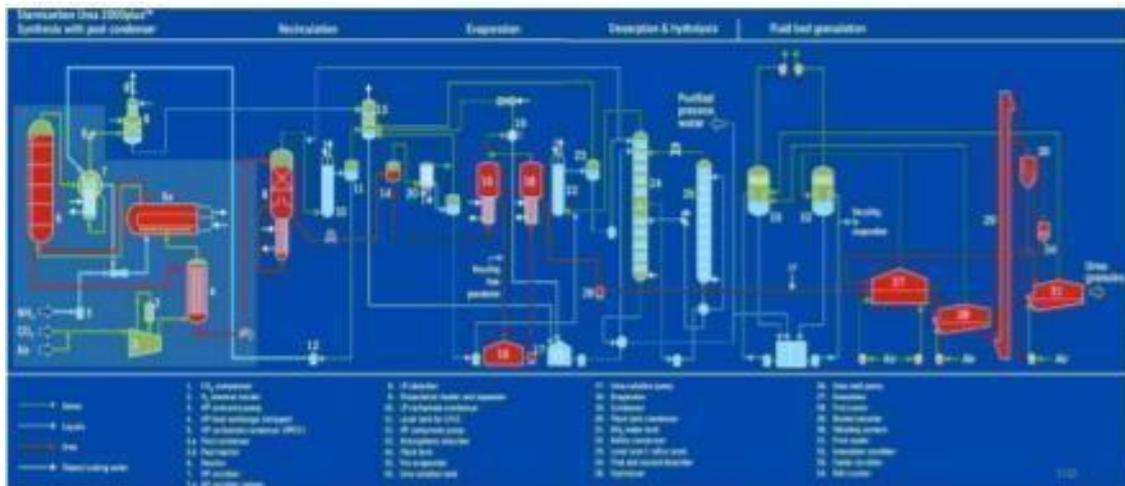


Figure IV.2: Schéma de principes des étapes du procédé de fabrication d'urée

Chapitre 3 : Etude Pratique

1. Problématique

Le réacteur catalytique à hydrogène est principalement installé dans la plupart des usines d'engrais à l'urée en raison du risque d'explosion. Les impuretés d'hydrogène du dioxyde de carbone sont éliminées par le réacteur en faisant réagir l'hydrogène et l'oxygène pour produire de l'eau, grâce à des catalyseurs au platine. Il est important de surveiller attentivement le réacteur catalytique de déshydrogénéafindemaintenirlasortied'hydrogèneàuneconcentrationinférieureà100ppm. Mais l'augmentation de la fraction molaire de l'hydrogène à l'entrée du réacteur pose un problème qui nous oblige à examiner les conditions d'opération de l'unité de décarbonatation.

Le risque d'explosion est un problème majeur qui persiste depuis le début de l'usine en 2013. On appelle cela le mélange explosif. Ce phénomène survient lorsque de grandes quantités de H_2 sont présentes dans l'air. Avant d'être acheminé depuis l'unité de l'ammoniac vers le flux du CO_2 , le compresseur du dioxyde de carbone 020K002 de l'air est ajouté pour : Après le deuxième étage du compresseur, l'hydrogène est brûlé dans le réacteur d'extraction de l'hydrogène 020R001. En tant qu'agent de protection contre la corrosion (passivation) dans la phase de synthèse. Avant la mise en œuvre de réacteur déshydrogénation le mélange gaz riche hydrogène provenant du compresseur du CO_2 passe directement et sur ce temps plusieurs personnes ont trouvé la mort due à l'explosion du laveur (la formation du mélange explosif). Et avec le temps Stamic Arbon a développé un réacteur déshydrogénation qui permet de réduire la quantité de H_2 provenant de l'unité de l'ammoniac mais malgré cela, le risque d'explosion est toujours présent, Acte effet, on va essayer de traiter le problème avec et sans réacteur et voir le domaine d'explosion et l'efficacité du réacteur de déshydrogénation.

2. Description détaillée du procédé d'absorption de l'unité 105

Le procédé à MDEA a été développé par BASF il y a une vingtaine d'années et a été employé pour la première fois dans nos propres installations de gaz de synthèse, aujourd'hui, ce procédé est employé avec succès dans environ 140 usines par le monde, ce procédé avait été conçu spécialement pour les usines d'ammoniac, après 10 ans d'expérience et d'optimisation, BASF a commencé à octroyer des licences pour cette technologie.

Le procédé à MDEA est une technologie mise à disposition par BASF par attribution de licence BASF dont le siège est à Ludwigshafen (Allemagne) qui représente l'une des plus grandes entreprises chimiques du monde. BASF fabrique actuellement plus de 8000 produits chimiques différents uniquement au niveau de son site de Ludwigshafen, parmi lesquels un vaste assortiment d'amines.

Les différents complexes qui ont adopté l'AMDEA sont:

- Mégatrain SKIKDAGL1K (encourager réalisation).
- Fertial.

3. Absorption chimique de l'AMDEA

Le procédé BASF a MDEA est utilisé pour éliminer le CO₂ du gaz de synthèse et, le solvant BASF aMDEA est constitué globalement de trois substances, à savoir la base chimique méthyl-di-éthanolamine (MDEA), l'eau et un système activateur, le méthyl-di-éthanolamine générique (MDEA) réagit avec l'eau et le CO₂ en produisant les espèces protonées correspondantes et du bicarbonate, le taux global de conversion est très faible, l'absorption peut être accélérée par la réaction rapide entre le CO₂ et les constituants du système activateur [1].

Méthyl-di-éthanolamine activée pure

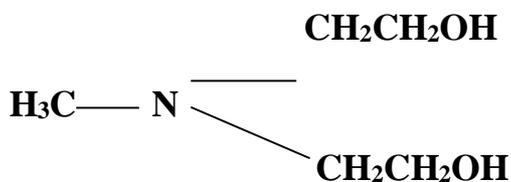
Celui-ci à l'état pur est constitué de:

- AMDEA 96,0% en poids;
- Eau 4,0% en poids ;
- Substances insolubles dans l'eau maximum 0,03% en poids.

Méthyl-di-éthanolamine activée solution 40%

Le solvant utilisé contient:

- 40,0% en poids de méthyl-di-éthanolamine activée
- 60,0% en poids d'eau



Le N-méthyl-di-éthanolamine.

- Poids moléculaire 19,2 kg/mole
- point d'ébullition MDEA pure 245°C;
- Point d'ébullition de la solution aqueuse 110-120°C;
- Plus un système activateur.

La réaction: $MDEA + H_2O + CO_2 \rightarrow MDEAH^+ + H_3CO^-$

Tableaux III.3. Propriétés physique-chimique du MDEA activée (pure) et MDEA activée (solution 40%)

Propriétés Physique-chimique	aMDEA Pure	aMDEA solution 40%
Etat physique	Liquide	Liquide
Couleur	Incolore – jaune d'amine	Incolore – jaune
Odeur	11-12(100g/l)	d'amine
Valeur du pH à 20°C	>10	13-14(100g/l)
Point d'ébullition	<-10°C	>100°
Densité	1,04 à 1,050 g/cm ³	C5- 6
Point de fusion	100°C	°C
à 20 °C	200°C	1,045 g/cm ³
Point d'éclair	Miscible	96°C
Température d'inflammation		340°C
Solubilité dans l'eau		Miscib
à 20 °C		le 6
Pression de vapeur		mbar
à 20 °C		27,7% (Vol)
Limite inférieure d'explosivité		51,2% (Vol)
Limite supérieure d'explosivité		

Mécanisme d'absorption chimique de l'aMDEA

Le procédé BASF aMDEA est utilisé pour éliminer le CO₂ du gaz de synthèse et, le solvant BASF aMDEA est constitué globalement de trois substances, à savoir la base chimique méthyl-diéthanol-amine (MDEA), l'eau et un système activateur, le méthyl-diéthanol amine générique (MDEA) réagit avec l'eau et le CO₂ en produisant les espèces protonées correspondantes et du bicarbonate, le taux global de conversion est très faible, l'absorption peut être accélérée par la réaction rapide entre le CO₂ et les constituants du système activateur[1].

Le procédé BASF aMDEA est utilisé pour éliminer le CO₂ du gaz de synthèse et, Comme la montre la figure ci-dessous :

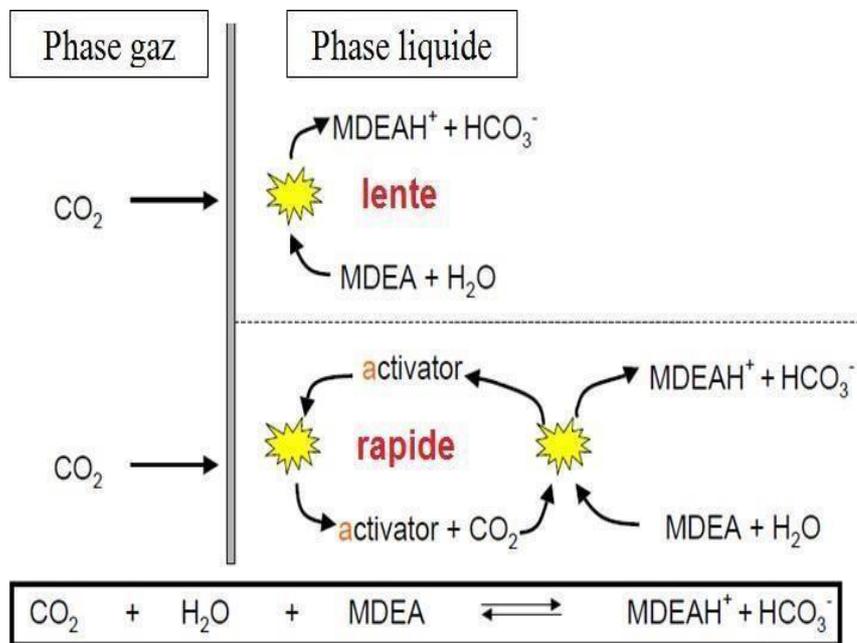


Figure.V.1.Mécanisme réactionnel de l'aMDEA

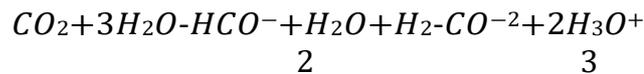
La différence de vitesse de réaction entre une MDEA activée et une MDEA générique peut être décrite de la manière suivante :

Dans une MDEA, l'absorption de CO₂ est plutôt lente, le système activateur sert de catalyseur, c'est-à-dire qu'il accélère l'absorption de CO₂ par la MDEA, les constituants du système activateur sont régénérés en permanence en faisant passer le CO₂ à travers la MDEA, les réactions d'absorption chimique de CO₂ dans un système aqueux d'amines tertiaires tel que la MDEA sont des réactions d'équilibre qui peuvent être décrites comme suit :

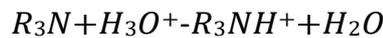
La différence de vitesse de réaction entre une MDEA activée et une MDEA générique peut être décrite de la manière suivante :

Dans une MDEA, l'absorption de CO₂ est plutôt lente, le système activateur sert de catalyseur, c'est-à-dire qu'il accélère l'absorption de CO₂ par la MDEA, les constituants du système activateur sont régénérés en permanence en faisant passer le CO₂ à travers la MDEA, les réactions d'absorption chimique de CO₂ dans un système aqueux d'amines tertiaires tel que la MDEA sont des réactions d'équilibre qui peuvent être décrites comme suit :

Formation de Bicarbonate / formation de carbamate



- Protonation d'amine



- Dissociation d'eau



Le système activateur forme des carbamates qui réagissent avec le solvant (MDEA Aqueuse) en transfèrent le CO₂ ainsi, il est régénéré pour une réaction ultérieure, tout comme un catalyseur homogène.

Evaluation de la solution MDEA dans des applications industrielles:

Composition du Mélange: Air et CO₂

Débit Volumique: 8 litres par minute d'air, complété par 1 litre par minute de CO₂.



Figure.V.2: Appareil de l'absorption gaz-liquide

A) Procédure Opérationnelle:

Dans le cadre de cette étude, nous avons mis en place un protocole expérimental visant à étudier le comportement d'un mélange gazeux constitué d'air et de dioxyde de carbone (CO₂). Pour ce faire, nous avons mis en place les étapes suivantes :

Acquisition d'une bouteille de CO₂ pressurisée à 2 bars : Cette bouteille a été sélectionnée pour sa capacité à fournir une source de CO₂ de haute pureté, garantissant ainsi des résultats fiables pour nos expériences.



Figure.V.3: Pompe d'aspiration de solution MDEA.

Acquisition d'un compresseur d'air : Un compresseur d'air a été utilisé pour assurer un flux continu d'air à travers notre système expérimental, permettant ainsi un contrôle précis du débit d'air entrant dans le mélange.

Amorçage de l'ignition du mélange gazeux : Au début de chaque expérience, nous avons allumé le mélange gazeux air-CO₂ pendant une période de 5 minutes. Cette étape initiale était cruciale pour assurer une distribution homogène des gaz et faciliter les réactions ultérieures.



Figure.V.4: Doser le mélange d'air et CO₂

Préparation d'une solution de MDEA à une concentration de 38% : La Méthyle diéthanolamine (MDEA) a été choisie comme absorbant pour la capture du CO₂. Une solution de MDEA à concentration de 38% a été préparée selon des protocoles standards.

Fonctionnement de la pompe à débit contrôlé de 20% : Une fois le mélange gazeux allumé, nous avons mis en marche une pompe pour assurer un débit de solution MDEA à travers notre système à un taux constant de 20% par rapport au débit total du mélange gazeux, soit 2 litres par minute.

Activation du système de pompe : La pompe a été activée pour assurer la circulation de la solution MDEA saturée en CO₂ à travers notre système expérimental, favorisant ainsi la réaction de capture du CO₂.



Figure.V.5: Colonne D'absorption.

B) La composition du solvant AMDEA

Après avoir consulté les analyses de l'AMDEA on a obtenu les résultats suivants



Figure.V.6: Solution MDEA pure

Tableau: Le pourcentage massique du solvant MDEA avant l'expérience

Composant	Pourcentage massique (%)
Dioxyde de carbone (CO ₂)	0
Méthyl-diéthanolamine MDEA	38
Pipérazine	2
L'eau	60



Figure.V.7: Colone de récupération MDEA saturé

Tableau: Le pourcentage massique du solvant MDEA après l'expérience

Composant	Pourcentage massique(%)
Dioxyde de carbone (CO ₂)	4.5
Methyldiethanolamine MDEA	37
Pipérazine	1.91
L'eau	58

4. Simulation de l'unité de décarbonatation:

En général la simulation est un outil utilisé dans les différents domaines de l'ingénierie et de la recherche. Elle permet d'analyser le comportement d'un système avant de l'implanter et d'optimiser son fonctionnement en testant différentes solutions et conditions opératoires.

Elle s'appuie sur l'élaboration d'un modèle de système permettant la réalisation des scénarios en déduisant le comportement du système physique analysé.

Un modèle ne constitue pas une représentation exacte de la réalité physique, mais il est seulement apte à restituer les caractéristiques les plus importantes du système analysé.

Les simulateurs de procédés chimiques utilisés classiquement dans l'industrie chimique ou parachimique, peuvent être considérés comme des modèles de connaissance. Ils sont basés sur la résolution de bilans de masse et d'énergie, des équations d'équilibre thermodynamiques, et sont aptes à fournir des informations de base pour la conception. Ils sont, principalement utilisés pour la conception de nouveaux procédés afin de les optimiser et évaluer les changements à effectuer sur les conditions opératoires.

Logiciels de simulation des procédés

Il existe un très grand nombre de logiciels de simulation des procédés chimiques sur le marché. Les simulateurs industriels les plus connus et utilisés mondialement sont :

- Statiques: Aspen Plus (Aspen Technologies), Design II (de WinSim), HYSYS (Hyprotech), PRO/II (Simulation Sciences), Prosim, Chemcad.
- Dynamiques : HYSYS, Aspen Dynamics (Aspen Technologies), Design II (de Win Sim), Dymosym (Simulation Sciences Inc.).

Définition de la simulation

La simulation est définie comme étant la représentation d'un phénomène physique à l'aide de modèles mathématiques simples permettant de décrire son comportement.

Autrement dit, la simulation permet de représenter par des modèles mathématiques les différents phénomènes de transfert de masse, d'énergie et de quantité de mouvement qui se produisent dans les différentes opérations unitaires.

- **Modèle mathématique**

Le modèle mathématique est composé d'une série d'équations développées dans l'objectif de décrire le comportement d'un système donné (opération unitaire: séparation de phases, fractionnement de composants, compression, détente, échange de chaleur).

Ces sont des équations de conservation de masse, d'énergie et de quantité de mouvement, Ces équations peuvent être algébriques ou différentielles.

Présentation du logiciel Aspen HYSYS

Le logiciel « **HYSYS** » a été développé par la société canadienne HYPROTECH. Il a l'avantage d'être facile à utiliser une fois que les éléments de base sont compris.

Le logiciel « HYSYS » est un outil de dimensionnement utilisé pour s'assurer que les conceptions optimales sont identifiées. Il est aussi utilisé pour modéliser les unités existantes et s'assurer que les équipements sont conformes aux spécifications prescrites, ainsi d'évaluer et d'améliorer les procédés existants.

Utilisation du simulateur

HYSYS a été conçu afin de permettre le traitement d'une vaste gamme de problèmes allant de la séparation simple jusqu'à la distillation et la transformation chimique. Ce qui nous simplifie de plus en plus la tâche et réduit les coûts de l'engineering par :

- L'établissement des bilans de matière et d'énergie d'un procédé industriel.
- Des calculs rapides de différents designs utilisant des modèles efficaces et des techniques optimales.
- Le dimensionnement des équipements de procédé.
- Ou bien dans le suivi des procédés qui sont déjà installés afin de :
 - Réajuster les paramètres de fonctionnement dans le cas de changement de compositions de l'alimentation ou des conditions de fonctionnement de certains équipements.
 - Déterminer les performances des équipements.

Méthodologie adoptée pour la simulation de l'unité 105 CO₂ removal

Afin d'avoir une idée assez précise du fonctionnement de l'unité de décarbonatation, il était important de simuler tous les équipements de cette dernière.

Dans un premier temps, il nous a paru nécessaire de vérifier la configuration de notre simulation sur la base des valeurs de design puis celles des valeurs réelles.

Une fois les ajustements apportés à cette configuration pour la convergence des résultats, nous sommes passés ensuite à l'étude de cette unité avec les paramètres actuels afin de trouver une solution définitive des anomalies existantes dans cette dernière et optimiser son fonctionnement.

La composition du gaz de synthèse:

Tableau V.1. Le pourcentage molaire des composants du gaz de synthèse (annexe A).

Composant	Pourcentage molaire (%)
Méthane (CH ₄)	0.53
Dioxyde de carbone (CO ₂)	17.91
Monoxyde de carbone (CO)	0.33
Argon (Ar incl. HE)	0.25
Hydrogène (H ₂)	59.87
Nitrogène (N ₂)	21.11

➤ **Remarque**

Il faut noter que les fractions de gaz dans les PFD sont des fractions du gaz sec, donc il faut d'abord recalculer les fractions des différents flux.

L'équation utilisée pour recalculer les fractions:

$$Y_i = \frac{\text{(Fraction molaire du composant} \times \text{flux volumique)}}{\text{flux volumique} + \text{flux de H}_2\text{O}} \quad (\text{V.1})$$

Y: Pourcentage molaire (%)

- Les résultats obtenus dans synthèses sont:

Tableau V.2. Le pourcentage molaire des composants du gaz des synthèses humide.

Composant	Pourcentage molaire (%)
Méthane (CH ₄)	0,52
Dioxyde de carbone (CO ₂)	17,73
Monoxyde de carbone (CO)	0,33
Argon (AR incl. HE)	0,25
Hydrogène (H ₂)	59,26
Nitrogène (N ₂)	20,90
Eau (H ₂ O)	1,01

- **Choix du modèle thermodynamique**

Les logiciels de simulation permettent le calcul des coefficients d'équilibre liquide – vapeur, les valeurs d'enthalpies et d'entropie, ainsi que les propriétés thermodynamiques adéquates.

Pour cette étude le logiciel nous a proposé le modèle thermodynamique ACIDGAZ.

Lacolonned'absorption105C001

L'absorbeur utilisé dans cette unité est une colonne à garnissage construite par l'entreprise sud-coréenne DOOSAN MECATEC.

Tableau V.5.Caractéristiquesdel'absorbeur105C001(AnnexeB)

Caractéristique	SectionI	Section II
Nombre deplateauxTh.	10	10
Typedegarnissage	IMTPconstruitpar RAUSCHERT	IMTPconstruit par RAUSCHERT
Diamètrede garnissage	25-4mm	50-5mm
Hauteurdegarnissage	6500mm×2	6500 mm×2
Diamètre	3330mm	4980mm
Matièredégarnissage	Aciercarbone	Acier carbone
Marge de fonctionnement	50%-110%(100%=11701.81kmol/h)	

➤ **Remarque**

Ily'aunetroisième section dans cette colonne composée de deux plateaux à clapet situés au sommet de la colonne qui sont utilisés à déminer l'entraînement des goulettes de l'AMDEA.

LacolonnederégénérationLPflashVessel105C003

Lacolonnederégénération105C003est utiliséepourflasher laMDEAuneseconde foisàune pression de 1.6 bar pour libérer la majorité de quantité de CO₂.

Avec ce procédé, la solution est régénérée à presque 80%, le CO₂ libéré est envoyé vers une série d'échangeurs à plaques pour le refroidir, les condensations obtenues sont utilisées pour l'eau de lavage au sommet de C002 et C003.

TableauIII.6.Caractéristiquesdurégénérateur105C003(annexeB).

Caractéristiques	SectionI	SectionII
Typedegarnissage	Pallring	-
Diamètrede garnissage	50mm	-
Hauteurdegarnissage	6000mm	-
Diamètre	6100mm	6000mm
Matièredégarnissage	Aciercarbone	-
Margede fonctionnement	60% - 110%	

Parameter	Section 1	Section 2
Start Stage	1_Main Tower	3_Main Tower
End Stage	2_Main Tower	10_Main Tower
Column Type	Bubble	Packed
Column Diameter [m]	6,100	6,100
Tray Spacing/Stg Pack Hght [m]	0,5000	0,7500
Packing Type		PALL
Packing Vendor		GENERIC
Packing Material		METAL
Packing Dimensions		2-IN OR 50-MM
Flow Model	VPlug	VPlug
Interfacial Area Method	Scheffe	Onda
Mass Transfer Method	AIChE	Onda

Figure.V.4.Caractéristiquesde105C003surASPENHYSYS.

La régénération du solvant riche à base de MDEA :

La régénération du solvant riche à base de MDEA est effectuée en deux étapes.

Le solvant enrichi en CO₂, qui a une température d'environ 85 °C, est acheminé à partir de la partie inférieure de l'absorbeur 105 C001 via la turbine hydraulique 105 MT01 vers la cuve de détente HP 105C002, où il est dilaté à environ 6,6 bars absolus. Pendant ce processus, les gaz inertes dissous (H₂, N₂, CH₄ et CO) sont principalement libérés. Ces gaz inertes sont ensuite acheminés dans le circuit de gaz combustible du reformeur primaire 103B001. Les plateaux de lavage de condensat placés dans la tête de la cuve de détente HP limitent les pertes de solvant. Les gaz inertes sont acheminés via le séparateur 105F004 vers le reformeur primaire. Si nécessaire, ce gaz de détente peut aussi être brûlé dans la torche 106V801.

Impact de l'augmentation de la température de MDEA sur la quantité de gaz CO₂ et la diminution de la quantité d'hydrogène :

1. Impact de l'augmentation de la température de MDEA :

- Lorsque la température de MDEA est augmentée, cela augmente la vitesse de réaction entre MDEA et CO₂ ainsi qu'entre MDEA et l'hydrogène. Cela conduit à une augmentation de l'efficacité de l'élimination du CO₂ et à une diminution de son absorption, ainsi qu'à une augmentation de la vitesse de l'élimination de l'hydrogène.

2. Augmentation de la quantité de gaz CO₂ :

- Avec une augmentation de la quantité de gaz CO₂, sa concentration dans le solvant augmente.

En raison de l'amélioration de la vitesse de réaction due à l'augmentation de la température, l'efficacité de l'élimination du CO₂ du gaz augmente également.

3. Diminution de la quantité d'hydrogène :

- Avec une diminution de la quantité d'hydrogène, sa concentration dans le solvant diminue. Comme la vitesse de réaction avec l'hydrogène augmente avec l'augmentation de la température, l'efficacité de l'élimination de l'hydrogène augmente également.

Composition des sorti liquides du cas design et de la simulation de C002

(En mole fractions)

CO ₂	0.6460
Argon	0.0027
Hydrogène	0.2000
Nitrogène	0.0491
H ₂ O	0.0979

Conclusion Générale

Conclusion générale

En conclusion, notre étude offre une perspective prometteuse pour l'avenir de l'industrie des engrais, en soulignant le potentiel des avancées technologiques pour transformer les processus de production de manière à favoriser une croissance économique durable et respectueuse de l'environnement.

REFERENCES

- [1] Manuel DE Formation de complexe fertilisants de Sorfert
- [2] SAHRAOUI Nora et BOUZAKRI Hadjer « Etude dynamique d'une colonne d'absorption » mémoire de fin d'étude de l'université de MOHAMED KHIDER BISKRA soutenu en juin 2011
- [3] A. Matthews, « Les contacteurs industriels des deux phases liquide-vapeur » Thèse de doctorat en génie chimique de l'Université de Michigan en 2014
- [4] Fiche Technique de l'AMDEA (BASF)
- [5] Les analyses de référence HG9803 effectuées par The Dow Chemical Company le 09/02/2016
- [6] Hook, R. J. (1997). An Investigation of Some Sterically Hindered Amines as Potential Carbon Dioxide Scrubbing Compounds. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 36(5), 1779–1790.
- [7] Mathonat, C., Majer, V., Mather, A. E., & Grolier, J.-P. E. (1997). Enthalpies of absorption and solubility of CO₂ in aqueous solutions of methyldiethanolamine. *Fluid Phase Equilibria*, 140(1-2), 171–182.
- [8] Bishnoi, S., & Rochelle, G. T. (2000). Absorption of carbon dioxide into aqueous piperazine: reaction kinetics, mass transfer and solubility. *Chemical Engineering Science*, 55(22), 5531–5543.
- [9] Kohl, A. L. and R. B. Nielsen (1997). *Gas Purification* (5th edition), Gulf Professional Publishing, ISBN 978-0-8841-5220-0, Texas.
- [10] Austgen, D. M., Rochelle, G. T., Peng, X., & Chen, C. C. (1989). Model of vapor-liquid equilibria for aqueous acid gas-alkanolamine systems using the electrolyte-NRTL equation. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 28(7), 1060–1073.
- [11] Metz, B.; Davidson, O.; de Coninck, H. C.; Loos, M.; Meyer, L. A. IPCC Mathonat, C.; Majer, V.; Mather, A. E.; Grolier, J.-P. E. Use of Flow 1997, 140, 171.

Annexe : BMC





الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة عين تموشنت بلحاج
بوشعيب حاضنة العمالعين تموشنت



ملحق نموذج العمل التجاري

FichetechniqueduProjet

البيانات الشخصية للمشروع

<ul style="list-style-type: none"><i>HadjAbdrahmane Youssouf</i><i>Hadef Moubarek</i><i>ElBouislamtiAHMED</i>	الاسم واللقب Votre prénom et nom YourfirstandlastName
G-TAKA	الاسم التجاري للمشروع projetvotredelintitulé TitleofyourProject
Mob:0770140006 Mob:0793607899	Votrenumérodetéléphone Your phone number
youcefhadj85@gmail.com	البريد الإلكتروني e- mailadresseVotre Youremailaddress
Ain Témouchent	مقرمزاولةالنشاط(الولاية-البلدية) Votre ville ou commune d'activité Yourcityormunicipalityofactivity

طبيعة المشروع *projetdeNature*

المنتجات ذو طابع إنتاجي *marchandises*

ProductionetVentede



1/1-La valeur que nous apportons au Client

- Amélioration de l'efficacité opérationnelle : le système de décarbonation avec échangeur de chaleur intégré permet d'optimiser les processus de production d'urée, ce qui se traduit par une augmentation de la productivité et une réduction des coûts opérationnels.
- Sécurité accrue : En réduisant les risques liés à la formation de mélanges explosifs, la solution contribue à assurer un environnement de travail plus sûr pour les employés et à prévenir les accidents industriels.
- Durabilité environnementale : En augmentant la quantité de dioxyde de carbone et en réduisant les émissions de gaz à effet de serre, le système favorise une production plus respectueuse de l'environnement, ce qui répond aux attentes croissantes en matière de durabilité et de responsabilité environnementale.
- Avantages économiques: la solution offre des avantages tangibles en termes de rentabilité globale de l'usine, grâce à une utilisation plus efficace des ressources et à des processus plus économes en énergie.

1/2-Quels autres projets ciblent le même problème ont été mis en œuvre

- Il n'y a pas de projet proposé.
- Le terrain est vierge.



2- Clients:

- Les entreprises de production d'engrais: Les usines de production d'engrais peuvent bénéficier de votre système pour améliorer leurs processus de production d'urée, augmenter leur efficacité opérationnelle et réduire leurs coûts.
- Les fabricants d'équipements industriels: Les fabricants d'équipements industriels peuvent être intéressés par votre système de décarbonatation avec échangeur de chaleur intégré comme une innovation technologique à intégrer dans leurs propres produits ou à proposer à leurs clients.
- Les entreprises soucieuses de durabilité : Les entreprises qui accordent de l'importance à la durabilité environnementale et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre pourraient être intéressées par votre solution comme moyen de rendre leurs processus de production plus respectueux de l'environnement.
- Les fournisseurs de technologies environnementales : Les fournisseurs de technologies environnementales peuvent voir votre solution comme une opportunité de développer leur gamme de produits dans le domaine de la réduction des émissions industrielles.



3- Relation client:

- Compréhension des besoins : Écoutez attentivement les besoins et les défis spécifiques de chaque client afin de personnaliser votre solution en fonction de leurs exigences particulières.
- Communication transparente : Assurez-vous d'établir une communication ouverte et transparente avec les clients tout au long du processus, en fournissant des mises à jour régulières sur l'avancement du projet et en répondant rapidement à leurs questions ou préoccupations.
- Service après-vente : Offrez un service après-vente de haute qualité en fournissant une assistance technique continue, en organisant des formations pour le personnel de l'entreprise cliente et en restant disponible pour répondre à leurs besoins.
- Feedback et amélioration continue : Encouragez les retours d'expérience des clients et utilisez ces informations pour améliorer constamment votre solution et vos services, démontrant ainsi votre engagement envers l'excellence et la satisfaction client.

4- Canaux:



4/1-Mécanismesetmodalitésd'informationsurnotreproduitouservice

- Site web : Créez un site web professionnel et informatif dédié à votre solution, en mettant en avant ses caractéristiques, ses avantages et des études de cas pertinentes.
- Brochures et dépliants : Concevez des brochures et des dépliants attrayants qui présentent de manière concise les fonctionnalités clés de votre produit ou service, ainsi que ses avantages pour les clients.
- Présentations et démonstrations : Organisez des présentations et des démonstrations en personne ou en ligne pour les clients potentiels, où vous pouvez leur montrer concrètement comment votre solution fonctionne et comment elle peut répondre à leurs besoins spécifiques.
- Réseaux sociaux : Utilisez les réseaux sociaux pour partager du contenu pertinent sur votre produit ou service, en publiant des articles, des vidéos, des infographies et des témoignages de clients satisfaits.
- Événements et salons professionnels : Participez à des événements sectoriels et à des salons professionnels où vous pouvez présenter votre produit ou service à un public ciblé et interagir directement avec des clients potentiels.
- Campagnes de marketing numérique : Lancez des campagnes de marketing numérique ciblées, telles que des annonces payantes sur les moteurs de recherche, les réseaux sociaux ou d'autres plateformes en ligne, pour atteindre efficacement votre public cible.
- Références et recommandations : Encouragez les clients satisfaits à partager leur expérience avec votre produit ou service et à recommander votre solution à d'autres personnes de leur réseau professionnel.

4/2-Canaux de distribution préférés des Clients:

- **Ventes directes:** Les ventes directes impliquent des représentants commerciaux ou des équipes de vente qui interagissent directement avec les clients potentiels pour présenter votre produit ou service, négocier les conditions de vente et conclure les transactions.
- **Distribution en ligne :** Mettez en place une plateforme de vente en ligne où les clients peuvent acheter votre produit ou service directement sur votre site web. Assurez-vous que la plateforme offre une expérience utilisateur fluide et sécurisée.
- **Distribution via des partenaires :** Établissez des partenariats avec des distributeurs, des revendeurs ou des intégrateurs de systèmes qui peuvent commercialiser et vendre votre produit ou service à leur propre base de clients, en échange d'une commission ou d'autres arrangements commerciaux.
- **Réseaux de vente indirecte:** Rejoignez des réseaux de vente indirecte tels que des plateformes de marché ou des places de marché en ligne spécialisées dans votre secteur d'activité, où vous pouvez exposer votre produit ou service à un large public de clients potentiels.
- **Ventes en personne lors d'événements professionnels :** Profitez des opportunités de vente en personne lors d'événements professionnels tels que des salons, des conférences ou des séminaires, où vous pouvez rencontrer directement des clients potentiels et leur présenter votre solution.
- **Ventes par le biais de représentants locaux:** Engagez des représentants locaux dans des régions spécifiques ou des marchés étrangers pour promouvoir et vendre votre produit ou service localement, en tirant parti de leur connaissance du marché et de leur réseau de contacts.

5- Partenaires clés



5/1-Les Principaux partenaires qui peuvent nous Aider:

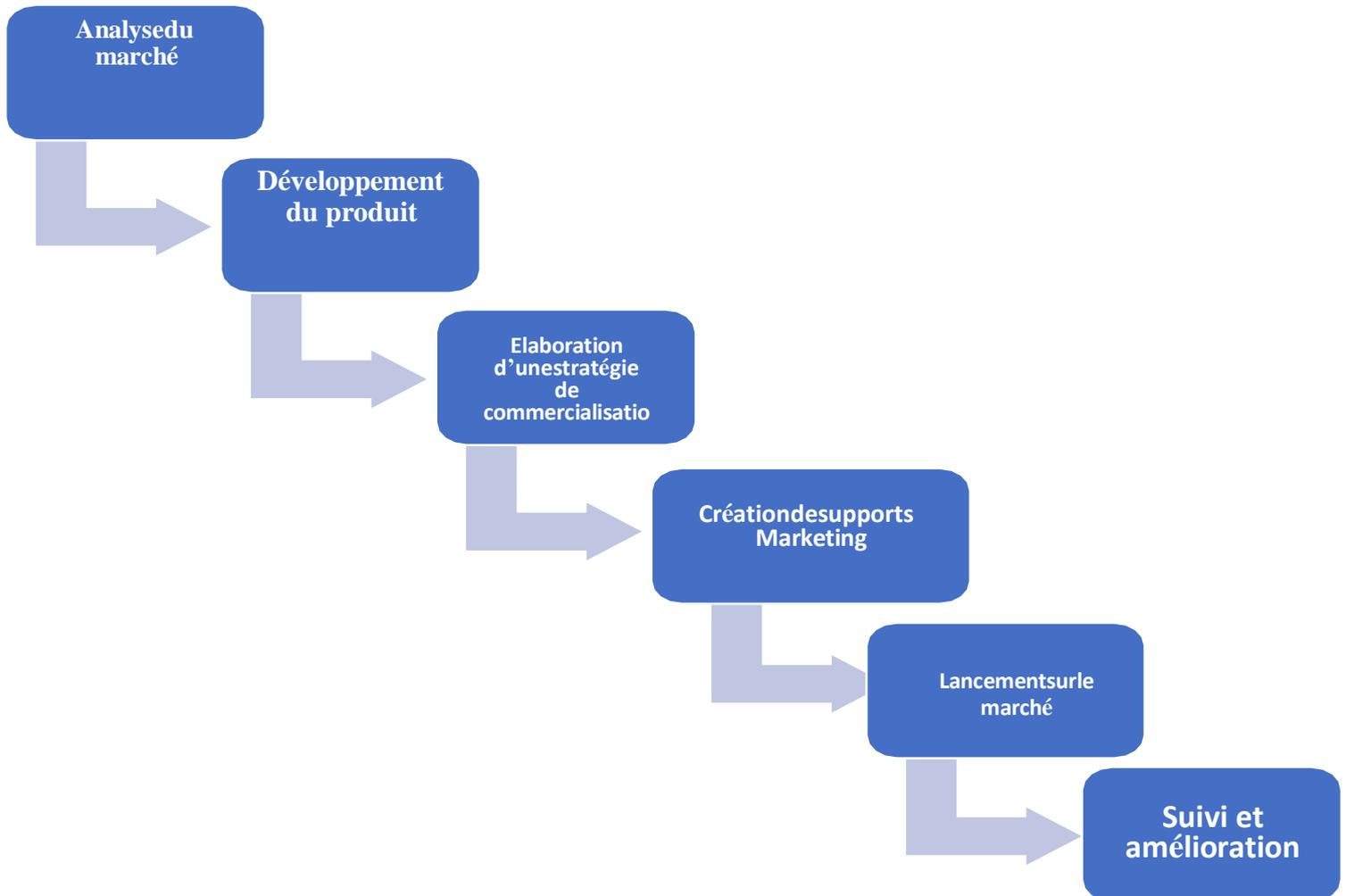
- Université de Belhadj Bouchaïb Aïntemouchent (Incubateur d'entreprises et maison d'entrepreneuriat)
- La Direction de l'Énergie et des Mines
- Entreprise SONATRACH
- Fonds des entreprises startup en Algérie ASF

5/2-Principauxfournisseurs

- Fournisseursdematièrepremière:
- Fournisseursd'équipementsd'entreprise(appareillageutiliserpournotreprocédé)



6/1-Principalesétapes:



6/2-Activitéssecondaires:

- Recherche et développement continu.
- Gestion de la relation client.
- Formation et support technique.
- Gestion de la qualité et assurance qualité.
- Veille concurrentielle et surveillance du marché.
- Responsabilité sociale et environnementale.

ملخص

تعتمد الاستراتيجية الاقتصادية للجزائر على تطوير الصناعات البتر وكيماوية يعتبر الغاز الطبيعي النفط الخام المواد الخام الأساسية بالنظر إلى النطاق تطبيقها الواسع. تعتبر الأمونيا واليوريا من المنتجات التي تميز دادا الطابع عليها في السوق العالمية. ومن بين هذه المجمعات لدينا - السورفرت 2222 طن/يوم من الأمونيا السائلة و 0542 طن/يوم من حبيبات اليوريا. والخيرة 2x- قبل إنتاجها، قاموا بالإنتاج بعدة معايير. في هذا العمل، سوف نقوم بدراسة وتحسين المبادل E003 في وحدة إزالة الكربون. تتكون هذه الدراسة من دراسة درجات حرارة المذيبات المختلفة؛ حل مشكلة الرغوة وكذلك القياس على مستوى المبادل؛ لقد تحسنا أداء هذا الوحدة.

الكلمات المفتاحية: البتر وكيماويات، الأمونيا، اليوريا، المبادل، إزالة الكربون، الرغوة، الانتشار

Abstract

Algeria's economic strategy is based on the development of petrochemical industries. Natural gas and crude oil are the essential raw materials given its wide scope. Ammonia and urea are in high demand in the global market. Among these complexes we have -sorfert- which produces 2x2200 t/d of liquid ammonia and 3450 t/d of granulated urea. And the latter before being produced, they made the production in several parameters. We will study in this work and improve E003 exchanger in the decarbonation unit. This study consists in studying solvent temperature deferent; solve foaming problem and also spread at the exchanger level; have improved the performance of this unit.

Keywords: petrochemicals, ammonia, urea, exchanger, decarbonation, foaming, spreading.

Résumé

La stratégie économique d'Algérie est basée sur le développement des industries pétrochimiques. Le gaz naturel et le pétrole sont les matières premières essentielles comptent en de son vaste champ d'application. L'ammoniac et l'urée s'est des produits fortement demandés dans le marché mondial. Parmi ces complexes on a -sorfert- qui produit 2x2200 t/j de l'ammoniac liquide et 3450 t/j de l'urée granulé. Et ce dernier avant être produise, ils ont fait la production en plusieurs paramètre. Nous étudierons dans ce travaille et faire améliorer échangeur E003 dans l'unité de décarbonation. Cette étude consiste à étudier les déférentes température de solvant ; faire résoudre problème de moussage et aussi tartrage au niveau d'échangeur ; avoir amélioré performance de cette unité.

Mots-clés: pétrochimiques, l'ammoniac, l'urée, échangeur, décarbonation, moussage, tartrage.
