



Department of Process Engineering

قسم هندسة الطرائق

Ref :...../U.M/F.S.T/2024

رقم :..... / ج.م.ك.ع.ت//2024

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : INDUSTRIES PÉTROCHIMIQUES

Option : GÉNIE PÉTROCHIMIQUE

THÈME

Simulation de l'unité d'UFC 80 dans complexe CP1/Z par Aspen Hysys

Présenté par

1- Mr Bentata Lakhdar

2- Mlle Boukerrouche Dalila

Soutenu le 26 /06 / 2024 devant le jury composé de :

Président :	M ^{me} Driouch Aouatef	MCA	Université de Mostaganem
Examineur :	M ^{me} Mezouagh Amina	MCB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	M ^{me} Mohamed seghir Zahira	MCB	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2023/2024

REMERCIEMENTS

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Louange à ALLAH, pour son amour et ses bienfaits inestimables, de

Nous avoir guidé et illuminé vers l'apprentissage.

À notre professeur Mme MOHAMED SEGHIR Zahira

Nous sommes très reconnaissants à l'honneur que vous nous avez fait en acceptant d'encadrer notre travail. Nous vous exprimons notre grande admiration pour vos hautes qualités morales, humaines et professionnelles.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury, Dr. DRIOUCH Aouatef, et Dr. MEZOUAGH Amina, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leur proposition.

Une pensée très sincère à tous les enseignants de la Faculté des Sciences et de la Technologie en particulier à ceux du département de Génie des Procédés qui ont su nous donner une formation didactique et appréciable tout au long de notre cursus universitaire.

Nous adressons nos sincères remerciements et notre gratitude à nos chers parents, qui ont toujours été une source de soutien et d'inspiration pour nous.

Nous ne pouvons également manquer de remercier les superviseurs de la Sonatrach, Mr. Hawlala Nabil et Mr. Cheikh Zakaria, pour leur soutien technique et moral. Nous remercions également Mr. Arabi Ben Kaddach et Mr. Mohamed Mokhtari de Surfert Company, et Mr. Mohamed Ben Hamel de Adwan Company, pour leurs précieuses contributions et les informations qu'ils nous ont fournies, et Mr. Hamou cheikh pour son soutien technique et moral.

Nous n'oublions pas d'exprimer notre profonde gratitude à nos frères, amis et familles pour leur soutien et leurs encouragements continus tout au long de nos études.

Que ALLAH vous récompense tous et vous accorde le succès dans vos efforts.

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Liste des abréviations

CP1/Z	: Complexe pétrochimie 1 Arzew
UFC 80	: Urée formaldéhyde condensé.
CO	: Monoxyde de carbone
CO ₂	: Dioxyde de carbone
CH ₃ OH	: Méthanol
CHOH	: Formaldéhyde
HCOOH	: Acide formique
CH ₃ OCH ₃	: Diméthyle Ether
F36	: Formaldéhyde.
Unité 100	: Unité de production de formaldéhyde 36 et formurée 80
N ₂	: Azote
O ₂	: Oxygène
SO ₂	: Dioxyde de soufre
Mg	: Magnésium
Ca	: Calcium
DHr	: Enthalpie de réaction
R α	: Réaction
PFD	: Procès flow diagramme
T	: Température
P	: Pression
RTO	: Region transport oust
Na Cl	: Sodium chlorite

Liste des figures

Figure 1:Schéma de production du méthanol08

Figure 2:Le complexe industriel d’ammoniac SORFERT.....08

Figure 3: principe d’électrolyse à membrane.....13

Figure 4 : Ventilateur FP101.....15

Figure 5 : Echangeur gaz-gaz E102 A/B..... 15

Figure 6 : Evaporateur E101.....16

Figure 7: Chaudière de récupération EB101.....17

Figure 8: Colonne d’absorption C101.....17

Figure 9: Echangeur a plaques.....18

Figure 10: Description de la phase gazeuse du procédé Formaldéhyde / Formurée....19

Figure 11:Unité De Production de L’Urée granulée.....22

Figure 12: Compression de CO2.....22

Figure 13:Ammonia pumping.....23

Figure 14:Synthesés.....23

Figure 15:Synthesés.....24

Figure 16:Recirculation.....25

Figure 17:Evaporation.....25

Figure 18:Granulation.....26

Figure 19 : Unité De Production de L’Urée.....27

Figure 20:électrolyse à membrane.....28

Figure 20: évaporation de la soude caustique.....28

Figure 21:Component List.....34

Figure 22:Fluide package.....34

Figure 23:Reaction.....35

Figure 24:Palette.....35

Liste des figures et des tableaux

Figure 25: Flowsheet case (C101).....	37
Figure 26: Colonne d'absorption (C101).....	37

Liste des tableaux

Tableau 1: La capacité de production des unités du complexe CP1/Z.....	07
Tableau 2: Stockage des produits finis.....	07
Tableau 3: Spécifications techniques des réacteurs.....	16

ملخص

المحاكاة تدرس سلوك النظام. فهو يجعل من الممكن، على وجه الخصوص، دراسة تطور النظام من خلال تغيير عامل أو أكثر ومقارنة القيم المحسوبة بالقيم المرصودة.

تمثل محاكاة Aspen HYSYS لوحدة إنتاج القوالب باستخدام طريقة عمود الامتصاص للتفاعل بين الفورمالديهايد واليوريا وهيدروكسيد الصوديوم منهجًا متقدمًا في تحسين العمليات الكيميائية الصناعية.

يتضمن إنتاج الفورمالديهايد بطريقة عمود الامتصاص التفاعل بين الفورمالديهايد واليوريا وهيدروكسيد الصوديوم لتكوين منتجات التكثيف، وبشكل رئيسي الفورمولا.

تتميز هذه المحاكاة بكونها سهلة الاستخدام وسهلة الاستخدام بمجرد فهم العناصر الأساسية، وقد تم تطويرها لصناعة النفط، على الرغم من أنها تستخدم لأنواع أخرى من العمليات الكيميائية. يسمح هذا البرنامج بأخذ التفاعلات الكيميائية، وتوازنات الطور، وانتقال الحرارة والكتلة، في الاعتبار، بالإضافة إلى عمليات الوحدة.

باستخدام Aspen HYSYS، يمكن للمهندسين والباحثين دراسة سلوك النظام في ظل ظروف مختلفة، وتحسين معلمات التشغيل، وتحديد الاختناقات، واقتراح تحسينات لزيادة كفاءة الوحدة وربحيتها.

الكلمات المفتاحية: المحاكاة، فورموري، أسبن هيسيس..

Abstract

Simulation studies the behavior of a system. It makes it possible, in particular, to study the evolution of the system by varying one or more factors and comparing the calculated values to the observed values.

Aspen HYSYS simulation of a formurée production unit using the absorption column method for the reaction between formaldehyde, urea and NaOH represents an advanced approach in the optimization of industrial chemical processes.

The production of formurée by the absorption column method involves the reaction between formaldehyde, urea and NaOH to form condensation products, mainly formurée.

This simulator has the advantage of being user-friendly and easy to use once the basic elements are understood, it was developed for the petroleum industry, although it is used for other types of chemical processes. This software allows chemical reactions, phase equilibria, heat and mass transfers, as well as unit operations to be taken into account.

Using Aspen HYSYS, engineers and researchers can study system behavior under varying conditions, optimize operating parameters, identify bottlenecks, and propose improvements to increase unit efficiency and profitability. production.

Keywords: Simulation, formurée, Aspen HYSYS

Résumé

Résumé

La simulation étudie le comportement d'un système. Elle permet, en particulier, d'étudier l'évolution du système en faisant varier un ou plusieurs facteurs et en confrontant les valeurs calculées aux valeurs observées.

La simulation par Aspen HYSYS d'une unité de production de formurée en utilisant la méthode de la colonne d'absorption pour la réaction entre le formaldéhyde, l'urée et le NaOH représente une approche avancée dans l'optimisation des processus chimiques industriels.

La production de formurée par la méthode de la colonne d'absorption implique la réaction entre le formaldéhyde, l'urée et le NaOH pour former des produits de condensation, principalement la formurée.

Ce simulateur a l'avantage d'être convivial et facile à utiliser une fois que les éléments de base sont compris, il a été développé pour l'industrie du pétrole, bien qu'il soit utilisé pour d'autres types de procédés chimiques. Ce logiciel permet de prendre en compte les réactions chimiques, les équilibres de phases, les transferts de chaleur et de masse, ainsi que les opérations unitaires.

En utilisant Aspen HYSYS, les ingénieurs et les chercheurs peuvent étudier le comportement du système dans des conditions variables, optimiser les paramètres de fonctionnement, identifier les goulots d'étranglement et proposer des améliorations pour augmenter l'efficacité et la rentabilité de l'unité de production.

Mots clés : Simulation, formurée, Aspen HYSYS

SOMMAIRE

Remerciement

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résume1

Introduction3

Chapitre I : Présentation des Complexes (CP1/Z-SORFERT-ADWAN)

I-1-Présentation du complexe CP1/Z6

 I-1-1-Historique du complexe CP1Z6

 I-1-2-Situation géographique du complexe6

 I-1-3-Activités principales du complexe6

 I-1-4-Capacités de production.....7

 I-1-5-Capacité de stockage.....7

 I-1-6-Les activités actuelles de complexes.....8

 I-1-6-1-Procédés de fabrication du méthanol8

I-2-Présentation du complexe Sorfert9

 I-2-1- Introduction.....9

 I-2-2-Fiche technique.....9

 I-2-3- Situation Géographique du Complexe Sorfert.....9

 I-2-4-Procédés de fabrication d'Ammoniac10

I-3-Présentation du complexe ADWAN Chemicals11

 I-3-1-Présentation de l'entreprise11

 I-3-2-Capacité de production dans unité de chlore et ses dérivés11

 I-3-3-Préparation de la saumure12

 I-3-5-Electrolyse à membrane13

Chapitre II :Procédé de fabrication (formaldéhyde - urée - NaOH)

II-1-Unité 100 : production de formaldéhyde.....14

SOMMAIRE

II-1-1-Les différents équipements dans l'unité 100	14
II-1-2-Principe de procédé de production de formol	18
II-1-3-Description détaillé du procédé de production de formaldéhyde ou formurée	19
II-1-3-2-1- Généralité sur Le Formurée (UFC80):.....	21
II-1-3-3-Le pré-stockage et stockage finale du formurée	22
II-1-3-3-Stockage	22
II-2-Unité De Production de L'Uréé granulé	23
II-2-1-Description du Procédé	23
II-2-1-1-Compresion de CO ₂	23
II-2-1-2-Ammonia pumping	24
II-2-1-3-Synthèses	24
II-2-1-4-Recirculation	25
II-2-1-5-Evaporation	26
II-2-1-6-Granulation	27
II-2-2- Urea block diagram	28
II-3-Unité De Production de NaOH	29
II-3-Hydroxyde de sodium ..	29

Chapitre III : La simulation et le simulateur HYSYS

III-La simulation et le simulateur HYSYS.....	30
III-1-Introduction	30
III-2-Définition de la simulation	30
III-3-Présentation du logiciel choisi "HYSYS".....	30
III-4-Objectifs des simulateurs	31
III-5-Les caractéristiques principales de HYSYS	31
III-6-Les étapes d'utilisation du logiciel HYSYS	32
III-7-Concepts de base du simulateur HYSYS	32

Chapitre IV: La simulation et discussion des résultats

IV-Les étapes à suivre	34
IV-1-Environment properties	34
IV-2- Environment simulation	35

SOMMAIRE

IV-3-Flowsheet case.....	37
IV-4- Flowsheet Colonne d'absorption (C101)	37
Résultats	38
Conclusion.	43
Bibliographie	44

ANNEXE

Introduction

La simulation par Aspen HYSYS d'une unité de production de formurée en utilisant la méthode de la colonne d'absorption pour la réaction entre le formaldéhyde, l'urée et le NaOH représente une approche avancée dans l'optimisation des processus chimiques industriels. Aspen HYSYS est un logiciel de simulation largement utilisé dans l'industrie pour modéliser et analyser les processus de production à l'échelle industrielle. Voici une introduction sur cette simulation :

La production de formurée par la méthode de la colonne d'absorption implique la réaction entre le formaldéhyde, l'urée et le NaOH pour former des produits de condensation, principalement la formurée. Cette méthode est cruciale dans la fabrication d'adhésifs à base d'urée-formaldéhyde, utilisés dans diverses industries telles que la construction, l'automobile et l'ameublement.

La simulation par Aspen HYSYS de cette unité de production vise à modéliser chaque étape du processus, depuis l'alimentation des matières premières jusqu'à la récupération des produits finaux. Le logiciel permet de prendre en compte les réactions chimiques, les équilibres de phases, les transferts de chaleur et de masse, ainsi que les opérations unitaires telles que la colonne d'absorption.

En utilisant Aspen HYSYS, les ingénieurs et les chercheurs peuvent étudier le comportement du système dans des conditions variables, optimiser les paramètres de fonctionnement, identifier les goulots d'étranglement et proposer des améliorations pour augmenter l'efficacité et la rentabilité de l'unité de production.

De plus, Aspen HYSYS offre la possibilité d'explorer différentes configurations de colonnes d'absorption, d'évaluer l'impact de nouvelles technologies et de tester des stratégies de contrôle avancées, le tout dans un environnement virtuel sécurisé et économique.

Pour notre projet, nous avons entrepris une étude de simulation par Aspen HYSYS de l'unité de production de formurée dans le complexe cplz par la méthode de la colonne d'absorption qui représente un outil puissant pour l'industrie chimique, permettant une conception efficace, un contrôle optimal et une optimisation continue des processus de production, contribuant ainsi à améliorer la compétitivité et la durabilité des entreprises.

Introduction

Nous débutons notre mémoire par une description détaillée des trois complexes Cp1z, sorfert et adwan. Ensuite, nous examinons en profondeur le procédé de fabrication (formaldehyde-urée -NAOH). Dans une troisième partie, nous nous concentrons sur la présentation du logiciel Aspen HYSYS qui simule le comportement des réacteurs et tous les équipements participants dans ce travail. Le dernier chapitre est consacré à la simulation du procédé de fabrication de (formaldehyde-urée –NAOH) et la présentation des différents résultats obtenus.

En fin, on termine ce manuscrit par une conclusion générale qui résume l'essentiel de notre travail

CHAPITRE I :

**Présentation des
Complexes
(CP1/Z-SORFERT-ADWAN)**



I-1-Présentation du complexe CP1/Z :

I-1-1-Historique du complexe CP1Z :

Dans le cadre de la politique d'industrialisation du pays et du développement de l'économie nationale, la société nationale SONATRACH et la société italienne SIR donnèrent naissance en 1969 à la société mixte ALMER dont le premier projet sera le complexe méthanol et résines synthétiques. Le 10 septembre 1970, ALMER signe un contrat avec la société HUPPHREYS et GLASGOW pour la construction de l'unité méthanol, contrat qui rentrera en vigueur en février 1971.

I-1-2-Situation géographique du complexe :

Le Complexe du Méthanol et la résines occupe une superficie de 27 hectares sur le plateau du MOHGOUN ville d'Arzew. Il est situé au nord de la Raffinerie à deux Kilomètre de la ville. Il est desservi par la route nationale Oran-Arzew-Mostaganem.

I-1-3-Activités principales du complexe :

Le complexe CP1Z a pour activité la prise en charge de toute opération de transformation chimique des hydrocarbures liquides ou gazeux ainsi que leurs dérivés pour la production de produits pétrochimiques de base et des produits finis destinés au marché national et à l'exportation .à présent, le complexe fabrique principalement le méthanol et quelques résines « Colle à boisurée-formol » :

- ✓ Méthanol, Grade A
- ✓ Formaldéhyde 36% (F36)
- ✓ Formurée 80 (UFC80)
- ✓ Résines uréiques liquides L10.

I-1-4-Capacités de production

Le tableau I.1 regroupe les différentes unités au niveau du complexe CP1/Z avec leur capacité.

Tableau 1: La capacité de production des unités du complexe CP1/Z

Désignation des produits	Appellation abrégée	Capacité (Tonnes/an)
Méthanol	MeOH	112000
Formaldéhyde/Formurée	F36 + UF80	20000
Résines phénoliques liquides (pour mousse et lamifié)	RPHHL et RPM	6000 Actuellement fermée
Résines phénoliques poudres a mouler	RPHPM	2600 Actuellement fermée
Résine mélaniques	RM	1000 - Actuellement fermée
Résines uréiques liquides	RUL	10000
Résines uréiques atomisées	RUA	2600 - Actuellement fermée
Résines uréiques poudres a mouler	RUPM	2500 - Actuellement fermée

I-1-5-Capacité de stockage

Le complexe possède des grandes capacités pour stocker les produits finis dans des conditions bien déterminer voir le tableau :[2]

Tableau 2: Stockage des produits finis.

désignation	Stockag emoyen (t / m3)	Capacité stockage théorique (t/m3)	Lieu de stockage	Condition de stockage
Méthanol raffiné	5000	24000	Bac 16TK1/TK2 A double toit (fixe/flottant)	T° Ambiante
Formaldéhyde F36	200	1000	Bacs D201 A/B (à toi fixe) calorifugé	T° Ambiante
Formurée	500	500	Bacs D202 A/B (à toi fixe) calorifugé	T° Ambiante
Résine Urée liquide	60	120	Bacs D216 A/B (à toi fixe) calorifugé	T° > 25°C Par circuit vapeur
Résine Urée solide	200	1000	Magasin produits finis	Climatisée

I-1-6-Les activités actuelles de complexes

Le complexe CP1/Z est composé de plusieurs unités de production

I-1-6-1-Procédés de fabrication du méthanol :

La synthèse du méthanol s'effectue de façon très sélective à partir d'un mélange d'oxyde de carbone, monoxyde de carbone et d'hydrogène. Ces gaz peuvent être obtenus par reformage à la vapeur d'eau du gaz naturel. Le procédé de reforming consiste à mélanger le gaz naturel d'alimentation désulfuré et chaud avec de la vapeur d'eau, puis à faire réagir le mélange au-dessus d'un catalyseur approprié dans le four de reforming pour produire de l'hydrogène, monoxyde de carbone, et l'oxyde de carbone.

Le gaz, connu sous le nom de gaz de synthèse, est refroidi et comprimé jusqu'à la pression requise pour la synthèse du méthanol. Avant de faire réagir au-dessus du catalyseur de synthèse et enfin de condenser le méthanol brut ainsi produit. Le méthanol brut est purifié par distillation afin d'enlever l'eau et les impuretés (produits légers) qui se forment comme sous-produits de synthèse.

La production du méthanol à partir du gaz passe par plusieurs étapes successives :

- ✓ La désulfuration de la charge d'alimentation (gaz naturel).
- ✓ Le reformage à la vapeur d'eau et du gaz naturel (production du gaz de synthèse).
- ✓ Le refroidissement du gaz de synthèse et récupération de l'eau.
- ✓ La compression du gaz de synthèse.
- ✓ La boucle de synthèse.
- ✓ La détente et stockage du méthanol brut.
- ✓ La distillation du méthanol brut.
- ✓ Production de la vapeur d'eau par récupération d'énergie.
- ✓

L'étape de désulfuration n'est pas nécessaire en raison de la teneur en soufre du GN inférieur à 0,01%

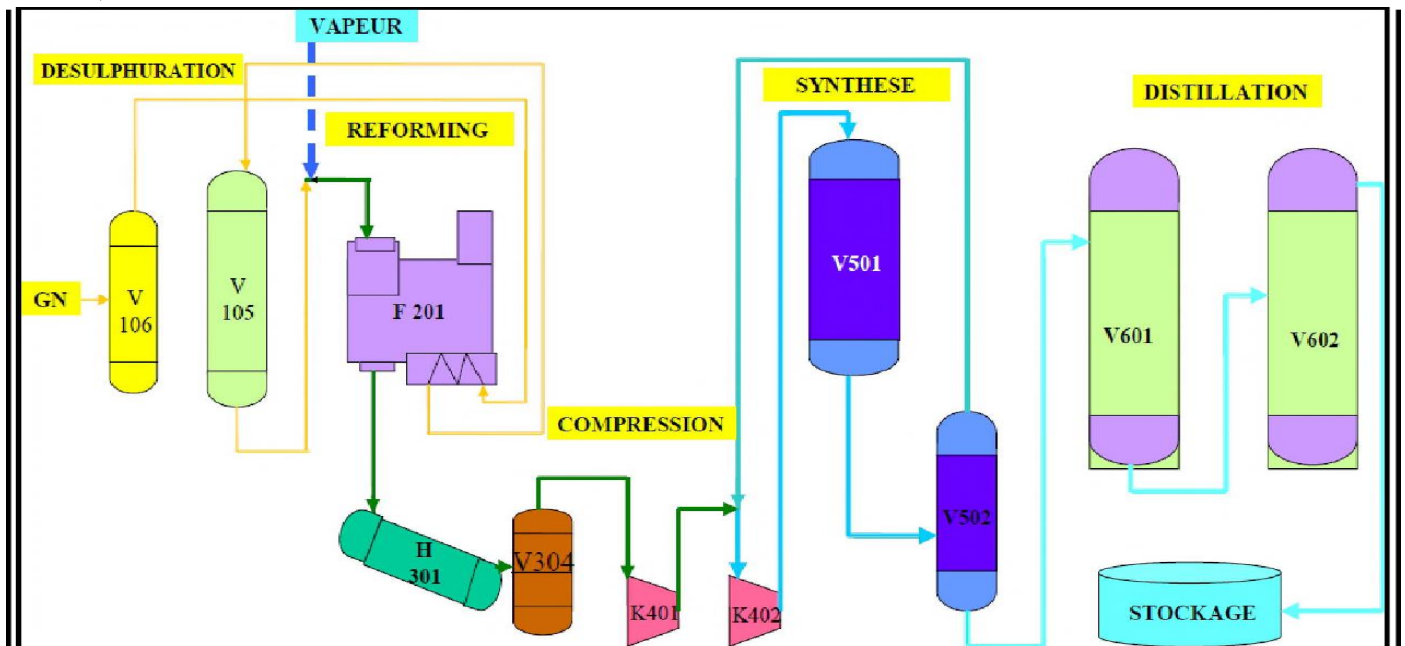


Figure 1:Schéma de production du méthanol

I-2-Présentation du complexe SORFERT :

I-2-1-Introduction

Le complexe industriel d'ammoniac SORFERT est, parmi les plus importantes réalisations industrielles de la chaîne de transformation des hydrocarbures, cette usine fait partie d'un partenariat entre l'entreprise algérienne Sonatrach et l'entreprise égyptienne Orascom construction industries établie le 10 juin 2007, sous la loi 51/49 exploitée par la société Sonatrach en Algérie. Il a été conçu pour assurer le transport, sous forme d'ammoniac liquide et de l'urée engrais.

I-2-2-Fiche technique

- **Superficie** : 37 hectares
- **Construction par** : Orascom construction industries.OCI
- **Date de démarrage** : Décembre 2011
- **Alimentation en gaz naturel** : RTO.
- **Procédé** : Thyssen Krupp uhde.
- **Nombre de train** : 02.
- **Capacité de stockage** : 75.000 m³ d'ammoniac liquide.
- Un hangar de stockage d'urée de 100000 m³
- **Température de chargement du produit** : -33 °C.

I-2-3-Situation Géographique du Complexe Sorfert

Le complexe Sorfert est situé dans la zone industrielle d'Arzew à l'ouest de Béthioua, 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.

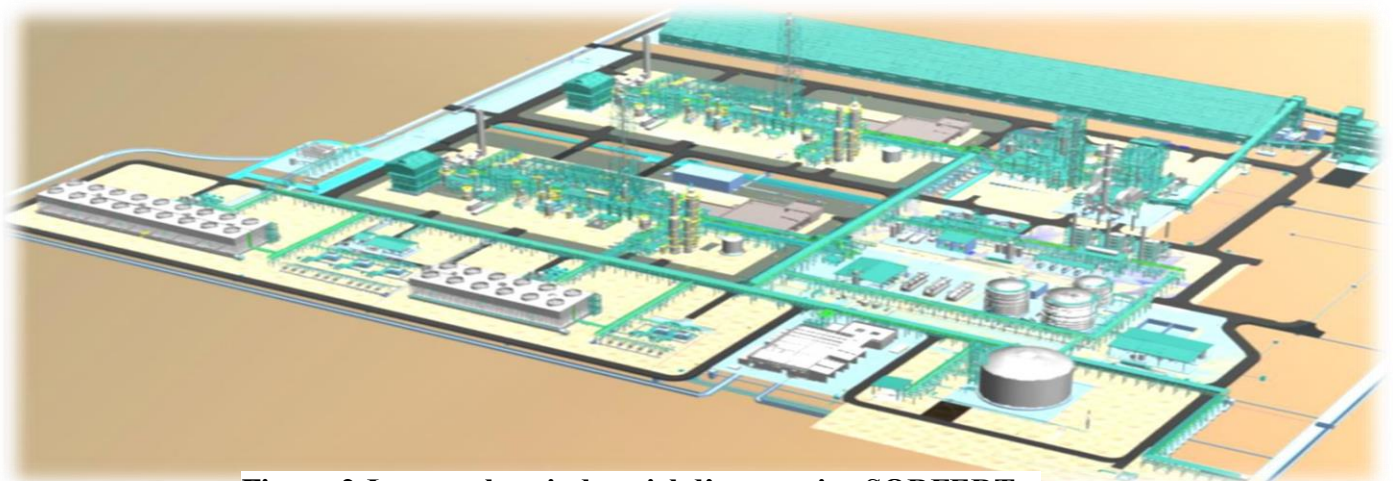
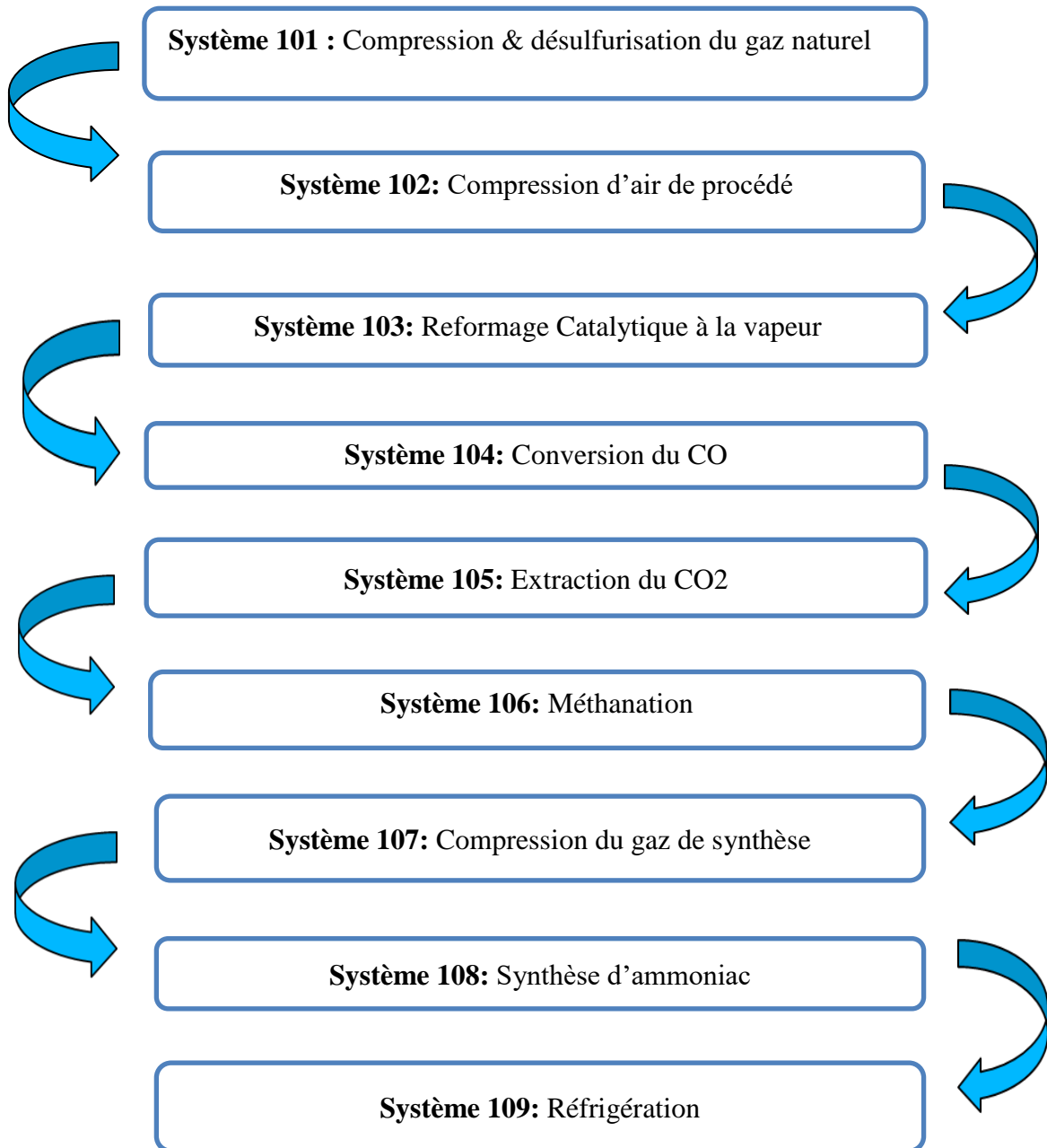


Figure 2:Le complexe industriel d'ammoniac SORFERT

I-2-4-Procédés de fabrication d'Ammoniac :



I-3-Présentation du complexe ADWAN Chemicals:

I-3-1-Présentation de l'entreprise :

ADWAN Chemicals Algeria : a été créée le 19 mai 2004 dans le cadre de l'extension de l'activité de la société mère, située en Arabie saoudite, une société à capitaux saoudiens de droit algériens. Elle est basée à l'Ouest de l'Algérie dans la commune de Farnaka, Wilaya de Mostaganem [9]

Activité : Production et commercialisation de produits chimiques inorganiques

Superficie : 70 000 m²

Capital : 3,7 milliards de dinars

Postes directs : 280

Certificats ISO :

Système de gestion de la qualité ISO 9001 : 2015

Système de management environnemental ISO 14001:2015

Système de gestion de la santé et de la sécurité au travail ISO 45001:2018

Unités de production

Usine de production de sable traité et ses dérivés

Usine de production de chlore et ses dérivés

I-3-2- Capacité de production dans unité de chlore et ses dérivés :

1- **Chlore liquide** : 22 300 T/an

2- **Soude caustique** : 24 000 T/an

3- **Hypochlorite de sodium** : 42 000 T/an

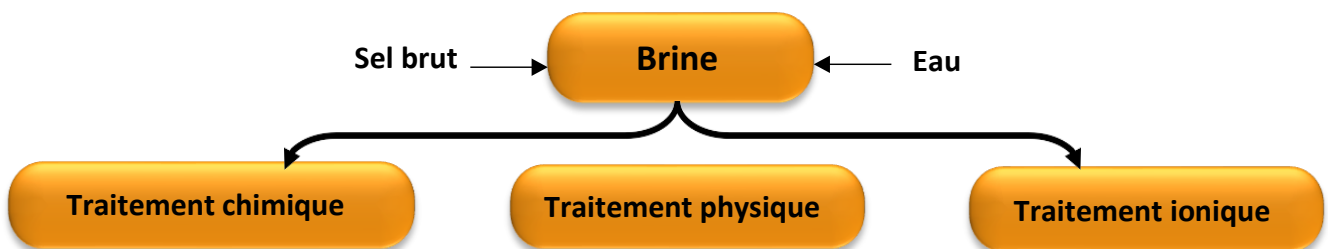
4- **Acide chlorhydrique** : 35 600 T/an

5- **Chlorure ferrique** : 30.000 T/an

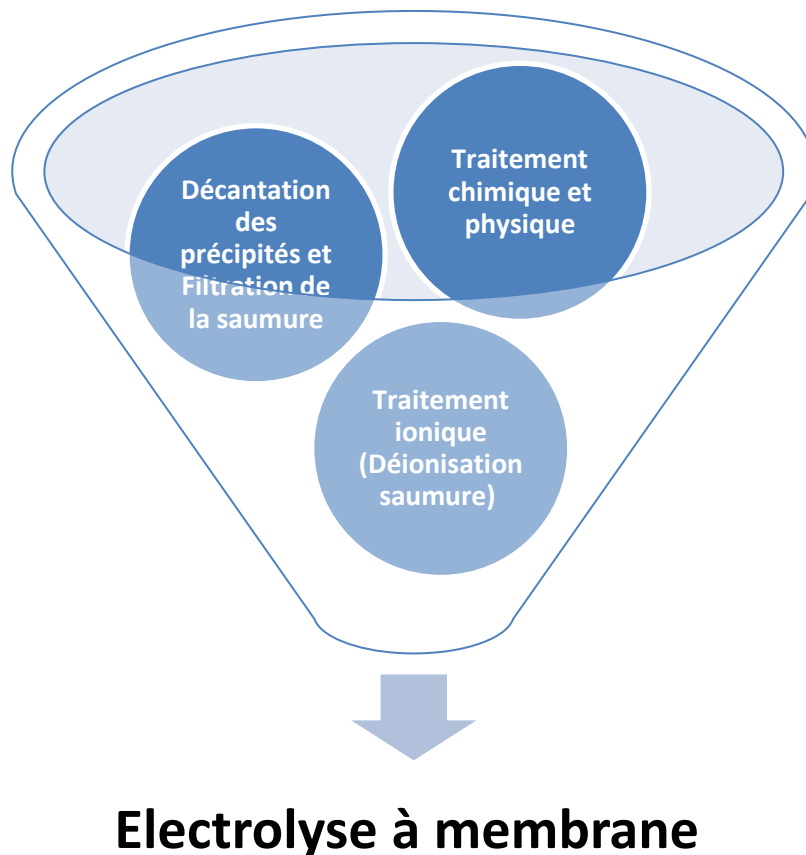
I-3-3- Préparation de la saumure :

Sel brut est ramené de la wilaya de l'Oued, à 98% de concentration, il contient de nombreuses impuretés (SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Ca^{2+}) qui nécessitent un traitement chimique et physique afin d'être utilisable dans la préparation de la saumure.

Le sel est rempli dans deux banquiers (A et B) acheminé avec deux courroies jusqu'aux saturateurs. Il y a deux saturateurs A(T101) et B(T101) où le sel se dissout dans l'eau chaude $T=50\text{ }^\circ\text{C}$ pour former une saumure de concentration 300g/l et de ph (9-11). [5]



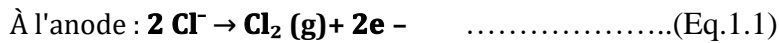
I-3-4- Traitement de la saumure (Brine) :



I-3-5- Electrolyse à membrane :

Le sel ou chlorure de sodium (NaCl) est constitué de deux ions : l'ion chlorure (Cl^-) et l'ion sodium (Na^+). Pour les séparer, l'industrie utilise le procédé d'électrolyse à membrane.

L'électrolyse chlore-soude vise la production du dihydrogène, de la soude et du dichlore à partir de la saumure (eau chargée en NaCl) par l'apport d'électricité. Les demi-réactions ayant lieu sont :



Seuls les ions sodium (Na^+) vont migrer de l'anode vers la cathode à travers la membrane pour se combiner avec les ions hydroxydes (HO^-) pour former de la soude caustique (NaOH) de 31% à 32%. [4]

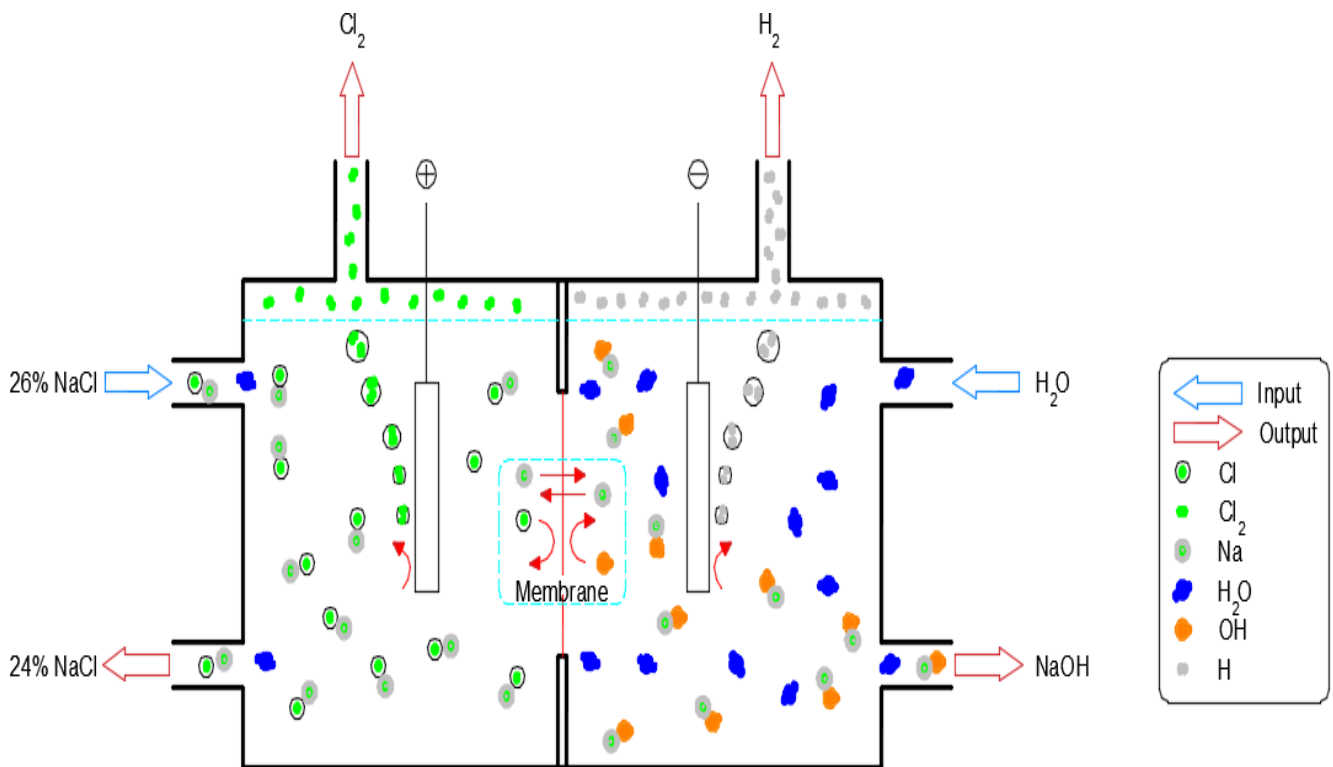


Figure 3: principe d'électrolyse à membrane

CHAPITRE II :

Procédé de Fabrication (FORMALDEHYDE- UREA- NAOH)



II-1-Unité100 :Production de formaldéhyde

L'unité 100 produit alternativement deux solutions :

- Le formaldéhyde à 36 %
- La formurée à 80 %

II-1-1-Les différents équipements dans l'unité 100 :

II-1-1-1-Un compresseur d'air FP101 (Ventilateur)

Le **FP101** est un ventilateur centrifuge, sert à envoyer dans les autres équipements l'air nécessaire à la réaction. Il aspire un mélange d'air frais et du gaz recyclé provenant de la tête de la colonne à l'aide d'une vanne MC101. Le mélange gaz recycle et l'air frais s'appelle **air total**.



Figure 1 : Ventilateur FP101.

II-1-1-2-Echangeur de chaleur gaz — gaz (E102 A/B)

Échangeur a un seul faisceau et deux calendres séparés .Il est divisé en trois secteurs sert à chauffer l'air nécessaire à évaporer le méthanol, à chauffer le gaz total (air total + méthanol) avant la réaction E102A et à refroidir les gaz de formaldéhyde après la réaction E102B.



Figure 2 : Echangeur gaz-gaz E102 A/B

II-1-1-3-Evaporateur de methanol E101 :

Il sert à évaporer le méthanol liquide et le mélanger avec l'air pour former le gaz à réagir. C'est un cylindre vertical en acier inox rempli d'anneaux pall 35 x 35, comprenant des grilles de soutènement et un tore distributeur.

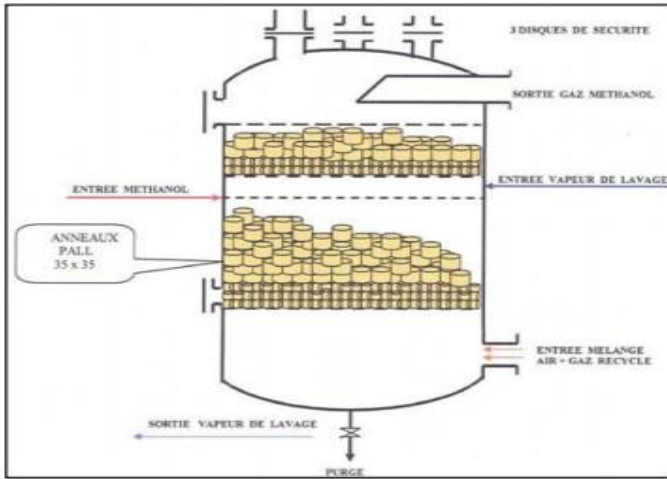


Figure 3 : Evaporateur E101.

II-1-1-4-Réacteurs isothermes R101/R102 :

Ce sont deux réacteurs identiques tubulaires à lit fixe, ils servent à la transformation du gaz total (méthanol + air total) en formaldéhyde à l'aide d'un catalyseur sélective Molybdate de Fer. Le gaz total passe dans côté tube et l'huile diathermique circule dans la calandre.

L'huile est un caloporteur, elle est utilisée pour absorber la chaleur Cédée par la réaction dans les deux réacteurs R101 et R102.

Tableau 1: Spécifications techniques des réacteurs.

Nombre	2
Nombre de tubes	10400
Diamètre interne des tubes	15
Hauteur des tubes	800 mm
Alimentation d'air recyclé +air frais + méthanol	11400 Kg +3800 Kg +1180 Kg
Concentration du méthanol dans le gaz total	6.5%
Volume des réacteurs	2×0.63 m ³
Densité du catalyseur	0.93

II-1-1-5-Chaudière de récupération EB101 :

C'est une chaudière de récupération de chaleur, elle sert à refroidir l'huile diathermique qui extrait de la chaleur de la réaction au niveau des deux réacteurs, cette chaleur est récupérée pour produire de la vapeur.

Elle est composée d'une enveloppe cylindrique horizontale et d'un faisceau tubulaire formé par 46 tubes en U. l'enveloppe et les tubes sont en acier au carbone et l'appareil est couvert par un calorifugeage d'une épaisseur de 150 mm.



Figure 7: Chaudière de récupération EB101

II-1-1-6-Une Colonne d'abattage C101 :

C'est une colonne d'absorption à garnissage qui sert à abattre les gaz formaldéhyde par l'eau déminé en cas de marche à formaldéhyde 36 ou par l'urée en cas de marche à formurée 80. Elle est en acier inox ; elle comprend 3 tronçons à remplissage (TC1, TC2, TC3) à annaux *PALL* chacun avec son système de recyclage du liquide et d'échange thermique et un tronçon intermédiaire avec 11 plateaux perforés sans recyclage, ces équipements de garniture servent à augmenter au maximum la surface et le temps de contact entre les gaz montants et le liquide descendant.

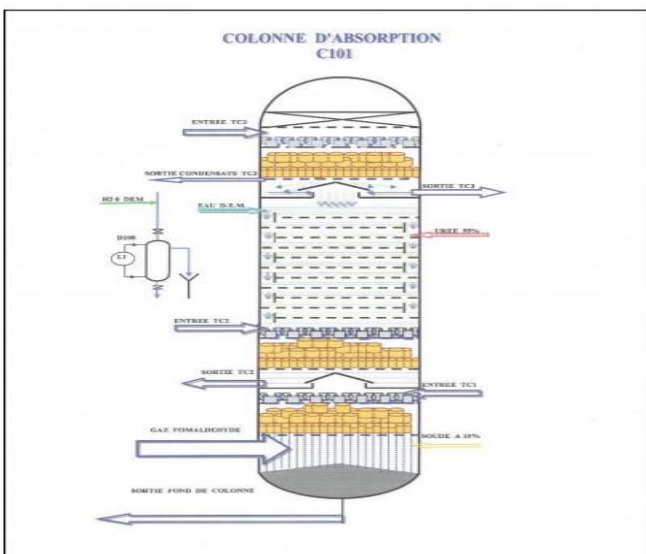


Figure 8: Colonne d'absorption C101

II-1-1-7-Echangeurs à plaques E103, E104 et E105 A/B :

Ils servent à refroidir les solutions des différents tançons de la colonne. Le transfert de chaleur se fait entre l'eau de tour et le produit à refroidir qui circulent à co-courant (en parallèle).



Figure 9: Echangeur a plaques.

II-1-1-8-Bac d'expansion D103 :

Bac poumon d'huile sert à séparer les fractions gazeuses qui peuvent se trouver dans l'huile diathermique.

II-1-1-9-Plusieurs bacs de stockage D101, D112, D114, D109 et D107 :

Ils ont la fonction de stocker respectivement le méthanol, l'urée, produit final, la soude et l'huile.

II-1-1-10-Pompes et filtres à corbeilles :

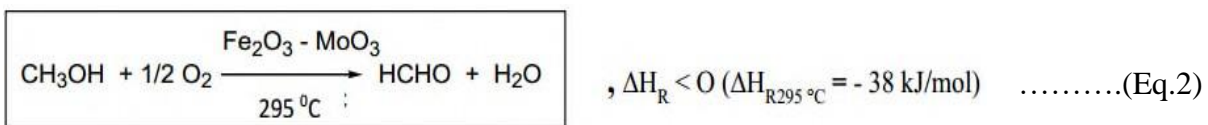
Chaque pompe a un filtre sur la tuyauterie d'aspiration pour éviter que la saleté puisse entrer et se déposer sur la roue de la pompe. [6]

II-1-2-Principe de procédé de production de formol :

Principe de Procédé :

Basé sur l'oxydation du méthanol par l'air en phase gazeuse en présence d'un catalyseur.

Ce procédé met en œuvre des catalyseurs à base d'oxydes de molybdène et de fer, dopage : composés de V, Cr, Co, Ni, Mn ; pour augmenter sélectivité, résistance à l'écrasement, à l'attrition ...



Avantage de ce procédé

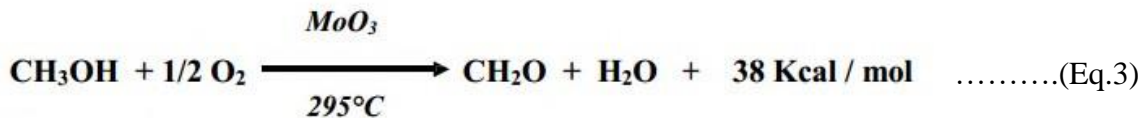
Ne nécessite pas de température élevée \iff catalyseur sélectif. (T voisine de 270—380 °C)

II-1-3-Description détaillé du procédé de production de formaldéhyde ou formurée :

II-1-3-1-Production du gaz de formaldéhyde :

La production de formaldéhyde est basée sur l'oxydation du méthanol au-dessus d'un catalyseur à base de molybdate de fer (Fe Mo), l'agent d'oxydation est l'oxygène contenu dans l'air, cette réaction est exothermique, représentée par la réaction suivante :

L'air total est composé de 75% de gaz recyclé (contrôlé par la vanne MC101) et de 25% d'air frais est aspiré par le ventilateur FP 101 à une température ambiante, puis il est chauffé jusqu'à une température d'environ 130°C dans l'échangeur E102/A côté calandre (partie inferieur), l'échange thermique est assuré par le gaz de formaldéhyde sortant des deux réacteurs (R101, R102) qui passe à travers les tubes de cet échangeur. L'air chaud entre dans l'évaporateur E101 rempli des anneaux où il est mélangé avec le méthanol contrôlé par la vanne de sécurité XV101 en respectant le rapport méthanol/2(Méthanol + Air total) de l'ordre de 6.5, ce rapport est très important car le mélange méthanol-air étant explosif au concentration comprise entre 7.5 % et 36 % qui représentent respectivement la limite d'explosivité inférieure(LEI) et supérieur (LES) du méthanol. Une injection automatique de la vapeur BP contrôlée par la vanne XV103 est prévue pour chasser le méthanol de l'évaporateur dans le cas où le ventilateur FP101 s'arrête. L'évacuation est assurée par la vanneXV 102.



Le gaz total (air + méthanol) sort de l'évaporateur E101 à une température d'environ 80°C et entre dansL'échangeur E102/B (partie supérieur) pour être chauffé jusqu'à une température de 170°C.

Le gaz total pénètre dans les deux réacteurs (R101, R102) pour produire du formaldéhyde à l'état gazeux, la chaleur cédée par cette réaction est récupérée par l'huile diathermique qui s'écoule dans un circuitspécifique. Le formaldéhyde sort des deux réacteurs à une température d'environ 295°C pour être refroidi jusqu'à 140°C dans l'échangeur E102 coté tube par les deux fluides : l'air total et le gaz total, il entre ensuite dans la colonne d'absorption par le fond de la colonne.

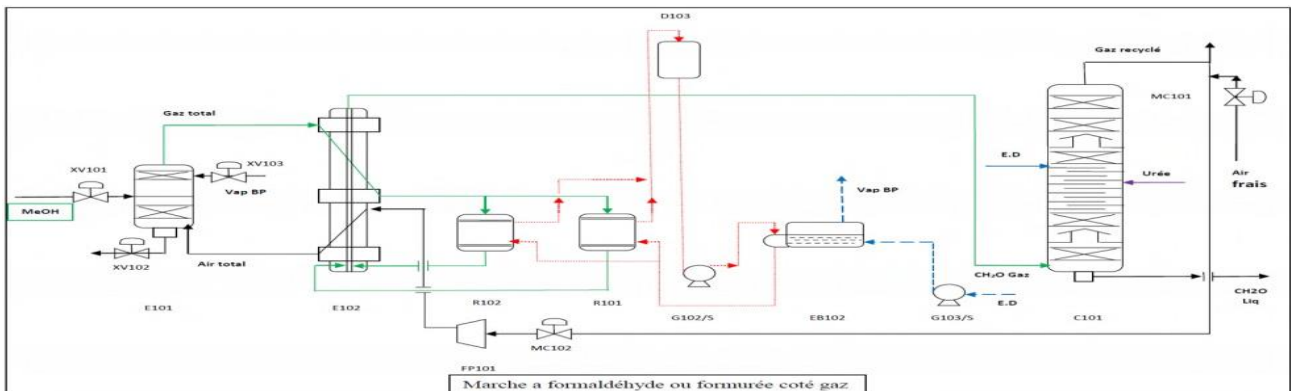


Figure 10: Description de la phase gazeuse du procédé Formaldéhyde / Formurée

II-1-3-1-Production de formaldéhyde liquide à 36% en poids :

La colonne d'absorption C101 est composée de trois tançons de condensation (TC₁, TC₂, TC₃) et 11 plateaux perforés. Pour l'absorption du formaldéhyde, l'injection de l'eau déminéralisée se fait au niveau du 11^{ème} plateau. En descendant, l'eau s'enrichit en gaz et le formaldéhyde ascendant s'appauvrit des gaz.

La recirculation du liquide dans la colonne est assurée par :

Le tronçon TC1

Le liquide est aspiré par la pompe G107 de la cuve de la colonne (C101) à une température de 52°C, ensuite refroidi dans les échangeurs à plaque E103 et E104, puis il entre dans le déversoir du TC1 à une température de 48°C.

Le tronçon TC2

Le liquide est soutiré de la cuve de TC2 par la pompe G108 à une température de 33°C, ensuite refroidi dans l'échangeur à plaque E105, puis il entre dans le déversoir du TC2 à la température 28°C, cette opération s'appelle la mise en circulation du TC2.

Le tronçon TC3

Il assure la déshumidification des gaz sortant des plateaux de manière à en permettre le recyclage à une température ambiante.

Description du procédé de formurée :

La formurée est obtenue par l'absorption du formaldéhyde gaz par la solution d'urée dans la colonne d'absorption selon la réaction suivante :



Production du gaz de formaldéhyde :

Pour cette phase, la démarche suivie est la même que celle suivie pour la production du formaldéhyde que nous avons citée précédemment

II-1-3-2-Production de formurée 80% en poids :

Pour l'absorption du formaldéhyde, l'injection de l'urée se fait au niveau du 7^{ème} plateau. La recirculation du liquide dans la colonne est assurée par :

Le tronçon TC1

Le liquide est aspiré par la pompe G107 de la cuve de la colonne C101 à une température de 65°C, ensuite refroidi dans l'échangeur à plaque E103, puis il entre dans le déversoir du TC1 à une température de 60°C.

Le tronçon TC2

Le liquide est soutiré de la cuve de TC2 par la pompe G108 à une température de 54°C, ensuite refroidi dans l'échangeur à plaque E104, puis il entre dans le déversoir du TC2 à une température de 48°C.

Le tronçon TC3

Le liquide est soutiré de la cuve de TC3 par la pompe G109 à une température de 34°C, ensuite refroidi dans l'échangeur à plaque E105, puis il entre dans le déversoir du TC3 à la température de 28°C. [1]

Remarque :

La production de la formurée 80 se déroule dans un milieu alcalin donc une injection de soude à 10 % de concentration se fait périodiquement en fonction des analyses de pH au niveau de la colonne C101, le but de travailler dans ce milieu est d'éviter la solidification de la formurée (condensation très avancée de la formurée).

Pour le bon déroulement de la fabrication de la formurée, il est nécessaire de faire des analyses périodiques (au niveau du laboratoire de l'unité 100) de pH et densité de notre produit, afin d'éviter la solidification de ce dernier.

II-1-3-2-1- Généralité sur Le Formurée (UFC80):

❖ II-1-3-2-1-1- Le Formurée :

UFC 80: urée –formaldéhyde condensé 80.

- L'UFC-80 est une solution aqueuse concentrée et stabilisée, ayant un rapport moléculaire F/U de 5/1. elle est composée de (57% formaldéhyde ,23% d'urée et 20% de l'eau en poids). Elle a l'aspect d'un sirop limpide et l'odeur piquante et irritante du formaldéhyde.

❖ II-1-3-2-1-2- Propriétés chimiques :

- L'UFC-80 est un composé relativement stable pendant de longues périodes même à de basses températures.
- L'aldéhyde formique contenu dans l'UFC-80 est un composé extrêmement réactif, Son oxydation conduit à la formation d'acide formique(HCOOH) dans les solutions d'UFC – 80.
- Les solutions d'UFC-80 sont légèrement corrosives vis-à-vis de la plupart des métaux, à l'exception de l'acier inoxydable et de l'aluminium

❖ **II-1-3-2-1-3- Propriétés physiques :**

- Ces principales caractéristiques physiques sont les suivantes :
- Formaldéhyde : 57% \pm 0.5 en poids
- Urée : 23% \pm 0.5 en poids
- Densité à 20°C : 1.29 : 1.30 gr/cm³
- Ph à 20°C : 6.5-7.5
- La viscosité de ce produit varie selon la teneur en matières actives et la température.

❖ **II-1-3-2-1-4- Utilisation :**

- L'UFC-80 est utilisé dans la fabrication de toutes les résines de condensation urée-formaldéhyde (colle liquide et atomisé).
- Production d'Urée

II-1-3-3-Le pré-stockage et stockage finale du formurée :

La formurée fabriquée est soutiré du fond de la colonne, dans le cas où le niveau de la colonne dépasse 50%, l'électrovanne s'ouvre automatiquement pour faire circuler le produit à l'aide de la pompe G112 vers le bac de pré- stockage (D113 ou D114) en passant par l'échangeur à plaque E106 pour être refroidi d'avantage. La formurée peut être corrigée pour l'obtenir à 80% en poids en additionnant une quantité d'eau et d'urée calculée en se basant sur les résultats d'analyse donnés par laboratoire. La formurée à 80% est stockée dans les bacs D202 A/B d'une capacité de 500 m³ chacun.

II-1-3-4-Stockage :

L'UFC 80 doit être de préférence conservée à des températures comprise entre 20 °C et à 30°C. Dans ces conditions ses propriétés chimiques restent inaltérées pendant plus de 06 mois.[2]

II-2 -Unité De Production de L'Uréé granulé :

II-2-1-Description du Procédé :

Systèmes de procédé de l'unité d'urée

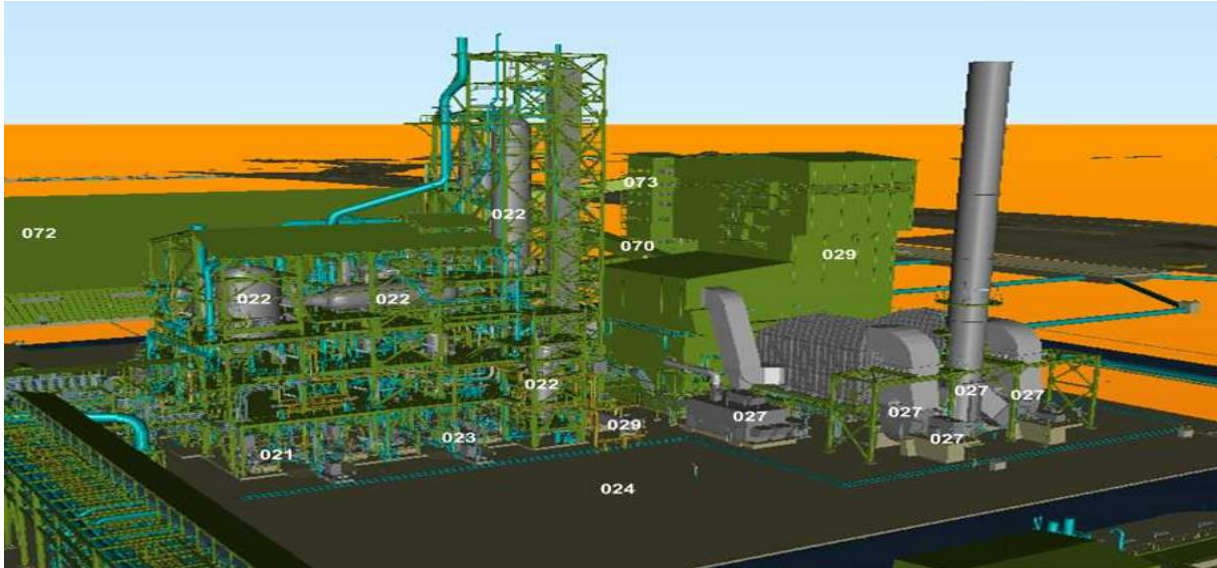


Figure 11:Unité De Production de L'Uréé granulé

II-2-1-1-Compression de CO₂ :

Le Dioxyde de carbone avec une petite quantité d'Air provenant de la LB est aspiré par le compresseur du CO₂ qui élève sa pression à environ 150 bar. Un convertisseur d'hydrogène est intégré dans le compresseur. Dans ce convertisseur l'hydrogène présent dans le CO₂ est extrait par combustion sur un Catalyseur à base de Pt. Le CO₂ déshydrogéné est introduit dans la partie inferieur du Stripper.

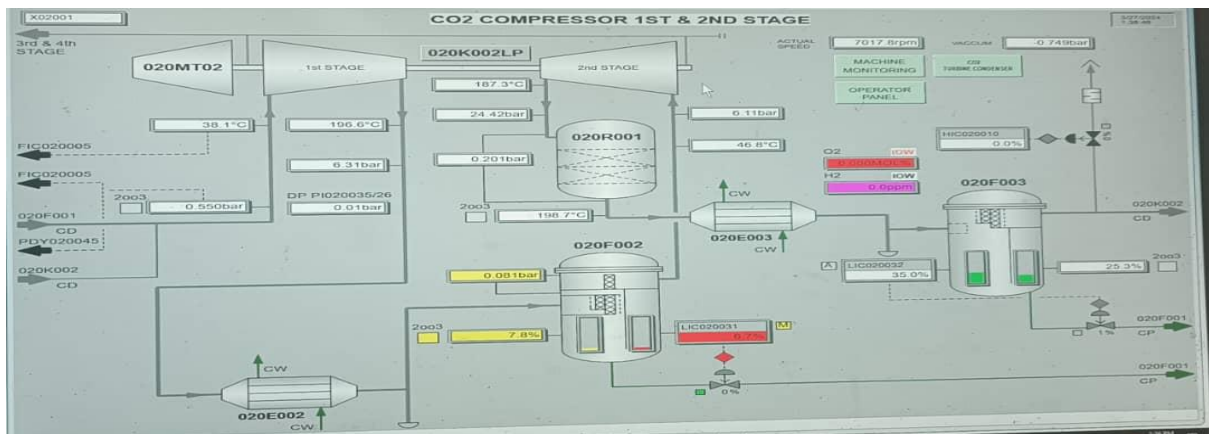


Figure 12: Compression de CO₂

II-2-1-2-Ammonia pumping

L'Ammoniac liquide est acheminé depuis la LB jusqu'à la pompe multicellulaires 021P002 haute pression ou il est comprimé à environ 188 bar. La pompe refoule le NH₃ 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.

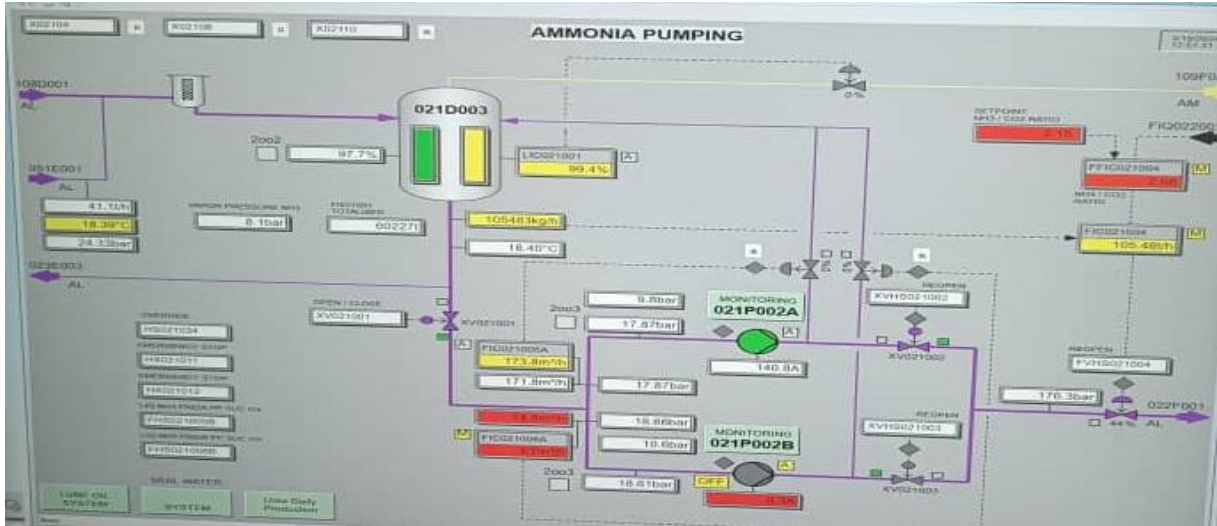
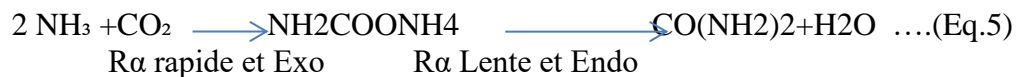


Figure 13:Ammonia pumping

II-2-1-3-Synthèses :

La synthèse de l'urée est réalisée par la réaction du NH₃ et du CO₂ à 170÷185 °C et 135÷145 bar formant du carbamate d'ammonium, qui est ensuite déshydraté thermiquement, formant de l'urée et de l'eau : Carbamate d'ammonium



Les deux flux d'alimentation, NH₃ et CO₂ sont introduits dans la section de synthèse Urée à un rapport molaire de 2:1 respectivement.

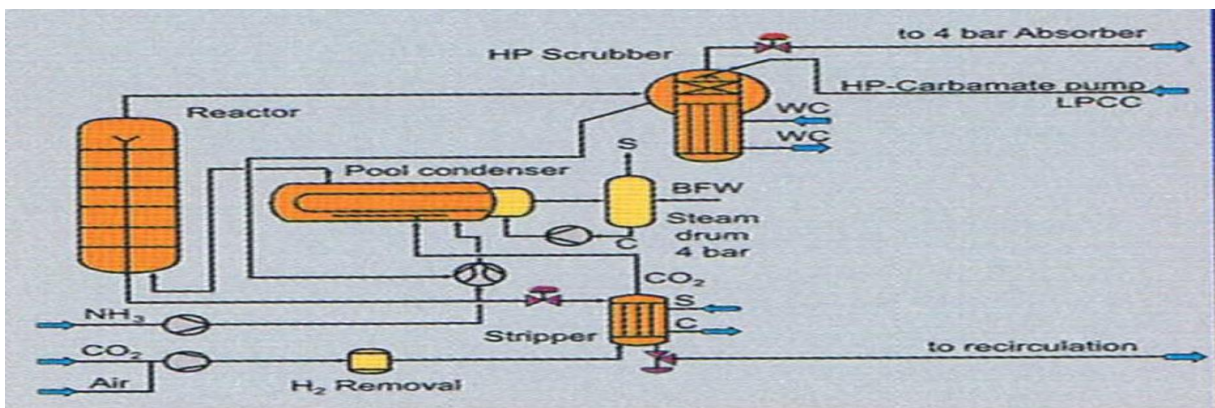


Figure 14:Synthésés

NH₃ avec carbamate d'ammonium, également appelé carbamate, provenant du laveur haute pression et le CO₂ 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.

Ici, l'effluent du réacteur est mis en contact à contre-courant avec du CO₂, provoquant la baisse de la pression partielle du NH₃ 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 pression de la vapeur est contrôlée par une PCV de façon à ce que le liquide quittant le Stripper contient 8 à9% poids de NH₃. La solution d'Urée provenant du Stripper haute pression s'écoule vers la section de recirculation basse pression. 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 bar . Les composants inertes introduits avec le CO₂ et une partie du NH₃ et du CO₂ non transformés quittent le sommet du stripper vers le laveur haute pression qui contient un échangeur de chaleur Faisceau-Calandre à sa partie basse et un lit à garnissage dans sa partie haute. Dans la partie supérieure, les gaz provenant de la section inférieure sont mis en contact à contre-courant avec la solution de carbamate qui est formée dans la section de recirculation basse pression. La solution de carbamate provenant du HP scrubber s'écoule vers l'éjecteur NH₃ haute pression. La pression d'alimentation en NH₃ est telle qu'elle permet une hauteur de charge suffisante dans l'éjecteur pour acheminer la solution de carbamate du HP scrubber au Pool Condenser.

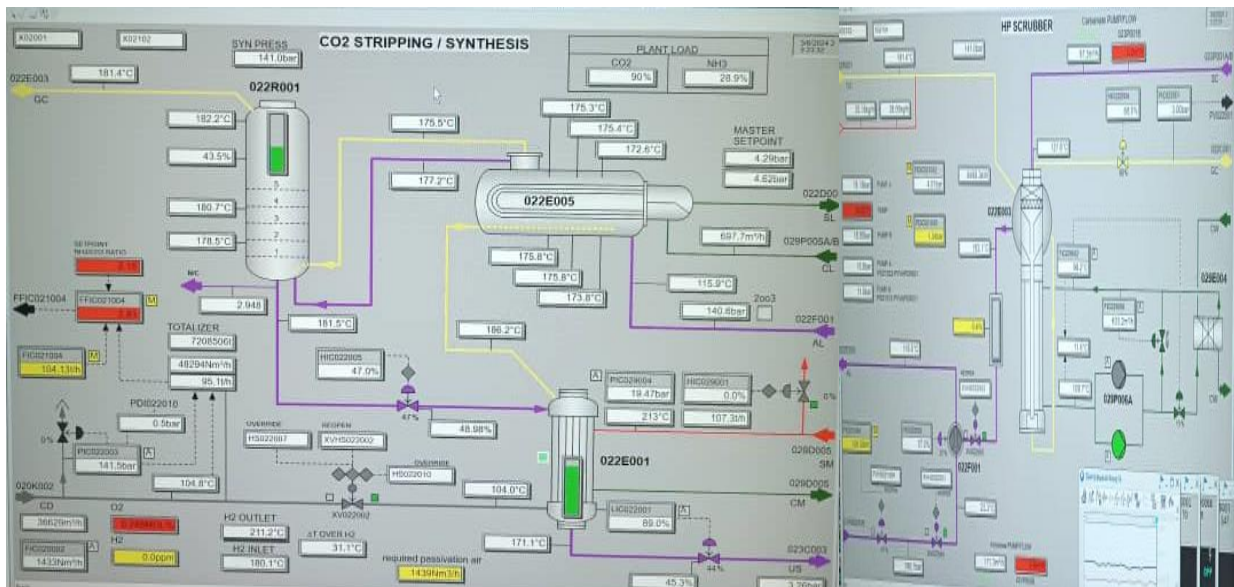


Figure 15: Synthesés

II-2-1-4- Recirculation :

Dans cette section, la majeure partie du NH₃ et du CO₂ non transformés sont récupérés de la solution Urée/Carbamate provenant de la partie inférieure du stripper. La solution Urée/carbamate est envoyée de la partie inférieure de la colonne de rectification vers un réchauffeur qui augmente sa température à 135°C afin de décomposer le carbamate restant. Les gaz sont dirigés vers la colonne de rectification où ils sont refroidis par la solution

plus froide d'Urée/carbamate. Les gaz quittant la colonne de rectification sont introduits dans la partie basse du condenseur de carbamate BP ou ils sont condensés en quasi-totalité. Le condensat de procédé avec les vapeurs de tête condensées provenant du premier désorbeur, alimente le condenseur de carbamate BP afin de contrôler la concentration d'eau dans la solution de carbamate. Le Taux optimal NH_3/CO_2 permet à la concentration d'eau dans le carbamate d'être aussi basse que 31% poids. La pression dans le condenseur de carbamate BP est contrôlée à 3.2 bar et la température du carbamate avoisine les 73°C. La solution de carbamate est aspirée depuis le réservoir de niveau du condenseur de carbamate BP jusqu'à l'aspiration de la pompe HP de carbamate pour être refoulée à 174 bar vers le scrubber HP.

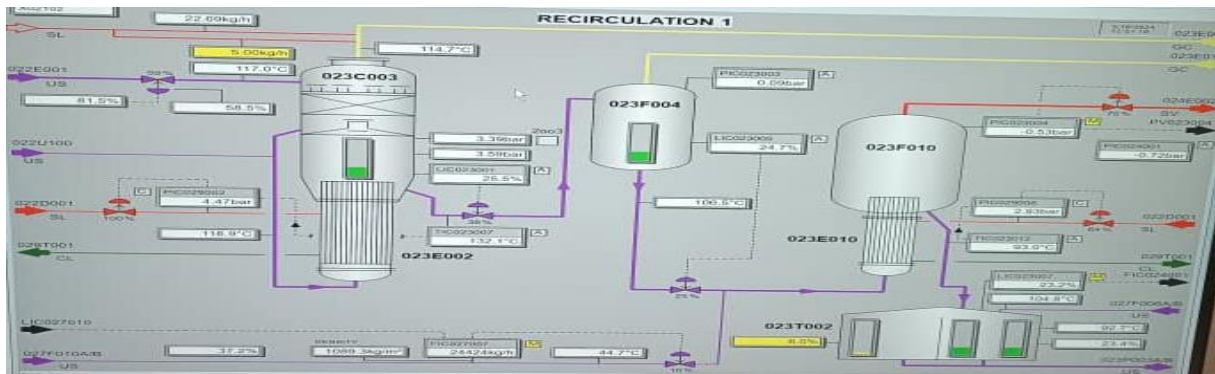


Figure 16:Recirculation

II-2-1-5-Evaporation :

La solution du séparateur de détente atmosphérique s'écoule vers le pré-évaporateur. Une partie de l'eau contenue dans la solution s'évapore pour augmenter la concentration d'Urée de 71 % à 80% poids. La chaleur d'évaporation requise est fournie par le système de la vapeur BP.ou elle est concentrée à 96 % à 97% poids au moyen de la vapeur BP et en réduisant la pression à 0.28 bar. 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 quittant le séparateur est condensée dans le condenseur avec les vapeurs provenant du séparateur pré-évaporateur.

puis elle est expédiée vers l'Unité de granulation après le mélange avec la solution de formaldéhyde.

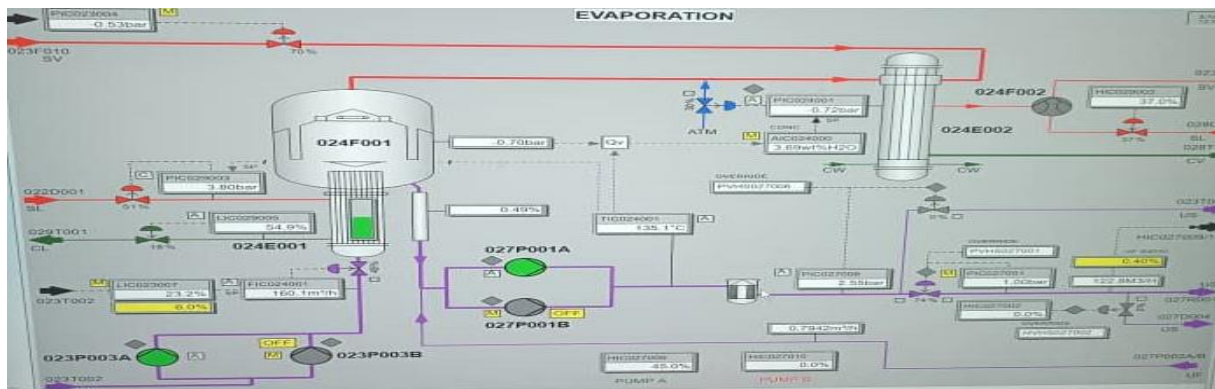


Figure 17:Evaporation

II-2-1-6-Granulation :

Dans la section de granulation de l'Unité, la solution d'Urée alimente le granulateur. Dans le granulateur, un lit fluidisé du produit est généré par le ventilateur de fluidisation de la granulation. 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 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.

Le tamis sépare le produit en trois fractions. La fraction de produit surdimensionné est transférée vers les broyeurs à cylindres et de là vers le granulateur comme recyclage. La fraction de produit sous-dimensionné est également recyclée vers le granulateur. Les flux d'airs pour le nettoyage sont injectés dans le laveur de refroidisseur et le laveur de granulateur. [3][7]

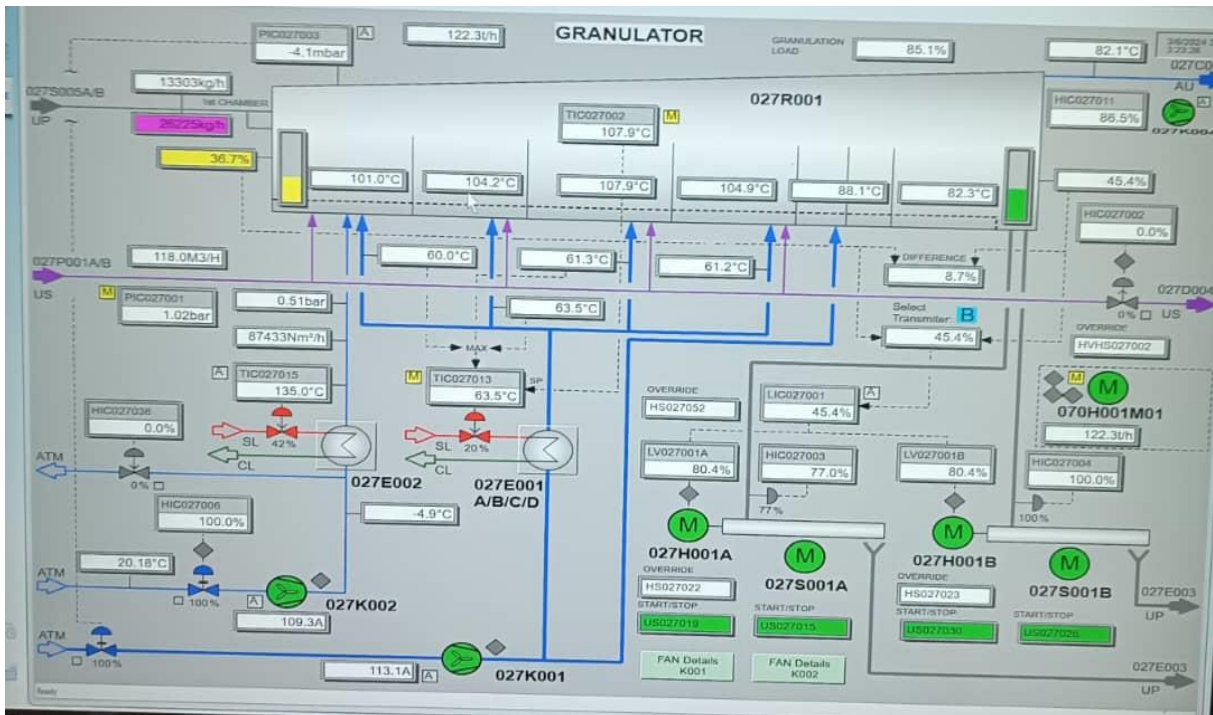


Figure 18:Granulation

II-2-2- Urée block diagramme :

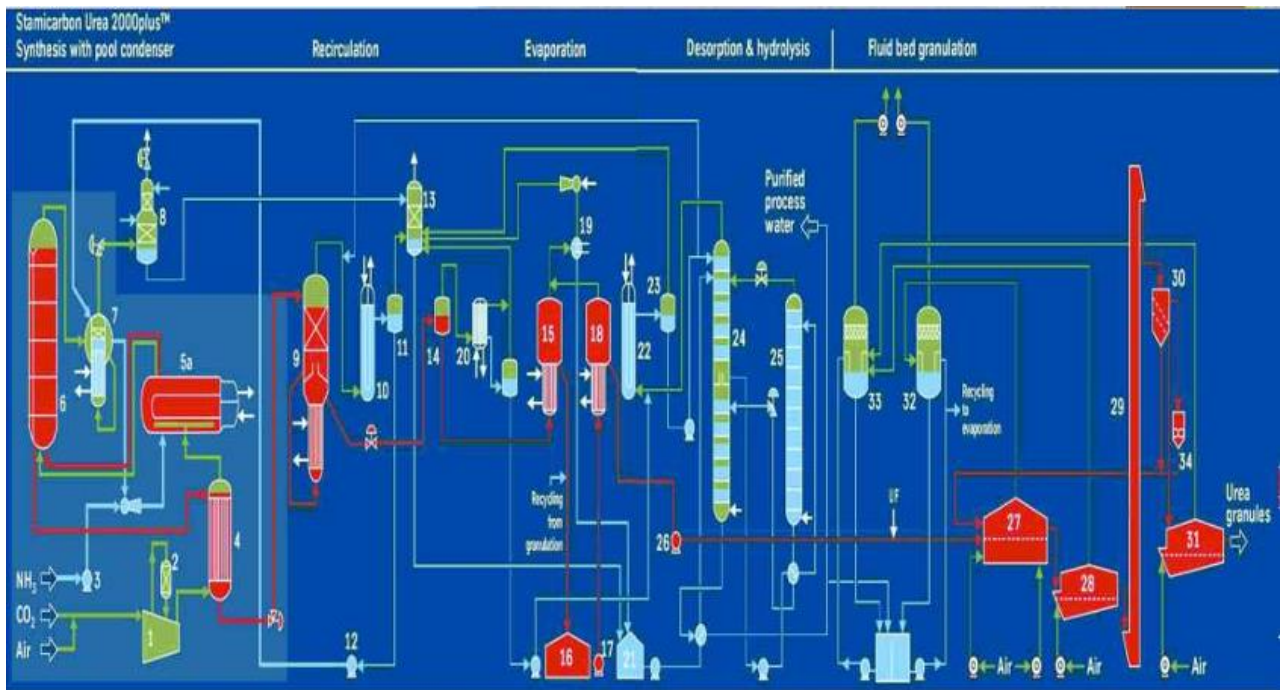
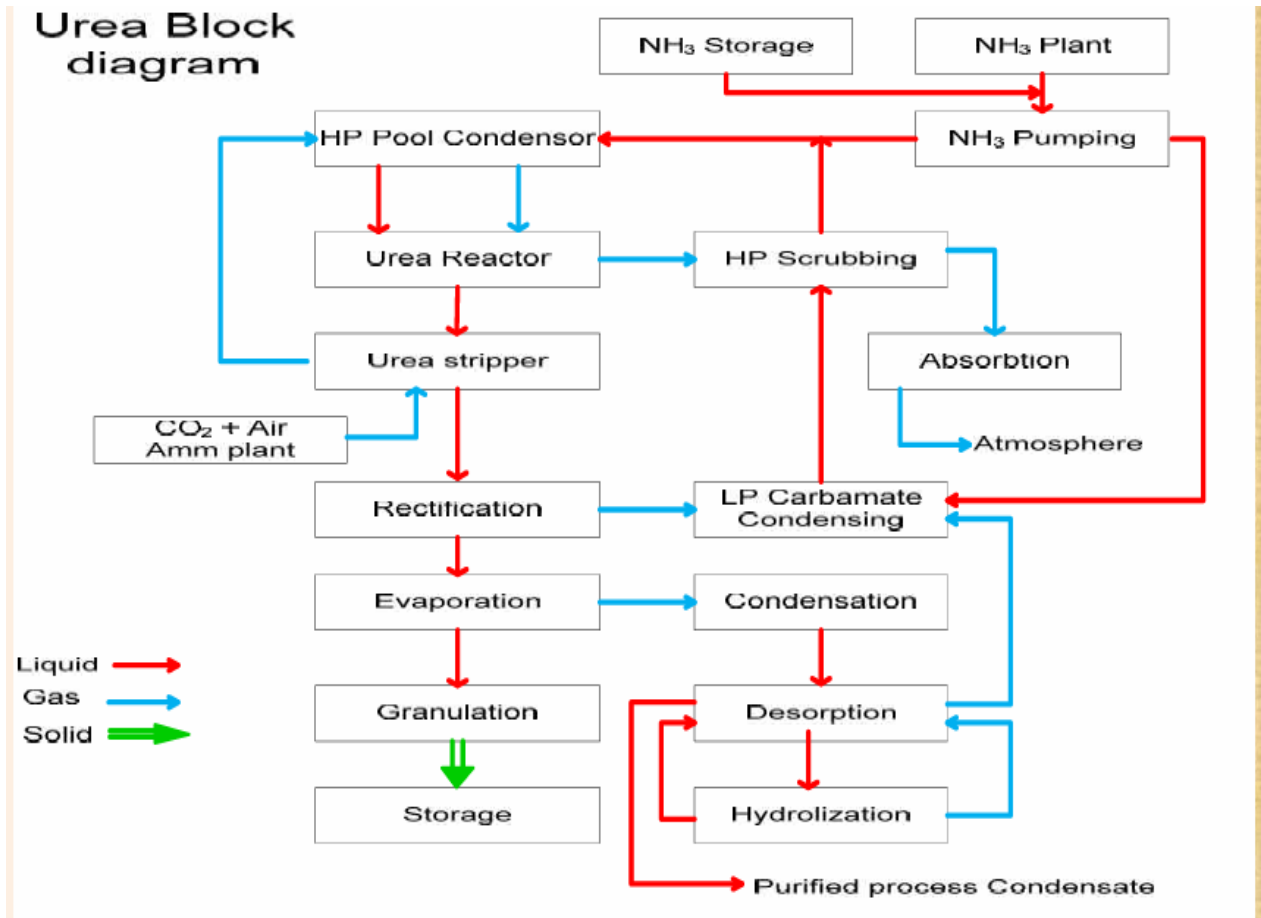


Figure 19 : Unité De Production de L'Uréé

II -3- Unité De Production de NAOH :

Hydroxyde de sodium :

32% d'hydroxyde de sodium est fabriqué par l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium NaCl.



Pour améliorer la concentration d'hydroxyde de sodium à 52 %, on fait l'évaporation qui élimine eau par des échangeurs.[4]

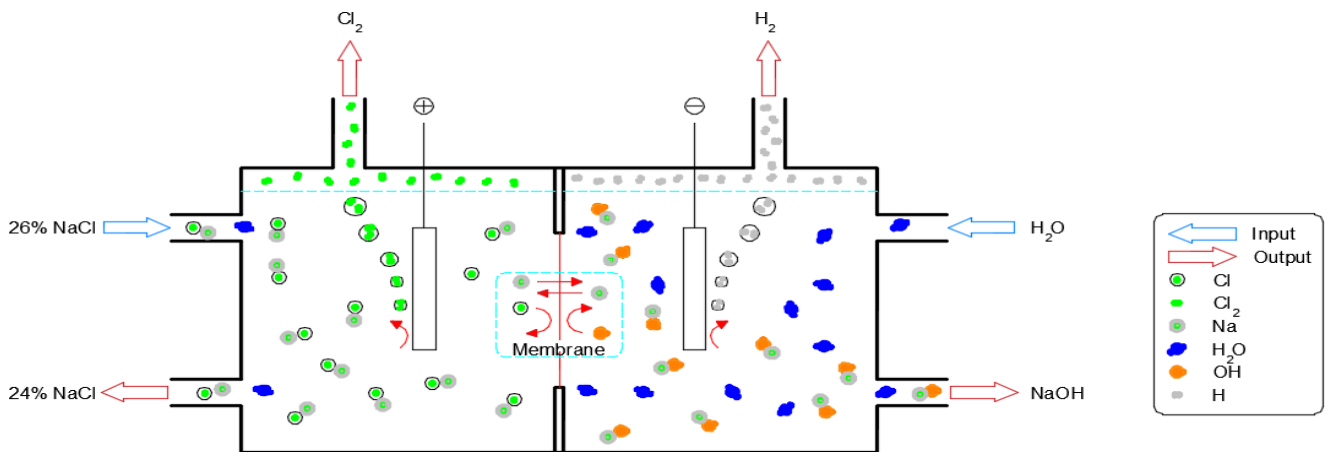


Figure 20: électrolyse à membrane



Figure 20: évaporation de la soude caustique

CHAPITRE III :

Simulation et le Simulateur HYSYS



III-La simulation et le simulateur HYSYS

III-1-Introduction :

Les simulateurs de procédés sont les outils de base des techniciens et des ingénieurs de procédés, ils permettent d'établir aisément et avec rigueur les bilans matière et énergie sur les procédés. Ce cours vise à en définir les objectifs, les éléments constitutifs, les concepts fondateurs et à fournir aux étudiants les connaissances nécessaires au bon usage des simulateurs.



III-2-Définition de la simulation:

La simulation informatique, ou simulation numérique, est une série de calculs effectués sur un ordinateur et reproduisant un phénomène physique ou chimique. Elle aboutit à la description du résultat de ce phénomène, comme s'ils s'était réellement déroulé. Cette représentation peut être une série de données, une image ou même un film vidéo. La simulation de procédé est la conception ou la réalisation virtuelle sur la base de résultats réelle et concret.

III-3-Présentation du logiciel choisi "HYSYS":

Le logiciel choisi pour une application en module simulateurs de procédés est le logiciel Hysys.

Le Simulateur Hysys est un ensemble des modèles mathématiques des opérations unitaire (ballon, colonne de distillation, compresseur, vanne...etc.), ces opérations sont connectées dans un schéma de procédé PFD par le courant d'information généré dans ces opérations, Donc le Hysys est un programme informatique pour la simulation des procédés de l'industrie de gaz, des procédés de raffinage et de la pétrochimie, A l'état stationnaire et en situation dynamique. il peut être utilisé:

- Engineering.
- Établissement des bilans matière et d'énergie d'un procédé industriel.
- Dimensionnement des équipements.
- Réajustement des paramètres de fonctionnement dans le cas de changement de composition de l'alimentation.
- Détermination des performances des équipements.

III-4-Objectifs des simulateurs:

Les objectifs majeurs des simulateurs de procédés sont les suivants :

- A. Résoudre les équations de bilans matière et énergie pour l'ensemble des appareils du procédé.
- B. Calculer les caractéristiques (débit, composition, température, pression, propriétés physiques) pour tous les fluides qui circulent entre les appareils.
- C. Fournir les éléments nécessaires au dimensionnement des équipements, tels que les quantités de chaleur échangées ou les débits internes d'une colonne.
- D. L'estimation des coûts d'investissement et de fonctionnement et, dans un contexte de développement durable, de l'impact sur l'environnement et la sécurité.
- E. L'optimisation des conditions de fonctionnement du procédé.
- F. L'analyse du fonctionnement d'une unité existante ou l'étude des modifications à apporter pour adapter l'unité à un nouveau contexte industriel.
- G. Les simulateurs permettent d'établir, de manière efficace et rigoureuse, les bilans matière et énergie sur les procédés chimiques.
- H. L'aspect fondamental pour la simulation des procédés est l'identification des composants élémentaires dont l'assemblage permet de construire le modèle du procédé.

III-5-Les caractéristiques principales de HYSYS :

Le logiciel HYSYS comme tous les logiciels de simulation a des caractéristiques qui le distinguent des autres, tel que :

- Facile à utiliser et ses résultats sont fiables.
- Toutes les applications nécessaires sont utilisées dans un environnement de simulation commun.
- Il intègre la possibilité d'une modélisation dans un état stable ou stationnaire et en régime dynamique.
- On peut automatiser différents tâches dans Hysys sans avoir besoin d'un autre programme.
- Le simulateur Hysys combine le calcul interactif avec un accès instantané à l'information.
- Les calculs des propriétés thermodynamiques s'effectuent instantanément et automatiquement dès qu'une nouvelle information est disponible

III-6-Les étapes d'utilisation du logiciel HYSYS :

Pour réaliser une simulation en HYSYS, les pas suivants sont nécessaires :

1. Choix des composés ;
2. Sélection d'un modèle thermodynamique ;
3. Construction du PFD ;
4. Spécification des courants et des unités ;
5. Exécution du programme de simulation ;
6. Interprétation des résultats.



III-7-Concepts de base du simulateur HYSYS :

On définit les principaux concepts de base et vocabulaires associés, qui sont utilisés pendant les étapes de construction d'un modèle dans le simulateur HYSYS :

- « **Flowsheet** » : c'est un ensemble d'objets « Flowsheet Elements » (courants de matière, d'énergie, d'opérations unitaires, de variables opératoires) qui constituent tout ou une partie du procédé simulé et qui utilisent la même base de données thermodynamique « Fluid Package ». Il possède un certain nombre d'entités particulières : un « ProcessFlow Diagram » (PFD), un « Workbook ».

- « **Fluid Package** » : il permet de définir les composants chimiques présents dans le procédé simulé et leurs affecte, les propriétés chimiques et physiques contenues dans la base de données des corps purs. Il permet aussi de définir les modèles thermodynamiques qui seront utilisés pour le calcul des propriétés des mélanges et de définir les cinétiques des réactions chimiques mises en jeu dans le procédé.

- « **Process Flow Diagram** » : ce diagramme permet de visualiser les courants et les opérations unitaires, représentées par des symboles dans le « Flowsheet », ainsi que la connectivité entre les courants, les opérations unitaires et les tableaux des propriétés des courants.

- « **Workbook** » : il permet d'avoir accès à l'information sur les courants et les opérations unitaires sous forme de tableau de données.

- « **Desktop** »: c'est l'espace principal de HYSYS pour visualiser les fenêtres lors de la conception.

- « **Property view** » : il contient l'information décrivant un objet (opération ou courant)

- « **Simulation Case** » (**fichier de simulation**) : c'est l'ensemble des « Fluid Packages », « Flowsheets » et « Flowsheet Elements » qui constituent le modèle.[8]

CHAPITRE IV :

Simulation

Et

Discussion des Résultats

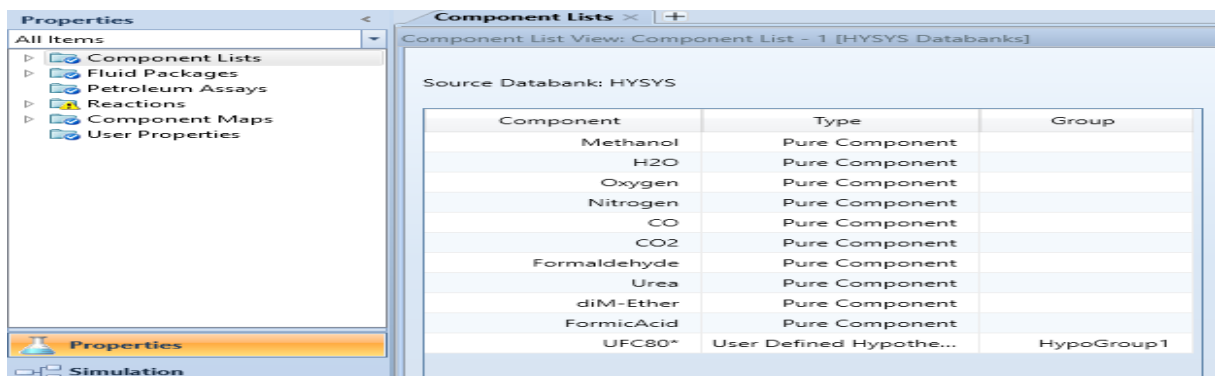
IV-Les étapes à suivre :

IV-1-Environment properties :

IV-1-1-Premier étape : Component List

Sélectionner les composés nécessaires à la simulation. La recherche d'un constituant chimique dans ce logiciel peut se faire de trois méthodes : par son nom commun, par son nom commerciale ou par sa formule chimique.

Component List: (N₂-O₂-CO-CO₂-CH₃OH-CHOH-UREE-H₂O-HCOOH-CH₃OCH₃-UFC80)

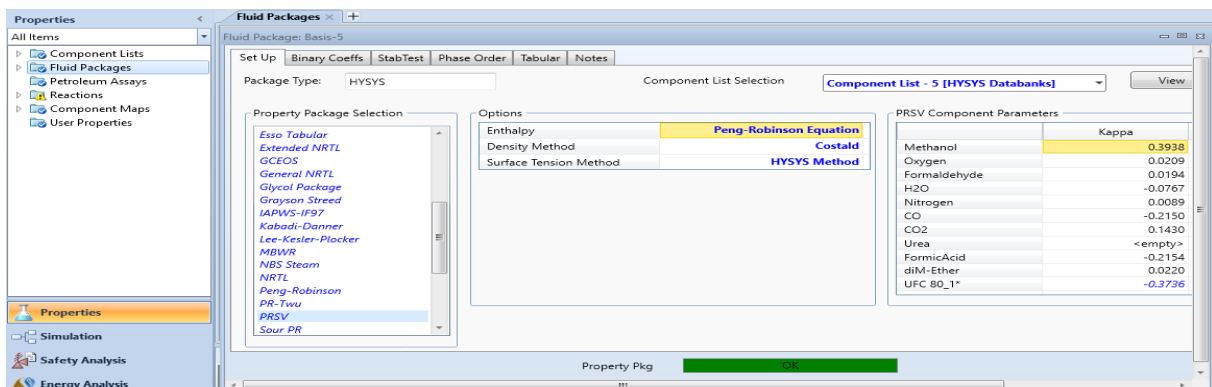


Component	Type	Group
Methanol	Pure Component	
H2O	Pure Component	
Oxygen	Pure Component	
Nitrogen	Pure Component	
CO	Pure Component	
CO2	Pure Component	
Formaldehyde	Pure Component	
Urea	Pure Component	
diM-Ether	Pure Component	
FormicAcid	Pure Component	
UFC80*	User Defined Hypothe...	HypoGroup1

Figure 21:Component List

IV-1-2- Deuxième étape : Fluide package

Choisir le modèle thermodynamique : Le modèle thermodynamique est un paramètre important pour converger les résultats de simulation aux résultats réels. Chaque modèle dépend des constituants du problème de simulation et des coefficients par binaires sont intégré dans la base de donnée qui sont modifiables par accès à la touche Binary coeffs. Pour sélectionner le modèle thermodynamique, aller à la touche Prop Pkg et choisir le modèle thermodynamique sur la fenêtre affichée par simple click.(Par conséquent ,nous'utilison ce modèle PRSV).



Component	Kappa
Methanol	0.3938
Oxygen	0.0209
Formaldehyde	0.0194
H2O	-0.0767
Nitrogen	0.0089
CO	-0.2150
CO2	0.1430
Urea	<empty>
FormicAcid	-0.2154
diM-Ether	0.0220
UFC 80_1*	-0.3736

Figure 22:Fluide package

IV-1-3- Troisième étape : Réaction d'oxydation

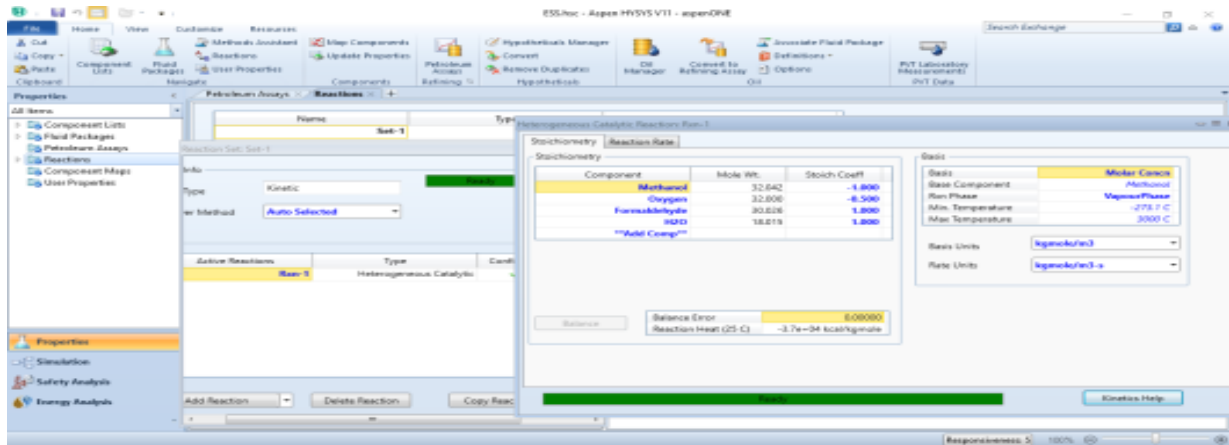
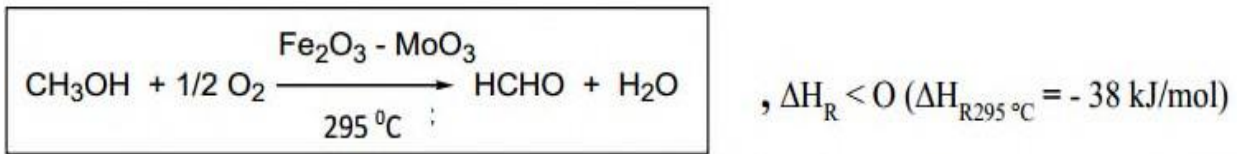


Figure 23: Réaction d'oxydation

IV-2- Environnement simulation :

IV-2-1- Quatrième étape : Model Palette

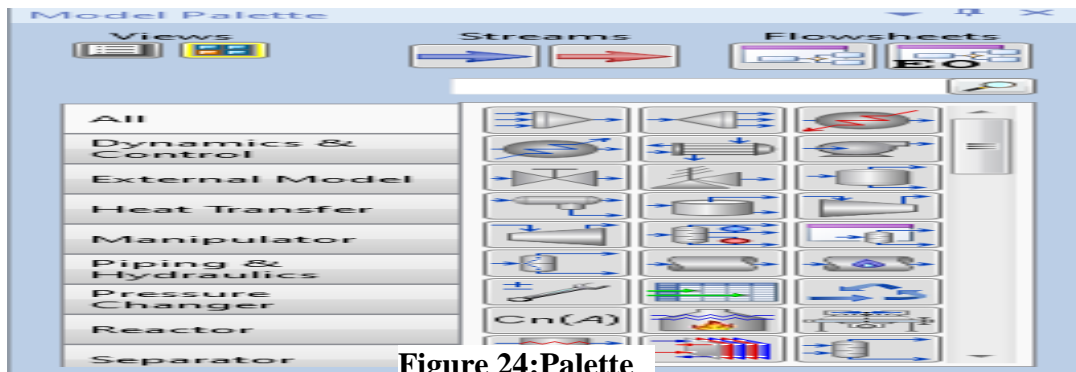


Figure 24: Palette

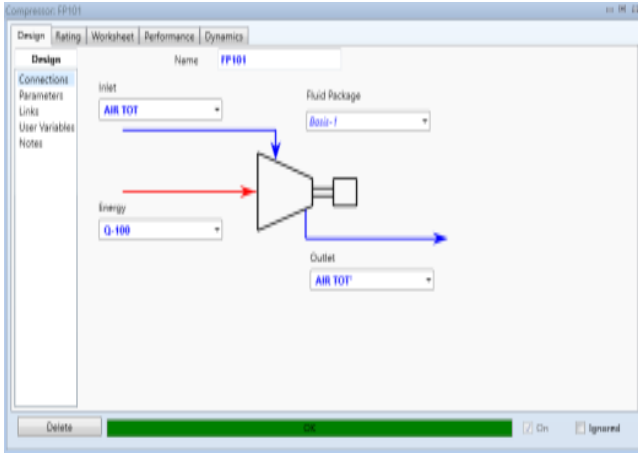
IV-2-2- Cinquième étape : Material Stream

Material Stream: METH				
Worksheet	Attachments	Dynamics		
Worksheet	Stream Name	METH	Vapour Phase	Liquid Phase
Conditions	Vapour / Phase Fraction	0.0099	0.0099	0.9901
Properties	Temperature [C]	25.00	25.00	25.00
Composition	Pressure [bar]	4.000	4.000	4.000
Oil & Gas Feed	Molar Flow [kgmole/h]	34.34	0.3388	34.00
Petroleum Assay	Mass Flow [kg/h]	1100	10.84	1089
K Value	Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	1.378	9.677e-003	1.368
User Variables	Molar Enthalpy [kcal/kgmole]	-5.832e+004	-1588	-5.889e+004
Notes	Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	2.272	134.6	0.9533
Cost Parameters	Heat Flow [kcal/h]	-2.003e+006	-538.0	-2.002e+006
Normalized Yields	Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	1.381	<empty>	1.368
Emissions	Fluid Package	Basis-1		
	Utility Type			

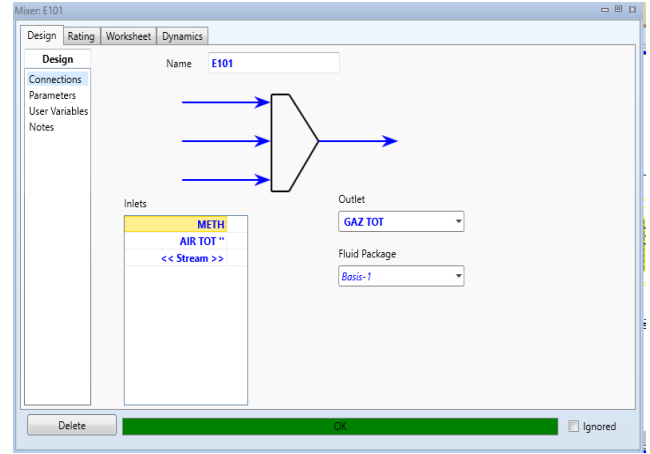
Material Stream: AIR TOT				
Worksheet	Attachments	Dynamics		
Worksheet	Stream Name	AIR TOT	Vapour Phase	
Conditions	Vapour / Phase Fraction	1.0000	1.0000	
Properties	Temperature [C]	26.00	26.00	
Composition	Pressure [bar]	1.000	1.000	
Oil & Gas Feed	Molar Flow [kgmole/h]	526.9	526.9	
Petroleum Assay	Mass Flow [kg/h]	1.500e+004	1.500e+004	
K Value	Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	17.70	17.70	
User Variables	Molar Enthalpy [kcal/kgmole]	-2012	-2012	
Notes	Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	153.6	153.6	
Cost Parameters	Heat Flow [kcal/h]	-1.060e+006	-1.060e+006	
Normalized Yields	Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	<empty>	<empty>	
Emissions	Fluid Package	Basis-1		
	Utility Type			

IV-2-3-Sixième étape : les équipements utilisés

Compresseur (FP101)

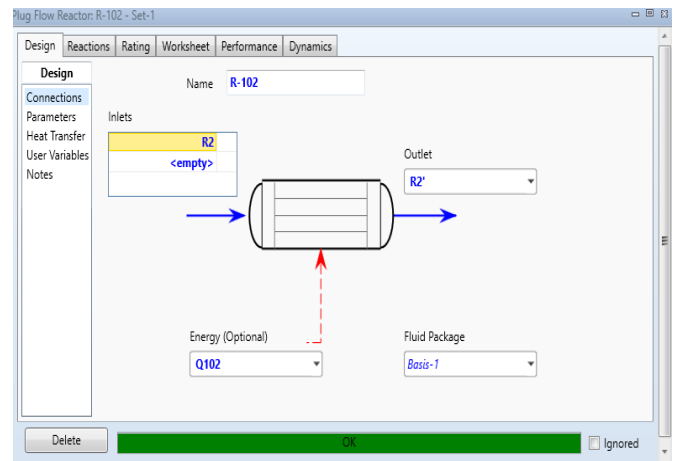
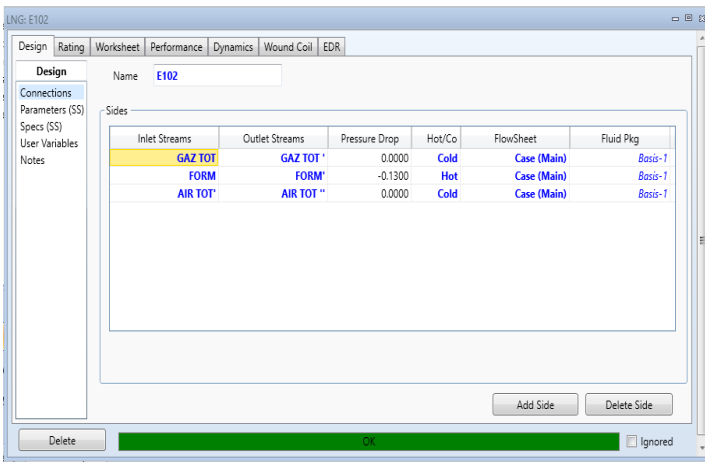


Évaporateur (E101)

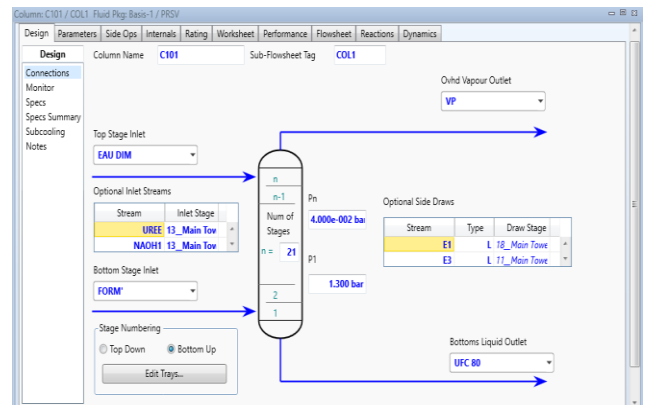
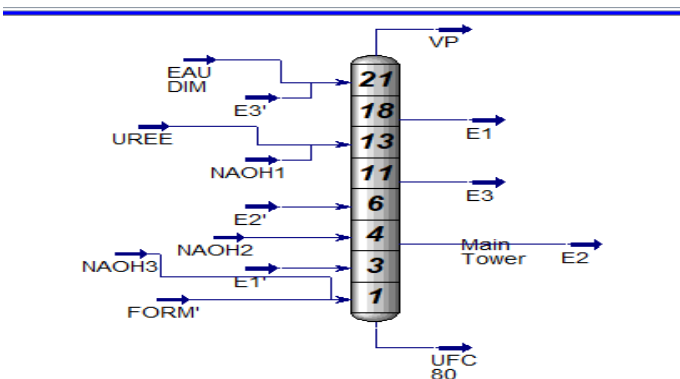


Réacteur (R101/R102)

Echangeur LNG (E102)



Colonne d'absorption (C101)



IV-3-Flowsheet case

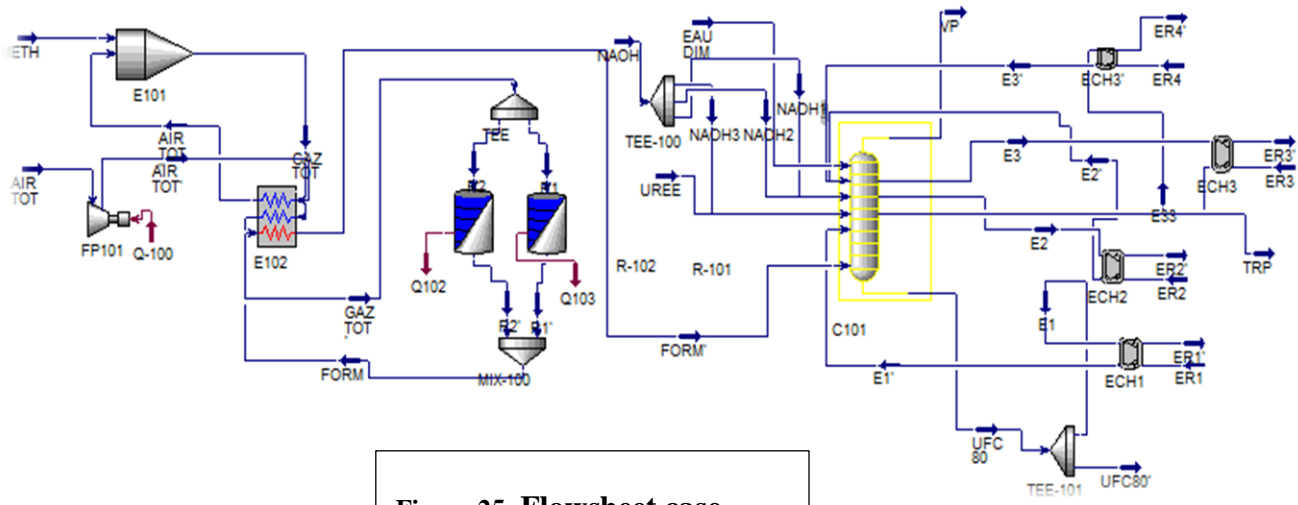
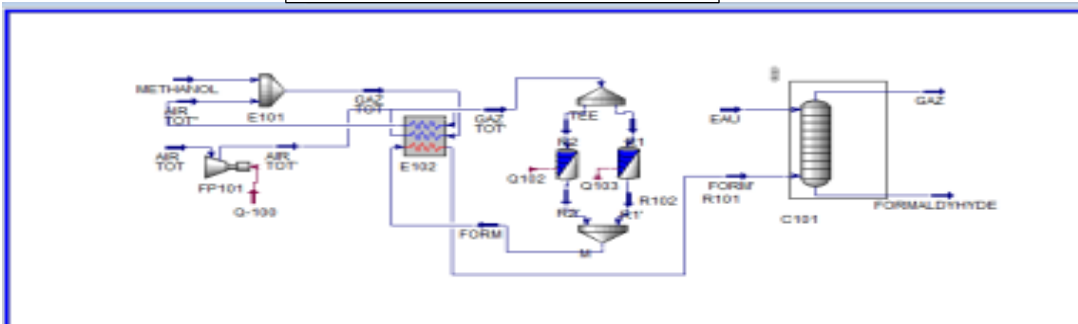


Figure 25: Flowsheet case



IV-4- Flowsheet Colonne absorption (C101)

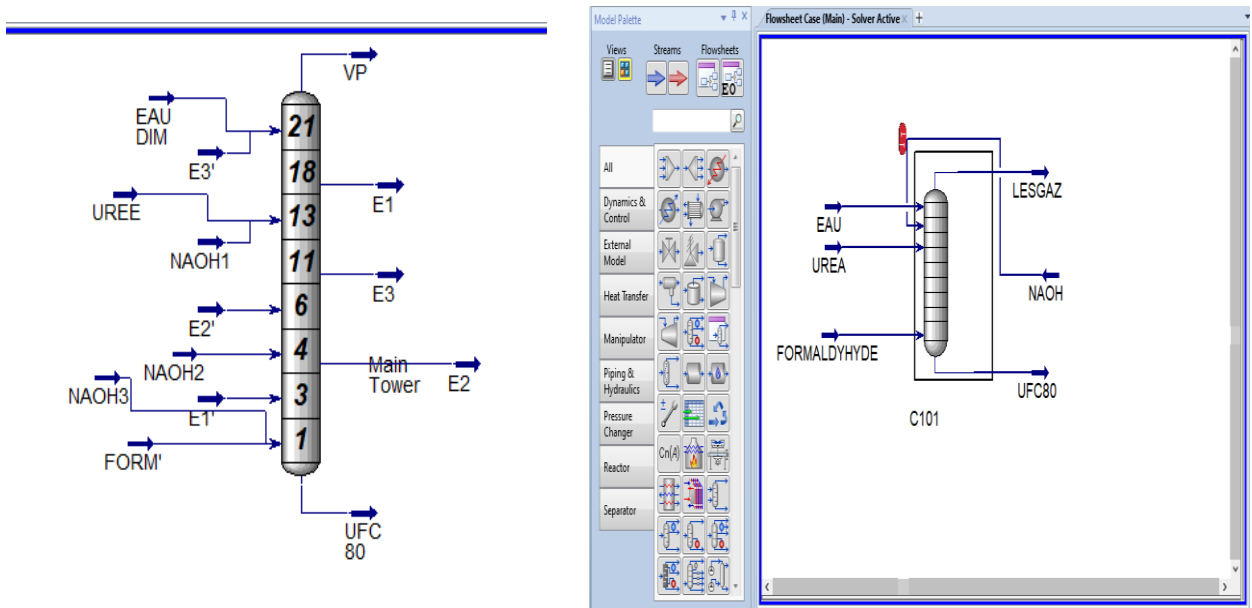


Figure 26: Colonne d'absorption

Résultats et discussion

I-Échangeur de chaleur gaz – gaz E102 A/B :

LNG: E102

Design						
Name: E102						
Sides						
Inlet Streams	Outlet Streams	Pressure Drop	Hot/Co	FlowSheet	Fluid Pkg	
GAZ TOT	GAZ TOT'	0.0000	Cold	Case (Main)	Basis-1	
FORM	FORM'	-0.1300	Hot	Case (Main)	Basis-1	
AIR TOT	AIR TOT''	0.0000	Cold	Case (Main)	Basis-1	

LNG: E102

Worksheet							
Name: E102							
	GAZ TOT	FORM	AIR TOT'	GAZ TOT'	FORM'	AIR TOT''	
Vapour	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
Temperature [C]	76.53	300.0	56.68	150.0	122.8	180.0	
Pressure [bar]	1.300	1.170	1.300	1.300	1.300	1.300	
Molar Flow [kgmole/h]	561.2	578.7	526.9	561.2	578.7	526.9	
Mass Flow [kg/h]	1.610e+004	1.610e+004	1.500e+004	1.610e+004	1.610e+004	1.500e+004	
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	19.08	19.20	17.70	19.08	19.20	17.70	
Molar Enthalpy [kcal/kgmole]	-4425	-4868	-1796	-3876	-6204	-912.2	
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	156.9	175.5	154.3	162.9	163.0	163.8	
Heat Flow [kcal/h]	-2.483e+006	-2.817e+006	-9.462e+005	-2.176e+006	-3.590e+006	-4.806e+005	

Figure 27 : Profil d'Échangeur de chaleur

L'échangeur de chaleur est composé de tubes internes, où le produit sortant du réacteur passe à l'intérieur (formaldéhyde) et une calandre de deux étages : le premier contenant de l'air à chauffer (AIR TOT), tandis que le deuxième contient du méthanol vaporisé avec de l'air (GAZ TOT).

D'après le tableau la température d'entrée et de sortie de formaldéhyde est respectivement 300 et 122 °C et Cela concorde avec les données de design.

II-Evaporateur de méthanol E101 :

Mixer: E101

Worksheet			
Name: E101			
	METH	AIR TOT''	GAZ TOT
Vapour	0.0099	1.0000	1.0000
Temperature [C]	25.00	180.0	76.53
Pressure [bar]	4.000	1.300	1.300
Molar Flow [kgmole/h]	34.34	526.9	561.2
Mass Flow [kg/h]	1100	1.500e+004	1.610e+004
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	1.378	17.70	19.08
Molar Enthalpy [kcal/kgmole]	-5.832e+004	-912.2	-4425
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	2.272	163.8	156.9
Heat Flow [kcal/h]	-2.003e+006	-4.806e+005	-2.483e+006

Figure 28 : Profil d'Évaporateur

Dans cette opération, le méthanol liquide (0.0099 vapeur) et de l'air chaud entrent dans l'évaporateur. L'évaporateur chauffe l'air et vaporise le méthanol, permettant ainsi sa transformation de l'état liquide à l'état gazeux. Lorsque le gaz sort de l'évaporateur, il est composé de vapeur de méthanol (100%) et d'air chauffé.

III-Réacteurs isothermes R101/R102 :

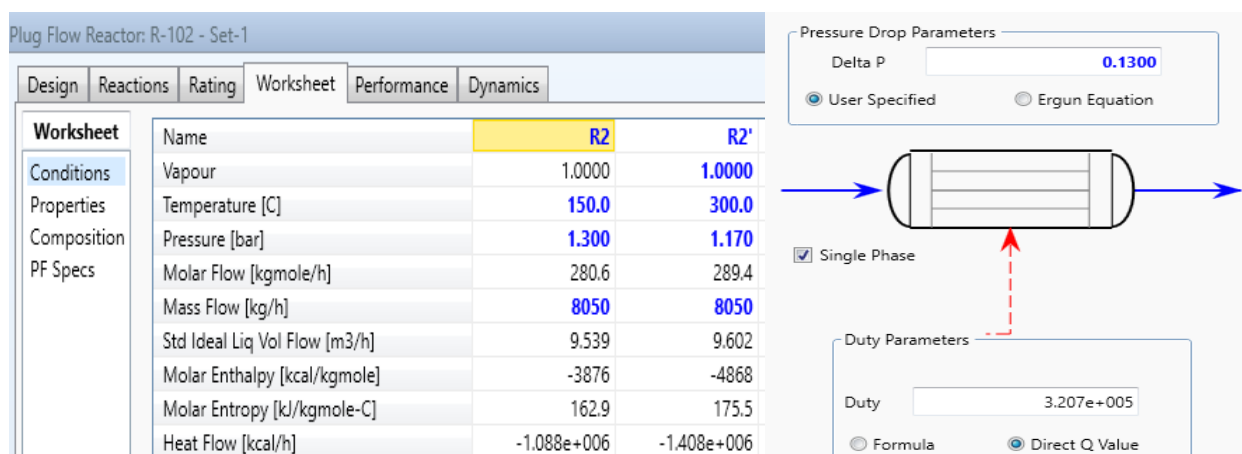


Figure 29 : Profil de Réacteurs

Après la simulation, il s'avère que le taux de formaldéhyde produit dans le réacteur est de 0,062, résultant de la réaction entre le méthanol et l'oxygène, ce qui correspond exactement au taux obtenu dans un réacteur réel.

IV-Colonne d'abattage C101 :

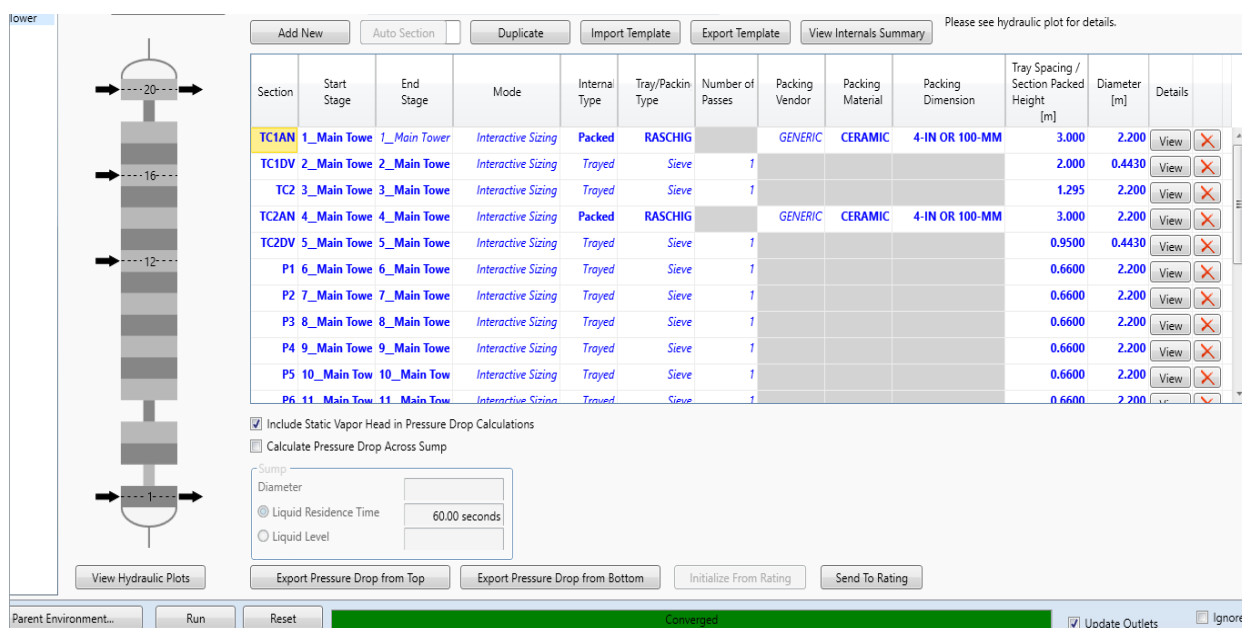


Figure 30 : Profil de Colonne

Après avoir intégré toutes les dimensions réelles de la colonne d'absorption, y compris la longueur, la largeur, le diamètre, la surface, la hauteur et l'épaisseur, la simulation a été réalisée avec succès pour analyser les performances de la colonne et évaluer son efficacité dans le processus d'absorption.

V-Graph de température :

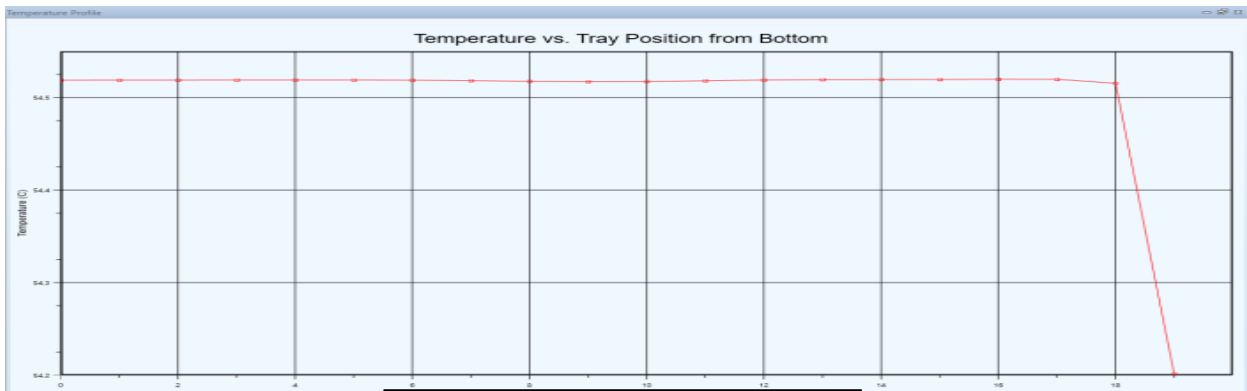


Figure 31 : Profil de température

La simulation de la colonne d'absorption a montré que la température au premier étage est de 65 °C, au deuxième étage de 54 °C et 34 °C au dernier étage, reproduisant ainsi fidèlement les conditions thermiques d'une colonne réelle.

Le profil décroissant de la courbe de température peut être interprété comme une stratégie délibérée visant à contrôler et à améliorer l'efficacité du processus de réaction. La diminution graduelle de la température avec l'élévation dans la colonne peut contribuer à atteindre un équilibre chimique optimal pour la réaction.

VI-Graph de Pression :

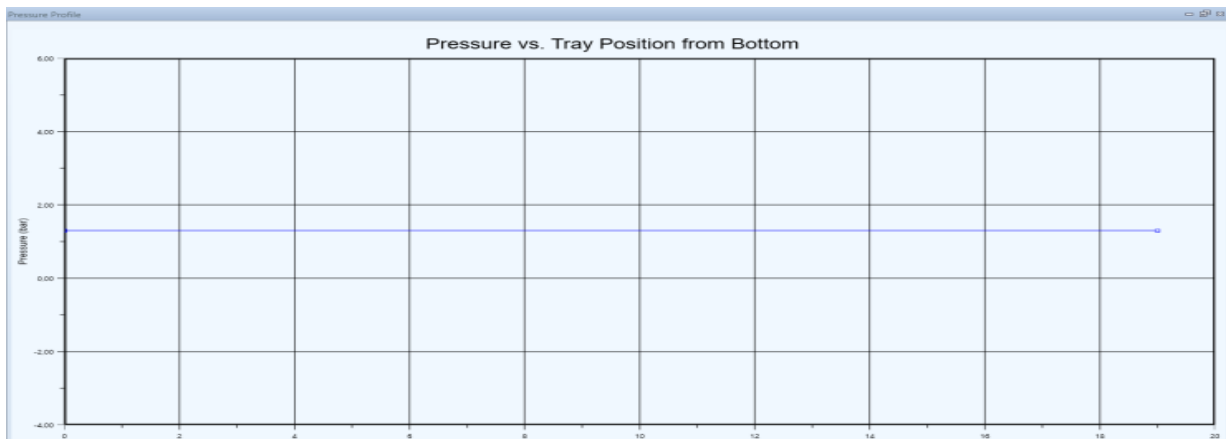


Figure 32 : Profil de pression

D'après la courbe illustrée ci-dessus on voit que la pression dans la colonne est de 1,3 bar. La pression reste constante le long de la colonne.

VII- Colonne d'absorption (UFC80) :

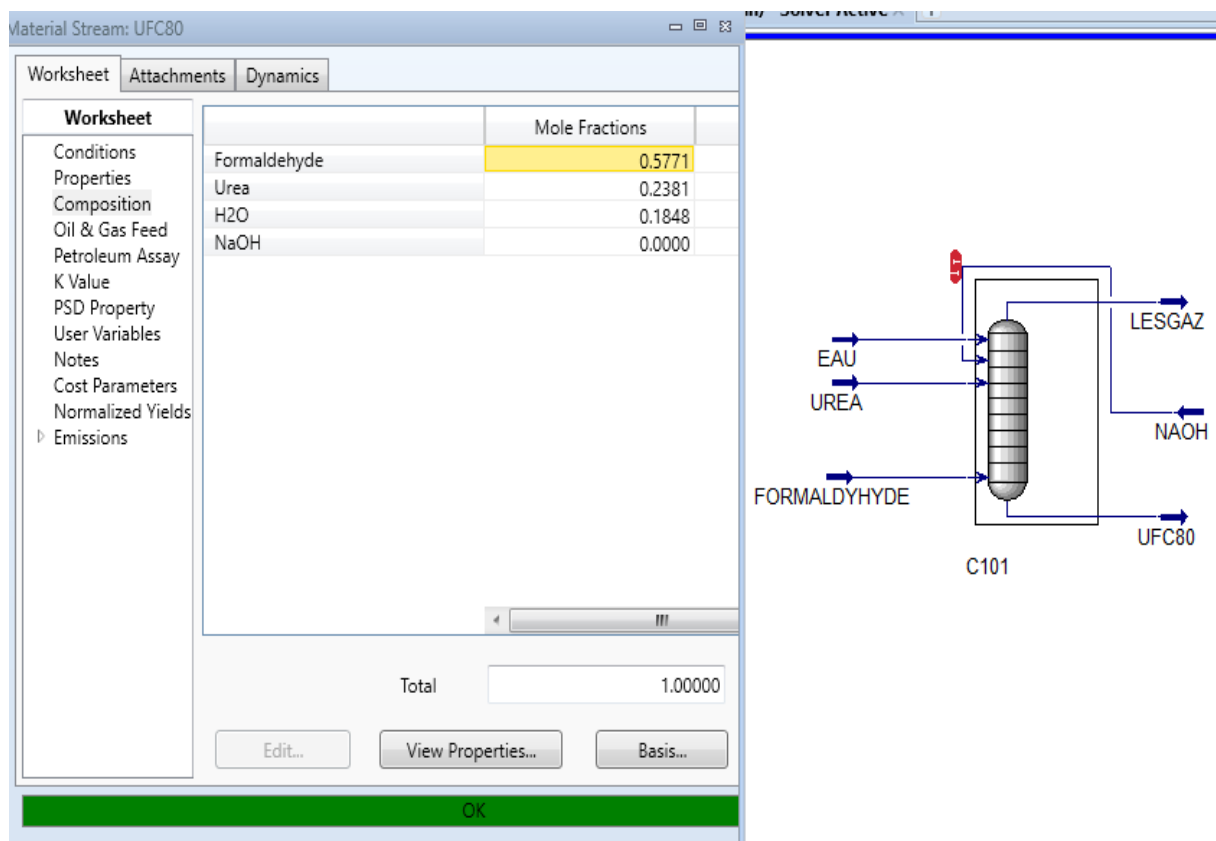


Figure 33 : composition d'UFC 80

la colonne d'absorption joue un rôle crucial dans la réaction entre l'urée, le formaldéhyde et l'eau pour produire du formol à 80 %. Cette réaction se déroule généralement dans des conditions de température décroissante de bas en haut dans la colonne et une pression constante. la conception de la colonne d'absorption est soigneusement étudiée pour assurer une réaction efficace entre les matières premières.

Après simulation, nous avons trouvé une composition de 0,57 pour le formaldéhyde, 0,23 pour l'urée et 0,2 pour l'eau, résultats identiques à ceux d'une colonne réelle

La modification des compositions à l'intérieur de la colonne d'absorption joue un rôle crucial dans la formation du formol à 80%. La colonne d'absorption crée un environnement réactif permettant à l'urée, au formaldéhyde et à l'eau de réagir pour former le formol à 80%. Ce processus implique une concentration précise de chaque substance et un contrôle précis des conditions opérationnelles à l'intérieur de la colonne pour garantir l'atteinte du pourcentage souhaité du produit final. C'est un aspect essentiel du processus de fabrication du formol de manière efficace et économique.

IX- Optimisation (Solidification) :

Dans le cadre d'optimisation de ce processus, nous nous sommes confrontés à des défis quant à la modification des paramètres, car cela pourrait entraîner une augmentation du taux de solidification du produit. la Modification d'un des paramètres peut altérer la nature du processus chimique et les conditions de réaction, ce qui peut entraîner la formation de sous-produits indésirables ou une augmentation de la formation de matières solides.

Conclusion

En utilisant le simulateur Aspen HYSYS, une simulation exhaustive et précise du processus de production du formol a été réalisée. L'étude de la réaction entre le formaldéhyde et l'urée avec de l'eau en présence d'une solution basique de NaOH dans la colonne d'absorption a montré une parfaite concordance avec les attentes préalables, mettant ainsi en évidence l'efficacité et la fiabilité de ce simulateur dans la représentation et l'analyse des processus chimiques complexes.

Le processus de formol revêt une importance capitale dans l'industrie des produits chimiques, car il permet la production de composés essentiels tels que le formaldéhyde et l'urée, utilisés dans une variété d'applications industrielles allant des résines plastiques aux engrais.

La présence de la solution basique de NaOH est fondamentale dans ce processus, car elle favorise les conditions basiques nécessaires aux réactions de décomposition et de formation.

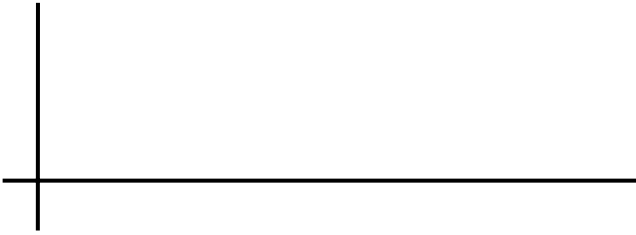
La simulation de la colonne d'absorption a donné des températures de 65°C, 54°C et 34°C respectivement aux différents étages de la colonne, et une pression de 1,3 bar répondant fidèlement aux conditions d'une colonne réelle. Ainsi que la composition du produit résultant de la colonne d'absorption correspond exactement aux spécifications requises et au design, avec des ratios de 0,57 pour le formaldéhyde, 0,23 pour l'urée et 0,2 pour l'eau


Grâce à la réussite de la simulation et à sa parfaite concordance avec les résultats attendus, l'utilisation du simulateur Aspen HYSYS peut être considérée comme fiable pour l'étude, l'analyse et l'amélioration des processus de production chimique. Cette approche contribue à accroître l'efficacité et la durabilité dans l'industrie chimique, favorisant ainsi le développement industriel et la préservation de l'environnement.


Bibliographie

- [1] manuel de production, installation: FORMALDEHYDE - FORMUREE ; février 1971.
- [2] manuel de l'unité 200 (Stockage) ; février 1971.
- [3] manuel de l'unité De Production de L'Uréé granulé ; PARTIE III ; 2009.
- [4] manuel de l'unité De Production de NAOH ; octobre 2010.
- [5] manuel de l'unité Préparation de la saumure ; octobre 2010.
- [6] Zakaria CHEIKH ; Réutilisation des Eaux de Condensation de la Colonne d'Absorption, Projet professionnel de fin de formation Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur spécialisé En Pétrochimie ; IAP Boumerdes; Avril 2015.
- [7] PRESENTATION GENERALE SPECIFIQUE UNITÉ D'URÉE.
- [8] Dyhia BOUDAA, Soumia GACI ; mémoire de fin «ETUDE ET SIMULATION D'UNE INSTALLATION DE LIQUEFACTION ET SEPARATION DES GAZ DE L'AIR» 2017.
- [9] Sara DJEGHNOUNE, Nadia FEKIRA; Rapport de stage «Procédé de fabrication industrielle du chlore et dérivés impact du sulfate sur la membrane de l'électrolyseur» 2024.

ANNEX



1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: TOT.hsc		
2			Unit Set: EuroSI		
3			Date/Time: Mon Jun 10 23:12:07 2024		
4					
5					
6	Material Stream: UFC80'			Fluid Package: Basis-5	
7				Property Package: PRSV	
8					
9	CONDITIONS				
10		Overall	Vapour Phase	Aqueous Phase	Solid Phase
11					
12	Vapour / Phase Fraction	0.7107	0.7107	0.0676	0.2217
13	Temperature: (C)	62.00	62.00	62.00	62.00
14	Pressure: (bar)	1.300	1.300	1.300	1.300
15	Molar Flow (kgmole/h)	36.34	25.83	2.458	8.056
16	Mass Flow (kg/h)	1250	721.9	44.29	483.8
17	Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	1.340	0.9331	4.438e-002	0.3624
18	Molar Enthalpy (kcal/kgmole)	-4.058e+004	-3.263e+004	-6.760e+004	-5.783e+004
19	Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	163.4	148.2	63.98	242.4
20	Heat Flow (kcal/h)	-1.475e+006	-8.426e+005	-1.662e+005	-4.659e+005
21	Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	1.382 *	0.9809	4.365e-002	0.3624
22	PROPERTIES				
23		Overall	Vapour Phase	Aqueous Phase	Solid Phase
24					
25	Molecular Weight	34.40	27.95	18.02	60.06
26	Molar Density (kgmole/m3)	6.651e-002	4.730e-002	54.32	22.23
27	Mass Density (kg/m3)	2.288	1.322	978.7	1335
28	Act. Volume Flow (m3/h)	546.4	546.0	4.525e-002	0.3624
29	Mass Enthalpy (kcal/kg)	-1180	-1167	-3752	-962.9
30	Mass Entropy (kJ/kg-C)	4.751	5.303	3.551	4.037
31	Heat Capacity (kJ/kgmole-C)	53.92	36.58	72.93	103.7
32	Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	1.568	1.309	4.047	1.727
33	LHV Molar Basis (Std) (kcal/kgmole)	1.018e+005	1.027e+005	34.48	1.301e+005
34	HHV Molar Basis (Std) (kcal/kgmole)	1.138e+005	1.125e+005	9836	1.497e+005
35	HHV Mass Basis (Std) (kcal/kg)	3309	4025	545.9	2492
36	CO2 Loading	---	---	---	---
37	CO2 Apparent Mole Conc. (kgmole/m3)	---	---	0.0000	---
38	CO2 Apparent Wt. Conc. (kgmol/kg)	---	---	0.0000	---
39	LHV Mass Basis (Std) (kcal/kg)	2960	3675	1.914	2166
40	Phase Fraction [Vol. Basis]	0.6964	0.6964	3.312e-002	0.2705
41	Phase Fraction [Mass Basis]	0.5775	0.5775	3.543e-002	0.3871
42	Phase Fraction [Act. Vol. Basis]	0.9993	0.9993	8.282e-005	6.633e-004
43	Mass Exergy (kcal/kg)	5.721	---	---	---
44	Partial Pressure of CO2 (bar)	0.0000	---	---	---
45	Cost Based on Flow (Cost/s)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
46	Act. Gas Flow (ACT_m3/h)	546.0	546.0	---	---
47	Avg. Liq. Density (kgmole/m3)	27.12	27.68	55.38	22.23
48	Specific Heat (kJ/kgmole-C)	53.92	36.58	72.93	103.7
49	Std. Gas Flow (STD_m3/h)	859.2	610.6	58.12	190.5
50	Std. Ideal Liq. Mass Density (kg/m3)	932.9	773.6	997.8	1335
51	Act. Liq. Flow (m3/s)	1.257e-005	---	1.257e-005	---
52	Z Factor	---	0.9863	8.589e-004	2.099e-003
53	Watson K	9.872	10.20	10.20	9.011
54	User Property	---	---	---	---
55	Partial Pressure of H2S (bar)	0.0000	---	---	---
56	Cp/(Cp - R)	1.182	1.294	1.129	1.087
57	Cp/Cv	1.182	1.314	1.179	1.087
58	Ideal Gas Cp/Cv	1.195	1.299	1.326	1.087
59	Ideal Gas Cp (kJ/kgmole-C)	50.93	36.09	33.81	103.7
60	Mass Ideal Gas Cp (kJ/kg-C)	1.481	1.291	1.876	1.727
61	Heat of Vap. (kcal/kgmole)	---	---	---	---
62	Kinematic Viscosity (cSt)	---	6.605	0.4591	---
63	Liq. Mass Density (Std. Cond) (kg/m3)	904.6	735.9	1015	1335
64	Liq. Vol. Flow (Std. Cond) (m3/h)	1.382	0.9809	4.365e-002	0.3624
65	Liquid Fraction	0.2893	0.0000	1.000	0.0000
66	Molar Volume (m3/kgmole)	15.04	21.14	1.841e-002	4.499e-002
67	Mass Heat of Vap. (kcal/kg)	---	---	---	---
68	Phase Fraction [Molar Basis]	0.7107	0.7107	0.0676	0.2217
69	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 11		Page 1 of 4

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:12:07 2024
4		
5		

Material Stream: UFC80' (continued)

Fluid Package: Basis-5
 Property Package: PRSV

PROPERTIES

		Overall	Vapour Phase	Aqueous Phase	Solid Phase
12	Surface Tension (dyne/cm)	65.59	---	65.59	---
13	Thermal Conductivity (W/m-K)	---	1.869e-002	0.6554	---
14	Bubble Point Pressure (bar)	14.42	---	---	---
15	Viscosity (cP)	---	8.732e-003	0.4493	---
16	Cv (Semi-Ideal) (kJ/kgmole-C)	45.61	28.27	64.61	95.39
17	Mass Cv (Semi-Ideal) (kJ/kg-C)	1.326	1.011	3.586	1.588
18	Cv (kJ/kgmole-C)	45.61	27.85	61.87	95.39
19	Mass Cv (kJ/kg-C)	1.326	0.9962	3.434	1.588
20	Cv (Ent. Method) (kJ/kgmole-C)	---	---	59.96	---
21	Mass Cv (Ent. Method) (kJ/kg-C)	---	---	3.328	---
22	Cp/Cv (Ent. Method)	---	---	1.216	---
23	Reid VP at 37.8 C (bar)	---	8.288	8.288	5.534e-018
24	True VP at 37.8 C (bar)	7.825	7.825	1.235	5.534e-018
25	Liq. Vol. Flow - Sum(Std. Cond) (m3/h)	1.387	0.9809	4.365e-002	0.3624
26	Viscosity Index	---	---	---	---

COMPOSITION

Overall Phase

Vapour Fraction 0.7107

COMPONENTS	MOLAR FLOW (kgmole/h)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (kg/h)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (m3/h)	LIQUID VOLUME FRACTION
33	Methanol	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
34	Oxygen	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
35	Formaldehyde	21.3676	0.5880	641.5800	0.5133	0.6364
36	H2O	6.9154	0.1903	124.5817	0.0997	0.1248
37	Nitrogen	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
38	CO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
39	CO2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40	Urea	8.0565	0.2217	483.8383	0.3871	0.3624
41	FormicAcid	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
42	diM-Ether	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
43	UFC 80_1*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
44	NaOH	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
45	Total	36.3395	1.0000	1250.0000	1.0000	1.3399

Vapour Phase


Phase Fraction 0.7107

COMPONENTS	MOLAR FLOW (kgmole/h)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (kg/h)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (m3/h)	LIQUID VOLUME FRACTION
50	Methanol	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
51	Oxygen	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
52	Formaldehyde	21.3669	0.8274	641.5595	0.8887	0.9138
53	H2O	4.4582	0.1726	80.3151	0.1113	0.0805
54	Nitrogen	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
55	CO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56	CO2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57	Urea	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58	FormicAcid	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
59	diM-Ether	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	UFC 80_1*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61	NaOH	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
62	Total	25.8251	1.0000	721.8746	1.0000	0.9331

Aqueous Phase

Phase Fraction 6.764e-002

COMPONENTS	MOLAR FLOW (kgmole/h)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (kg/h)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (m3/h)	LIQUID VOLUME FRACTION
67	Methanol	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68	Oxygen	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:12:07 2024
4		
5		

Material Stream: UFC80' (continued)

Fluid Package: Basis-5
 Property Package: PRSV

COMPOSITION

Aqueous Phase (continued)

Phase Fraction 6.764e-002

13	COMPONENTS	MOLAR FLOW (kgmole/h)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (kg/h)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (m3/h)	LIQUID VOLUME FRACTION
15	Formaldehyde	0.0007	0.0003	0.0205	0.0005	0.0000	0.0006
16	H2O	2.4572	0.9997	44.2666	0.9995	0.0444	0.9994
17	Nitrogen	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18	CO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
19	CO2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	Urea	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
21	FormicAcid	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22	diM-Ether	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23	UFC 80_1*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24	NaOH	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
25	Total	2.4579	1.0000	44.2871	1.0000	0.0444	1.0000

Solid Phase

Phase Fraction 0.2217

28	COMPONENTS	MOLAR FLOW (kgmole/h)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (kg/h)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (m3/h)	LIQUID VOLUME FRACTION
30	Methanol	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
31	Oxygen	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
32	Formaldehyde	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
33	H2O	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
34	Nitrogen	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
35	CO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
36	CO2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
37	Urea	8.0565	1.0000	483.8383	1.0000	0.3624	1.0000
38	FormicAcid	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
39	diM-Ether	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40	UFC 80_1*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
41	NaOH	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
42	Total	8.0565	1.0000	483.8383	1.0000	0.3624	1.0000

K VALUE

45	COMPONENTS	MIXED	LIGHT	HEAVY
46	Methanol	---	---	---
47	Oxygen	---	---	---
48	Formaldehyde	1.274e+004	---	2979
49	H2O	0.7387	---	0.1727
50	Nitrogen	---	---	---
51	CO	---	---	---
52	CO2	---	---	---
53	Urea	0.0000	---	---
54	FormicAcid	---	---	---
55	diM-Ether	---	---	---
56	UFC 80_1*	---	---	---
57	NaOH	---	---	---


UNIT OPERATIONS

60	FEED TO	PRODUCT FROM	LOGICAL CONNECTION
61		Tee: TEE-101	

UTILITIES

(No utilities reference this stream)

PROCESS UTILITY

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:12:07 2024
4		
5		

6	Material Stream: UFC80' (continued)	Fluid Package: Basis-5
7		Property Package: PRSV


8	DYNAMICS	
---	-----------------	--


9			
10			
11	Pressure Specification (Inactive)	1.300 bar	
12	Flow Specification (Inactive)	Molar: 36.34 kgmole/h	Mass: 1250 kg/h Std Ideal Liq Volume: 1.340 m3/h

13	User Variables	
----	-----------------------	--

14	NOTES	
15		
16		
17		

18	Description	
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		
63		
64		
65		
66		
67		
68		

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: TOT.hsc	
2			Unit Set: EuroSI	
3			Date/Time: Mon Jun 10 23:05:24 2024	
4				
5				
6	Plug Flow Reactor: R-102-2			
7				
8	CONNECTIONS			
9	Inlet Stream			
10	STREAM NAME		FROM UNIT OPERATION	
11	R2-2	Tee	TEE	
12	Outlet Stream			
13	STREAM NAME		TO UNIT OPERATION	
14	R2'-2	Mixer	MIX-100-2	
15	Energy Stream			
16	STREAM NAME		TO UNIT OPERATION	
17	Q102			
18	PARAMETERS			
19	Physical Parameters			
20	Type : User Specified		Pressure Drop: 0.1300 bar *	
21	Heat Transfer			
22	Type : Direct Q Value	Energy Stream : Q102	Duty : 3.207e+005 kcal/h	
23	Dimensions			
24	Total Volume: 0.6300 m3 *	Length: 0.6856 m	Diameter: 1.500e-002 m *	Number of Tubes: 5200 *
25	Wall Thickness: 5.000e-003 m *	Void Fraction: 1.0000 *	Void Volume: 0.6300 m3	
26	Reaction Info			
27	Reaction Set: Set-4		Initialize From: Previous	
28	Integration Information			
29	Number of Segments: 20 *	Minimum Step Fraction: 1.0e-06 *	Minimum Step Length: 6.9e-07 m	
30	User Variables			
31	RATING			
32	Sizing			
33	Tube Dimensions			
34	Total Volume 0.6300 m3 *	Length 0.6856 m	Diameter 1.500e-002 m *	Number of Tubes 5200 *
35	Tube Packing			
36	Void Fraction 1.0000 *	Void Volume 0.6300 m3		
37	Nozzle Parameters			
38	Base Elevation Relative to Ground Level 0.0000 m	Diameter 1.500e-002 m *	Length 0.6856	
39		R2'-2	R2-2	
40	Diameter (m)	5.000e-002	5.000e-002	
41	Elevation (Base) (m)	0.0000	0.0000	
42	Elevation (Ground) (m)	0.0000	0.0000	
43	Conditions			
44	Length (m)	Temperature (C)	Pressure (bar)	Vapour Fraction
45	0.017	157.5	1.29	1.0000
46	0.051	165.0	1.29	1.0000
47	0.086	172.5	1.28	1.0000
48	0.120	180.0	1.27	1.0000
49	0.154	187.5	1.27	1.0000
50	0.189	195.0	1.26	1.0000
51	0.223	202.5	1.25	1.0000
52	Duty (kcal/h)			
53	633077	-16146	-16178	-16211
54	-16243	-16276	-16308	

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:05:24 2024
4		
5		

Plug Flow Reactor: R-102-2 (continued)


Conditions

	Length (m)	Temperature (C)	Pressure (bar)	Vapour Fraction	Duty (kcal/h)
13	0.257	210.0	1.25	1.0000	-16341
14	0.291	217.5	1.24	1.0000	-16374
15	0.326	225.0	1.23	1.0000	-16406
16	0.360	232.5	1.23	1.0000	-16439
17	0.394	240.0	1.22	1.0000	-16472
18	0.428	247.5	1.22	1.0000	-16504
19	0.463	255.0	1.21	1.0000	-16537
20	0.497	262.5	1.20	1.0000	-16570
21	0.531	270.0	1.20	1.0000	-16603
22	0.566	277.5	1.19	1.0000	-16635
23	0.600	285.0	1.18	1.0000	-16668
24	0.634	292.5	1.18	1.0000	-16701
25	0.668	300.0	1.17	1.0000	-16733

	Length (m)	Enthalpy (kcal/kgmole)	Entropy (kJ/kgmole-C)	Inside HTC (kJ/h-m2-C)	Overall HTC (kJ/h-m2-C)
28	0.017	-5947	165.66	---	---
29	0.051	-5891	166.24	---	---
30	0.086	-5836	166.81	---	---
31	0.120	-5779	167.38	---	---
32	0.154	-5723	167.93	---	---
33	0.189	-5667	168.48	---	---
34	0.223	-5611	169.03	---	---
35	0.257	-5554	169.56	---	---
36	0.291	-5498	170.09	---	---
37	0.326	-5441	170.62	---	---
38	0.360	-5384	171.13	---	---
39	0.394	-5327	171.64	---	---
40	0.428	-5270	172.15	---	---
41	0.463	-5213	172.65	---	---
42	0.497	-5156	173.15	---	---
43	0.531	-5098	173.64	---	---
44	0.566	-5041	174.12	---	---
45	0.600	-4983	174.60	---	---
46	0.634	-4926	175.08	---	---
47	0.668	-4868	175.55	---	---

Flows

	Length (m)	Molar Flow (kgmole/h)	Mass Flow (kg/h)	Volumetric Flow (m3/h)	Heat Flow (kcal/h)
52	0.017	289.352	8049.98	8006.584	-1.721e+006
53	0.051	289.352	8049.98	8187.575	-1.705e+006
54	0.086	289.352	8049.98	8370.386	-1.689e+006
55	0.120	289.352	8049.98	8555.046	-1.672e+006
56	0.154	289.352	8049.98	8741.583	-1.656e+006
57	0.189	289.352	8049.98	8930.028	-1.640e+006
58	0.223	289.352	8049.98	9120.412	-1.623e+006
59	0.257	289.352	8049.98	9312.765	-1.607e+006
60	0.291	289.352	8049.98	9507.118	-1.591e+006
61	0.326	289.352	8049.98	9703.505	-1.574e+006
62	0.360	289.352	8049.98	9901.959	-1.558e+006
63	0.394	289.352	8049.98	10102.511	-1.541e+006
64	0.428	289.352	8049.98	10305.198	-1.525e+006
65	0.463	289.352	8049.98	10510.054	-1.508e+006
66	0.497	289.352	8049.98	10717.115	-1.492e+006
67	0.531	289.352	8049.98	10926.416	-1.475e+006
68	0.566	289.352	8049.98	11137.996	-1.459e+006

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:05:24 2024
4		
5		

Plug Flow Reactor: R-102-2 (continued)

Flows

Length (m)	Molar Flow (kgmole/h)	Mass Flow (kg/h)	Volumetric Flow (m3/h)	Heat Flow (kcal/h)
0.600	289.352	8049.98	11351.892	-1.442e+006
0.634	289.352	8049.98	11568.144	-1.425e+006
0.668	289.352	8049.98	11786.789	-1.408e+006


Segment Overall Reaction Rates (kgmole/m3-s)

Length (m)	Rxn-4
1.714e-002	4.673
5.142e-002	1.694e-008
8.570e-002	1.955e-030
0.1200	1.893e-030
0.1543	1.834e-030
0.1885	1.777e-030
0.2228	1.723e-030
0.2571	1.671e-030
0.2914	1.620e-030
0.3257	1.572e-030
0.3599	1.526e-030
0.3942	1.492e-030
0.4285	1.438e-030
0.4628	1.397e-030
0.4971	1.357e-030
0.5313	1.319e-030
0.5656	1.282e-030
0.5999	1.247e-030
0.6342	1.212e-030
0.6685	1.179e-030

Component Production Rates (kgmole/m3-s)

Length (m)	Methanol	Oxygen	Formaldehyde	H2O
1.714e-002	-4.673	-2.337	4.673	4.673
5.142e-002	-1.694e-008	-8.468e-009	1.694e-008	1.694e-008
8.570e-002	-1.955e-030	-9.775e-031	1.955e-030	1.955e-030
0.1200	-1.893e-030	-9.466e-031	1.893e-030	1.893e-030
0.1543	-1.834e-030	-9.170e-031	1.834e-030	1.834e-030
0.1885	-1.777e-030	-8.886e-031	1.777e-030	1.777e-030
0.2228	-1.723e-030	-8.614e-031	1.723e-030	1.723e-030
0.2571	-1.671e-030	-8.353e-031	1.671e-030	1.671e-030
0.2914	-1.620e-030	-8.102e-031	1.620e-030	1.620e-030
0.3257	-1.572e-030	-7.861e-031	1.572e-030	1.572e-030
0.3599	-1.526e-030	-7.629e-031	1.526e-030	1.526e-030
0.3942	-1.481e-030	-7.407e-031	1.481e-030	1.481e-030
0.4285	-1.438e-030	-7.192e-031	1.438e-030	1.438e-030
0.4628	-1.397e-030	-6.986e-031	1.397e-030	1.397e-030
0.4971	-1.357e-030	-6.787e-031	1.357e-030	1.357e-030
0.5313	-1.319e-030	-6.596e-031	1.319e-030	1.319e-030
0.5656	-1.282e-030	-6.411e-031	1.282e-030	1.282e-030
0.5999	-1.247e-030	-6.233e-031	1.247e-030	1.247e-030
0.6342	-1.212e-030	-6.062e-031	1.212e-030	1.212e-030
0.6685	-1.179e-030	-5.896e-031	1.179e-030	1.179e-030

Length (m)	Nitrogen	CO	CO2	Urea
1.714e-002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5.142e-002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8.570e-002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.1200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.1543	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.1885	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:05:24 2024
4		
5		

Plug Flow Reactor: R-102-2 (continued)


Component Production Rates (kgmole/m3-s)

Length (m)	Nitrogen	CO	CO2	Urea
0.2228	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.2571	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.2914	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.3257	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.3599	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.3942	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.4285	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.4628	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.4971	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.5313	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.5656	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.5999	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.6342	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.6685	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Length (m)	FormicAcid	diM-Ether	UFC 80 1*	NaOH
1.714e-002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5.142e-002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8.570e-002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.1200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.1543	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.1885	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.2228	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.2571	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.2914	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.3257	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.3599	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.3942	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.4285	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.4628	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.4971	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.5313	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.5656	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.5999	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.6342	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.6685	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Transport

Length (m)	Viscosity (cP)	Molecular Weight	Mass Density (kg/m3)	Heat Capacity (kJ/kgmole-C)	Surface Tension (dyne/cm)	Z Factor
1.714e-002	2.223e-002	27.82	1.005	31.092	---	0.9996
5.142e-002	2.251e-002	27.82	0.9832	31.154	---	0.9997
8.570e-002	2.279e-002	27.82	0.9617	31.217	---	0.9997
0.1200	2.306e-002	27.82	0.9410	31.279	---	0.9998
0.1543	2.333e-002	27.82	0.9209	31.342	---	0.9998
0.1885	2.360e-002	27.82	0.9015	31.405	---	0.9998
0.2228	2.387e-002	27.82	0.8826	31.468	---	0.9999
0.2571	2.414e-002	27.82	0.8644	31.531	---	0.9999
0.2914	2.440e-002	27.82	0.8467	31.595	---	0.9999
0.3257	2.466e-002	27.82	0.8296	31.658	---	1.000
0.3599	2.493e-002	27.82	0.8130	31.721	---	1.000
0.3942	2.519e-002	27.82	0.7968	31.784	---	1.000
0.4285	2.545e-002	27.82	0.7812	31.848	---	1.000
0.4628	2.570e-002	27.82	0.7659	31.911	---	1.000
0.4971	2.596e-002	27.82	0.7511	31.974	---	1.000
0.5313	2.622e-002	27.82	0.7367	32.037	---	1.000
0.5656	2.647e-002	27.82	0.7227	32.100	---	1.000
0.5999	2.673e-002	27.82	0.7091	32.164	---	1.000

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:05:24 2024
4		
5		

Plug Flow Reactor: R-102-2 (continued)

Transport


Length (m)	Viscosity (cP)	Molecular Weight	Mass Density (kg/m3)	Heat Capacity (kJ/kgmole-C)	Surface Tension (dyne/cm)	Z Factor
0.6342	2.698e-002	27.82	0.6959	32.227	---	1.000
0.6685	2.724e-002	27.82	0.6830	32.290	---	1.000

Component Molar Flowrates (kgmole/h)

Length (m)	Methanol	Oxygen	Formaldehyde	H2O
1.714e-002	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
5.142e-002	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
8.570e-002	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.1200	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.1543	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.1885	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.2228	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.2571	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.2914	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.3257	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.3599	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.3942	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.4285	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.4628	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.4971	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.5313	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.5656	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.5999	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.6342	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312
0.6685	0.0000	28.7202	18.4874	22.8312

Length (m)	Nitrogen	CO	CO2	Urea
1.714e-002	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
5.142e-002	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
8.570e-002	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.1200	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.1543	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.1885	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.2228	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.2571	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.2914	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.3257	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.3599	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.3942	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.4285	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.4628	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.4971	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.5313	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.5656	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.5999	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.6342	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000
0.6685	216.2060	1.8065	1.2420	0.0000

Length (m)	FormicAcid	diM-Ether	UFC 80_1*	NaOH
1.714e-002	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
5.142e-002	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
8.570e-002	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.1200	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.1543	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.1885	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.2228	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.2571	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.2914	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:05:24 2024
4		
5		

Plug Flow Reactor: R-102-2 (continued)

Component Molar Flowrates (kgmole/h)


Length (m)	FormicAcid	diM-Ether	UFC 80_1*	NaOH
0.3257	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.3599	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.3942	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.4285	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.4628	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.4971	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.5313	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.5656	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.5999	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.6342	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000
0.6685	0.0019	0.0565	0.0000	0.0000

Component Mole Fractions

Length (m)	Methanol	Oxygen	Formaldehyde	H2O
1.714e-002	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
5.142e-002	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
8.570e-002	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.1200	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.1543	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.1885	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.2228	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.2571	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.2914	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.3257	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.3599	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.3942	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.4285	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.4628	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.4971	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.5313	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.5656	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.5999	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.6342	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789
0.6685	0.0000	0.0993	0.0639	0.0789

Length (m)	Nitrogen	CO	CO2	Urea
1.714e-002	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
5.142e-002	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
8.570e-002	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.1200	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.1543	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.1885	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.2228	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.2571	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.2914	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.3257	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.3599	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.3942	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.4285	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.4628	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.4971	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.5313	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.5656	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.5999	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.6342	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000
0.6685	0.7472	0.0062	0.0043	0.0000

Length (m)	FormicAcid	diM-Ether	UFC 80_1*	NaOH
1.714e-002	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:05:24 2024
4		
5		


Plug Flow Reactor: R-102-2 (continued)

Component Mole Fractions

Length (m)	FormicAcid	diM-Ether	UFC 80_1*	NaOH
5.142e-002	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
8.570e-002	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.1200	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.1543	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.1885	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.2228	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.2571	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.2914	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.3257	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.3599	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.3942	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.4285	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.4628	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.4971	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.5313	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.5656	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.5999	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.6342	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
0.6685	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000

PROPERTIES

Name	R2-2	R2-2		
Molecular Weight	28.69	27.82		
Molar Density (kgmole/m3)	3.696e-002	2.455e-002		
Mass Density (kg/m3)	1.060	0.6830		
Act. Volume Flow (m3/h)	7592	1.179e+004		
Mass Enthalpy (kcal/kg)	-135.1	-175.0		
Mass Entropy (kJ/kg-C)	5.679	6.310		
Heat Capacity (kJ/kgmole-C)	31.61	32.29		
Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	1.102	1.161		
LHV Molar Basis (Std) (kcal/kgmole)	1.044e+004	8417		
HHV Molar Basis (Std) (kcal/kgmole)	1.189e+004	9822		
HHV Mass Basis (Std) (kcal/kg)	414.6	353.1		
CO2 Loading	---	---		
CO2 Apparent Mole Conc. (kgmole/m3)	---	---		
CO2 Apparent Wt. Conc. (kgmol/kg)	---	---		
LHV Mass Basis (Std) (kcal/kg)	364.1	302.5		
Phase Fraction [Vol. Basis]	1.000	1.000		
Phase Fraction [Mass Basis]	1.000	1.000		
Phase Fraction [Act. Vol. Basis]	1.000	1.000		
Mass Exergy (kcal/kg)	10.58	25.23		
Partial Pressure of CO2 (bar)	5.754e-003	5.022e-003		
Cost Based on Flow (Cost/s)	0.0000	0.0000		
Act. Gas Flow (ACT_m3/h)	7592	1.179e+004		
Avg. Liq. Density (kgmole/m3)	29.42	30.13		
Specific Heat (kJ/kgmole-C)	31.61	32.29		
Std. Gas Flow (STD_m3/h)	6635	6842		
Std. Ideal Liq. Mass Density (kg/m3)	843.9	838.4		
Act. Liq. Flow (m3/s)	---	---		
Z Factor	0.9997	---		
Watson K	6.559	6.547		
User Property	---	---		
Partial Pressure of H2S (bar)	0.0000	0.0000		
Cp/(Cp - R)	1.357	1.347		
Cp/Cv	1.359	1.348		
Ideal Gas Cp/Cv	1.358	1.347		
Ideal Gas Cp (kJ/kgmole-C)	31.56	32.27		

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:05:24 2024
4		
5		

Plug Flow Reactor: R-102-2 (continued)

PROPERTIES


Name	R2-2	R2'-2		
12 Mass Ideal Gas Cp (kJ/kg-C)	1.100	1.160		
13 Heat of Vap. (kcal/kgmole)	4273	4292		
14 Kinematic Viscosity (cSt)	21.50	39.88		
15 Liq. Mass Density (Std. Cond) (kg/m3)	---	---		
16 Liq. Vol. Flow (Std. Cond) (m3/h)	---	---		
17 Liquid Fraction	0.0000	0.0000		
18 Molar Volume (m3/kgmole)	27.06	40.74		
19 Mass Heat of Vap. (kcal/kg)	149.0	154.3		
20 Phase Fraction [Molar Basis]	1.0000	1.0000		
21 Surface Tension (dyne/cm)	---	---		
22 Thermal Conductivity (W/m-K)	3.336e-002	4.292e-002		
23 Bubble Point Pressure (bar)	---	---		
24 Viscosity (cP)	2.280e-002	2.724e-002		
25 Cv (Semi-Ideal) (kJ/kgmole-C)	23.30	23.98		
26 Mass Cv (Semi-Ideal) (kJ/kg-C)	0.8121	0.8618		
27 Cv (kJ/kgmole-C)	23.26	23.96		
28 Mass Cv (kJ/kg-C)	0.8107	0.8611		
29 Cv (Ent. Method) (kJ/kgmole-C)	---	---		
30 Mass Cv (Ent. Method) (kJ/kg-C)	---	---		
31 Cp/Cv (Ent. Method)	---	---		
32 Reid VP at 37.8 C (bar)	---	---		
33 True VP at 37.8 C (bar)	1127	2496		
34 Liq. Vol. Flow - Sum(Std. Cond) (m3/h)	0.0000	0.0000		
35 Viscosity Index	---	---		

DYNAMICS

Vessel Parameters: Initialize from Product

Single Phase: Activated		Lag Rxn Temperature: Not Activated	
Laminar Flow	Activated	Fixed Delta P	Not Activated
Flow Equation	Activated	PFR Elevation (m)	0 *
Pressure Flow Relation		Segmented Holdup Details	
Segment	Pressure-Flow K (kg/hr/sqrt(bar-kg/m3))	View Holdup	
46 1.000 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-1 Holdup	
47 2.000 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-2 Holdup	
48 3.000 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-3 Holdup	
49 4.000 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-4 Holdup	
50 5.000 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-5 Holdup	
51 6.000 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-6 Holdup	
52 7.000 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-7 Holdup	
53 8.000 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-8 Holdup	
54 9.000 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-9 Holdup	
55 10.00 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-10 Holdup	
56 11.00 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-11 Holdup	
57 12.00 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-12 Holdup	
58 13.00 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-13 Holdup	
59 14.00 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-14 Holdup	
60 15.00 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-15 Holdup	
61 16.00 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-16 Holdup	
62 17.00 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-17 Holdup	
63 18.00 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-18 Holdup	
64 19.00 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-19 Holdup	
65 20.00 *	1.208e+005 *	R-102-2:Seg-20 Holdup	

Overall Holdup Details

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name:	TOT.hsc
2		Unit Set:	EuroSI
3		Date/Time:	Mon Jun 10 23:05:24 2024
4			
5			

Plug Flow Reactor: R-102-2 (continued)

Phase	Accumulation (kgmole/h)	Moles (kgmole)	Volume (m3)
Vapour	0.0000	0.0000	0.0000
Liquid	0.0000	0.0000	0.0000
Aqueous	0.0000	0.0000	0.0000
Total	0.0000	0.0000	0.0000

Direct Q

SP	(kcal/h)	3.207e+005	Max. Available	(kcal/h)	---
Min. Available	(kcal/h)	0.0000			

Heat Flow into the PFR: Cooling

NOTES

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63


64

65

66

67

68

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:07:31 2024
4		
5		

Mixer: E101

CONNECTIONS

Inlet Stream

STREAM NAME	FROM UNIT OPERATION
METH-2	
AIR TOT "	LNG E102

Outlet Stream

STREAM NAME	TO UNIT OPERATION
GAZ TOT	LNG E102

PARAMETERS

User Variables

NOZZLE PARAMETERS


26	Base Elevation Relative to Ground Level			0.0000 m *
27		METH-2	AIR TOT "	GAZ TOT
28	Diameter (m)	5.000e-002	5.000e-002	5.000e-002
29	Elevation (Base) (m)	0.0000	0.0000	0.0000
30	Elevation (Ground) (m)	0.0000	0.0000	0.0000

CONDITIONS

Name	METH-2	AIR TOT "	GAZ TOT
33			
34	Vapour	0.0099	1.0000
35	Temperature (C)	25.0000 *	180.0000 *
36	Pressure (bar)	4.0000 *	1.3000 *
37	Molar Flow (kgmole/h)	34.3388	526.9003
38	Mass Flow (kg/h)	1100.0000 *	15000.0000
39	Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	1.3777	17.6998
40	Molar Enthalpy (kcal/kgmole)	-5.832e+004	-912.2
41	Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	2.272	163.8
42	Heat Flow (kcal/h)	-2.0027e+06	-4.8064e+05

PROPERTIES

Name	METH-2	AIR TOT "	GAZ TOT
45			
46	Molecular Weight	32.03	28.47
47	Molar Density (kgmole/m3)	9.883	3.450e-002
48	Mass Density (kg/m3)	316.6	0.9821
49	Act. Volume Flow (m3/h)	3.474	1.527e+004
50	Mass Enthalpy (kcal/kg)	-1821	-32.04
51	Mass Entropy (kJ/kg-C)	7.092e-002	5.753
52	Heat Capacity (kJ/kgmole-C)	161.3	30.36
53	Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	5.036	1.066
54	LHV Molar Basis (Std) (kcal/kgmole)	1.506e+005	1310
55	HHV Molar Basis (Std) (kcal/kgmole)	1.699e+005	1594
56	HHV Mass Basis (Std) (kcal/kg)	5304	55.99
57	CO2 Loading	---	---
58	CO2 Apparent Mole Conc. (kgmole/m3)	0.0000	---
59	CO2 Apparent Wt. Conc. (kgmol/kg)	0.0000	---
60	LHV Mass Basis (Std) (kcal/kg)	4701	46.03
61	Phase Fraction [Vol. Basis]	7.024e-003	1.000
62	Phase Fraction [Mass Basis]	9.851e-003	1.000
63	Phase Fraction [Act. Vol. Basis]	0.6011	1.000
64	Mass Exergy (kcal/kg)	0.4063	12.79
65	Partial Pressure of CO2 (bar)	0.0000	6.129e-003
66	Cost Based on Flow (Cost/s)	0.0000	0.0000
67	Act. Gas Flow (ACT_m3/h)	2.089	1.527e+004
68	Avg. Liq. Density (kgmole/m3)	24.92	29.77

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:07:31 2024
4		
5		

Mixer: E101 (continued)

PROPERTIES

11	Name	METH-2	AIR TOT "	GAZ TOT
12	Specific Heat (kJ/kgmole-C)	161.3	30.36	30.85
13	Std. Gas Flow (STD_m3/h)	811.9	1.246e+004	1.327e+004
14	Std. Ideal Liq. Mass Density (kg/m3)	798.4	847.5	843.9
15	Act. Liq. Flow (m3/s)	3.849e-004	---	---
16	Z Factor	---	1.000	0.9990
17	Watson K	10.55	6.204	6.559
18	User Property	---	---	---
19	Partial Pressure of H2S (bar)	0.0000	0.0000	0.0000
20	Cp/(Cp - R)	1.054	1.377	1.369
21	Cp/Cv	1.001	1.379	1.373
22	Ideal Gas Cp/Cv	1.235	1.378	1.370
23	Ideal Gas Cp (kJ/kgmole-C)	43.64	30.33	30.77
24	Mass Ideal Gas Cp (kJ/kg-C)	1.362	1.065	1.073
25	Heat of Vap. (kcal/kgmole)	1.891e+004	3171	4273
26	Kinematic Viscosity (cSt)	---	25.26	15.39
27	Liq. Mass Density (Std. Cond) (kg/m3)	796.5	---	---
28	Liq. Vol. Flow (Std. Cond) (m3/h)	1.381	---	---
29	Liquid Fraction	0.9901	0.0000	0.0000
30	Molar Volume (m3/kgmole)	0.1012	28.99	22.34
31	Mass Heat of Vap. (kcal/kg)	590.4	111.4	149.0
32	Phase Fraction [Molar Basis]	0.0099	1.0000	1.0000
33	Surface Tension (dyne/cm)	29.49	---	---
34	Thermal Conductivity (W/m-K)	---	3.600e-002	2.845e-002
35	Bubble Point Pressure (bar)	19.51	---	1386
36	Viscosity (cP)	---	2.481e-002	1.976e-002
37	Cv (Semi-Ideal) (kJ/kgmole-C)	153.0	22.04	22.54
38	Mass Cv (Semi-Ideal) (kJ/kg-C)	4.776	0.7744	0.7858
39	Cv (kJ/kgmole-C)	161.2	22.02	22.47
40	Mass Cv (kJ/kg-C)	5.032	0.7735	0.7834
41	Cv (Ent. Method) (kJ/kgmole-C)	---	---	---
42	Mass Cv (Ent. Method) (kJ/kg-C)	---	---	---
43	Cp/Cv (Ent. Method)	---	---	---
44	Reid VP at 37.8 C (bar)	1.969	---	---
45	True VP at 37.8 C (bar)	18.58	1987	1127
46	Liq. Vol. Flow - Sum(Std. Cond) (m3/h)	1.368	0.0000	0.0000
47	Viscosity Index	-2.841	---	---

DYNAMICS


Pressure Specification: Set Outlet to Lowest Inlet

Holdup Details

53	Phase	Accumulation (kgmole/h)	Moles (kgmole)	Volume (m3)
54	Vapour	0.0000	0.0000	0.0000
55	Liquid	0.0000	0.0000	0.0000
56	Aqueous	0.0000	0.0000	0.0000
57	Total	0.0000	0.0000	0.0000

NOTES

60
61
62
63
64
65
66
67
68

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name:	TOT.hsc
2		Unit Set:	EuroSI
3		Date/Time:	Mon Jun 10 23:08:07 2024
4			
5			

Compressor: FP101

DESIGN

Connections

Inlet Stream

STREAM NAME	FROM UNIT OPERATION
-------------	---------------------

AIR TOT	
---------	--

Outlet Stream

STREAM NAME	TO UNIT OPERATION
-------------	-------------------

AIR TOT'	LNG	E102
----------	-----	------

Energy Stream

STREAM NAME	FROM UNIT OPERATION
-------------	---------------------

Q-100-2	
---------	--

Parameters

Speed:	---	Duty:	1.3210e+02 kW
Adiabatic Eff.:	75.00	PolyTropic Eff.:	75.90
Adiabatic Head:	2425 m	Polytropic Head:	2454 m
Adiabatic Fluid Head:	23.78 kJ/kg	Polytropic Fluid Head:	24.06 kJ/kg
Polytropic Exp.	1.595	Isentropic Exp.	1.395
		Poly Head Factor	1.000

User Variables

RATING

Curves

Compressor Speed:	---	Efficiency:	Adiabatic	Curves Enabled:	No
Head Offset:	0.0000 m	Efficiency Offset:	0.00 %		
Speed:					
Flow	Head			Efficiency (%)	

Flow Limits

Surge Curve: Inactive					
Speed	Flow	Speed	Flow	Speed	Flow
Stone Wall Curve: Inactive					
Speed	Flow	Speed	Flow	Speed	Flow
Surge Flow Rate	---	Field Flow Rate	Je+004 ACT_m3/h	Stone Wall Flow	---
				Compressor Volume	0.0000 m3

Nozzle Paramaters

Base Elevation Relative to Ground Level				0.0000 m *
		AIR TOT	AIR TOT'	
Diameter	(m)	5.000e-002	5.000e-002	
Elevation (Base)	(m)	0.0000	0.0000	
Elevation (Ground)	(m)	0.0000	0.0000	


Inertia

Rotational inertia (kg-m2)	6.000	Radius of gyration (m)	0.2000
Mass (kg)	150.0	Friction loss factor (rad/min) (kg-m2/s)	6.000e-003

WORKSHEET

Conditions

Name	AIR TOT	AIR TOT'	Q-100-2	
Vapour	1.0000	1.0000	---	
Temperature	(C)	26.0000 *	56.6792	---
Pressure	(bar)	1.0000 *	1.3000 *	---
Molar Flow	(kgmole/h)	526.9003	526.9003	---

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name:	TOT.hsc
2		Unit Set:	EuroSI
3		Date/Time:	Mon Jun 10 23:08:07 2024
4			
5			


Compressor: FP101 (continued)

Conditions

11	Mass Flow	(kg/h)	15000.0000 *	15000.0000	---
12	Std Ideal Liq Vol Flow	(m3/h)	17.6998	17.6998	---
13	Molar Enthalpy	(kcal/kgmole)	-2012	-1796	---
14	Molar Entropy	(kJ/kgmole-C)	153.6	154.3	---
15	Heat Flow	(kcal/h)	-1.0599e+06	-9.4623e+05	1.1366e+05

Properties

18	Name		AIR TOT	AIR TOT'	
19	Molecular Weight		28.47	28.47	
20	Molar Density	(kgmole/m3)	4.024e-002	4.743e-002	
21	Mass Density	(kg/m3)	1.145	1.350	
22	Act. Volume Flow	(m3/h)	1.310e+004	1.111e+004	
23	Mass Enthalpy	(kcal/kg)	-70.66	-63.08	
24	Mass Entropy	(kJ/kg-C)	5.395	5.419	
25	Heat Capacity	(kJ/kgmole-C)	29.40	29.60	
26	Mass Heat Capacity	(kJ/kg-C)	1.033	1.040	
27	LHV Molar Basis (Std)	(kcal/kgmole)	1310	1310	
28	HHV Molar Basis (Std)	(kcal/kgmole)	1594	1594	
29	HHV Mass Basis (Std)	(kcal/kg)	55.99	55.99	
30	CO2 Loading		---	---	
31	CO2 Apparent Mole Conc. (kgmole/m3)		---	---	
32	CO2 Apparent Wt. Conc. (kgmol/kg)		---	---	
33	LHV Mass Basis (Std)	(kcal/kg)	46.03	46.03	
34	Phase Fraction [Vol. Basis]		1.000	1.000	
35	Phase Fraction [Mass Basis]		1.000	1.000	
36	Phase Fraction [Act. Vol. Basis]		1.000	1.000	
37	Mass Exergy	(kcal/kg)	-0.2733	5.572	
38	Partial Pressure of CO2	(bar)	4.714e-003	6.129e-003	
39	Cost Based on Flow	(Cost/s)	0.0000	0.0000	
40	Act. Gas Flow	(ACT_m3/h)	1.310e+004	1.111e+004	
41	Avg. Liq. Density	(kgmole/m3)	29.77	29.77	
42	Specific Heat	(kJ/kgmole-C)	29.40	29.60	
43	Std. Gas Flow	(STD_m3/h)	1.246e+004	1.246e+004	
44	Std. Ideal Liq. Mass Density	(kg/m3)	847.5	847.5	
45	Act. Liq. Flow	(m3/s)	---	---	
46	Z Factor		0.9992	0.9994	
47	Watson K		6.204	6.204	
48	User Property		---	---	
49	Partial Pressure of H2S	(bar)	0.0000	0.0000	
50	Cp/(Cp - R)		1.394	1.391	
51	Cp/Cv		1.398	1.394	
52	Ideal Gas Cp/Cv		1.395	1.392	
53	Ideal Gas Cp	(kJ/kgmole-C)	29.34	29.54	
54	Mass Ideal Gas Cp	(kJ/kg-C)	1.031	1.038	
55	Heat of Vap.	(kcal/kgmole)	3174	3171	
56	Kinematic Viscosity	(cSt)	16.01	14.63	
57	Liq. Mass Density (Std. Cond)	(kg/m3)	---	---	
58	Liq. Vol. Flow (Std. Cond)	(m3/h)	---	---	
59	Liquid Fraction		0.0000	0.0000	
60	Molar Volume	(m3/kgmole)	24.85	21.08	
61	Mass Heat of Vap.	(kcal/kg)	111.5	111.4	
62	Phase Fraction [Molar Basis]		1.0000	1.0000	
63	Surface Tension	(dyne/cm)	---	---	
64	Thermal Conductivity	(W/m-K)	2.570e-002	2.786e-002	
65	Bubble Point Pressure	(bar)	1886	2144	
66	Viscosity	(cP)	1.834e-002	1.976e-002	
67	Cv (Semi-Ideal)	(kJ/kgmole-C)	21.09	21.29	
68	Mass Cv (Semi-Ideal)	(kJ/kg-C)	0.7408	0.7478	

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:08:07 2024
4		
5		

Compressor: FP101 (continued)

Properties

Name	AIR TOT	AIR TOT'		
Cv (kJ/kgmole-C)	21.04	21.24		
Mass Cv (kJ/kg-C)	0.7390	0.7460		
Cv (Ent. Method) (kJ/kgmole-C)	---	---		
Mass Cv (Ent. Method) (kJ/kg-C)	---	---		
Cp/Cv (Ent. Method)	---	---		
Reid VP at 37.8 C (bar)	---	---		
True VP at 37.8 C (bar)	1987	1987		
Liq. Vol. Flow - Sum(Std. Cond) (m3/h)	0.0000	0.0000		
Viscosity Index	---	---		

PERFORMANCE

Results

Adiabatic Head (m)	2425	Power Consumed (kW)	132.1
Polytropic Head (m)	2454	Polytropic Head Factor	1.000
Adiabatic Fluid Head (kJ/kg)	23.78	Polytropic Exponent	1.595
Polytropic Fluid Head (kJ/kg)	24.06	Isentropic Exponent	1.395
Adiabatic Efficiency	75	Speed (rpm)	---
Polytropic Efficiency	76		---

Power/Torque

Total Rotor Power (kW)	132.1	Total Rotor Torque (N-m)	---
Transient Rotor Power (kW)	0.0000	Transient Rotor Torque (N-m)	---
Friction Power Loss (kW)	0.0000	Friction Torque Loss (N-m)	---
Fluid Power (kW)	132.1	Fluid Torque (N-m)	---

DYNAMICS

Dynamic Specifications


Duty (kcal/h)	1.137e+005	Active	Head (m)	2454	Not Active
Adiabatic Efficiency	75	Not Active	Fluid Head (kJ/kg)	24.06	Not Active
Polytropic Efficiency	76	Active	Capacity (ACT_m3/h)	1.310e+004	Not Active
Pressure Increase (bar)	0.3000	Not Active	Speed (rpm)	---	Not Active
	---		Use Characteristic Curves		No


Holdup Details

Phase	Accumulation (kgmole/h)	Moles (kgmole)	Volume (m3)
Vapour	0.0000	0.0000	0.0000
Liquid	0.0000	0.0000	0.0000
Aqueous	0.0000	0.0000	0.0000
Total	0.0000	0.0000	0.0000

NOTES

56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name:	TOT.hsc		
2			Unit Set:	EuroSI		
3			Date/Time:	Mon Jun 10 23:12:50 2024		
4			Material Stream: METH-2		Fluid Package:	Basis-5
5					Property Package:	PRSV
6	CONDITIONS					
7		Overall	Vapour Phase	Liquid Phase		
8	Vapour / Phase Fraction	0.0099	0.0099	0.9901		
9	Temperature: (C)	25.00 *	25.00	25.00		
10	Pressure: (bar)	4.000 *	4.000	4.000		
11	Molar Flow (kgmole/h)	34.34	0.3388	34.00		
12	Mass Flow (kg/h)	1100 *	10.84	1089		
13	Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	1.378	9.677e-003	1.368		
14	Molar Enthalpy (kcal/kgmole)	-5.832e+004	-1588	-5.889e+004		
15	Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	2.272	134.6	0.9533		
16	Heat Flow (kcal/h)	-2.003e+006	-538.0	-2.002e+006		
17	Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	1.381 *	---	1.368		
18	PROPERTIES					
19		Overall	Vapour Phase	Liquid Phase		
20	Molecular Weight	32.03	31.99	32.03		
21	Molar Density (kgmole/m3)	9.883	0.1622	24.53		
22	Mass Density (kg/m3)	316.6	5.188	785.9		
23	Act. Volume Flow (m3/h)	3.474	2.089	1.386		
24	Mass Enthalpy (kcal/kg)	-1821	-49.65	-1838		
25	Mass Entropy (kJ/kg-C)	7.092e-002	4.209	2.976e-002		
26	Heat Capacity (kJ/kgmole-C)	161.3	29.90	162.6		
27	Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	5.036	0.9349	5.077		
28	LHV Molar Basis (Std) (kcal/kgmole)	1.506e+005	5922	1.520e+005		
29	HHV Molar Basis (Std) (kcal/kgmole)	1.699e+005	5922	1.716e+005		
30	HHV Mass Basis (Std) (kcal/kg)	5304	185.2	5355		
31	CO2 Loading	---	---	---		
32	CO2 Apparent Mole Conc. (kgmole/m3)	0.0000	---	0.0000		
33	CO2 Apparent Wt. Conc. (kgmol/kg)	0.0000	---	0.0000		
34	LHV Mass Basis (Std) (kcal/kg)	4701	165.5	4746		
35	Phase Fraction [Vol. Basis]	7.024e-003	7.024e-003	0.9930		
36	Phase Fraction [Mass Basis]	9.851e-003	9.851e-003	0.9901		
37	Phase Fraction [Act. Vol. Basis]	0.6011	0.6011	0.3989		
38	Mass Exergy (kcal/kg)	0.4063	---	---		
39	Partial Pressure of CO2 (bar)	0.0000	---	---		
40	Cost Based on Flow (Cost/s)	0.0000	0.0000	0.0000		
41	Act. Gas Flow (ACT_m3/h)	2.089	2.089	---		
42	Avg. Liq. Density (kgmole/m3)	24.92	35.01	24.85		
43	Specific Heat (kJ/kgmole-C)	161.3	29.90	162.6		
44	Std. Gas Flow (STD_m3/h)	811.9	8.010	803.9		
45	Std. Ideal Liq. Mass Density (kg/m3)	798.4	1120	796.1		
46	Act. Liq. Flow (m3/s)	3.849e-004	---	3.849e-004		
47	Z Factor	---	0.9948	6.577e-003		
48	Watson K	10.55	4.999	10.61		
49	User Property	---	---	---		
50	Partial Pressure of H2S (bar)	0.0000	---	---		
51	Cp/(Cp - R)	1.054	1.385	1.054		
52	Cp/Cv	1.001	1.401	1.240		
53	Ideal Gas Cp/Cv	1.235	1.390	1.234		
54	Ideal Gas Cp (kJ/kgmole-C)	43.64	29.62	43.78		
55	Mass Ideal Gas Cp (kJ/kg-C)	1.362	0.9262	1.367		
56	Heat of Vap. (kcal/kgmole)	1.891e+004	---	---		
57	Kinematic Viscosity (cSt)	---	3.881	0.6861		
58	Liq. Mass Density (Std. Cond) (kg/m3)	796.5	---	796.2		
59	Liq. Vol. Flow (Std. Cond) (m3/h)	1.381	---	1.368		
60	Liquid Fraction	0.9901	0.0000	1.000		
61	Molar Volume (m3/kgmole)	0.1012	6.165	4.076e-002		
62	Mass Heat of Vap. (kcal/kg)	590.4	---	---		
63	Phase Fraction [Molar Basis]	0.0099	0.0099	0.9901		

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:12:50 2024
4		
5		

Material Stream: METH-2 (continued)

Fluid Package: Basis-5
 Property Package: PRSV

PROPERTIES

		Overall	Vapour Phase	Liquid Phase	
12	Surface Tension (dyne/cm)	29.49	---	29.49	
13	Thermal Conductivity (W/m-K)	---	2.599e-002	0.1792	
14	Bubble Point Pressure (bar)	19.51	---	---	
15	Viscosity (cP)	---	2.013e-002	0.5392	
16	Cv (Semi-Ideal) (kJ/kgmole-C)	153.0	21.59	154.3	
17	Mass Cv (Semi-Ideal) (kJ/kg-C)	4.776	0.6750	4.817	
18	Cv (kJ/kgmole-C)	161.2	21.35	131.2	
19	Mass Cv (kJ/kg-C)	5.032	0.6675	4.094	
20	Cv (Ent. Method) (kJ/kgmole-C)	---	---	---	
21	Mass Cv (Ent. Method) (kJ/kg-C)	---	---	---	
22	Cp/Cv (Ent. Method)	---	---	---	
23	Reid VP at 37.8 C (bar)	1.969	---	0.6099	
24	True VP at 37.8 C (bar)	18.58	---	3.930	
25	Liq. Vol. Flow - Sum(Std. Cond) (m3/h)	1.368	0.0000	1.368	
26	Viscosity Index	-2.841	---	---	

COMPOSITION

Overall Phase

Vapour Fraction 0.0099

COMPONENTS	MOLAR FLOW (kgmole/h)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (kg/h)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (m3/h)	LIQUID VOLUME FRACTION	
33	Methanol	33.7997 *	0.9843 *	1083.0058 *	0.9846 *	1.3610 *	0.9879 *
34	Oxygen	0.4086 *	0.0119 *	13.0762 *	0.0119 *	0.0115 *	0.0083 *
35	Formaldehyde	0.1305 *	0.0038 *	3.9180 *	0.0036 *	0.0052 *	0.0038 *
36	H2O	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *
37	Nitrogen	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *
38	CO	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *
39	CO2	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *
40	Urea	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *
41	FormicAcid	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *
42	diM-Ether	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *
43	UFC 80_1*	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *
44	NaOH	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *
45	Total	34.3388	1.0000	1100.0000	1.0000	1.3777	1.0000

Vapour Phase


Phase Fraction 9.866e-003

COMPONENTS	MOLAR FLOW (kgmole/h)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (kg/h)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (m3/h)	LIQUID VOLUME FRACTION	
50	Methanol	0.0095	0.0281	0.3049	0.0281	0.0004	0.0396
51	Oxygen	0.3265	0.9638	10.4483	0.9642	0.0092	0.9491
52	Formaldehyde	0.0028	0.0081	0.0826	0.0076	0.0001	0.0113
53	H2O	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
54	Nitrogen	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
55	CO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56	CO2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57	Urea	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58	FormicAcid	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
59	diM-Ether	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	UFC 80_1*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61	NaOH	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
62	Total	0.3388	1.0000	10.8358	1.0000	0.0097	1.0000

Liquid Phase

Phase Fraction 0.9901

COMPONENTS	MOLAR FLOW (kgmole/h)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (kg/h)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (m3/h)	LIQUID VOLUME FRACTION	
67	Methanol	33.7902	0.9938	1082.7009	0.9941	1.3607	0.9946
68	Oxygen	0.0821	0.0024	2.6279	0.0024	0.0023	0.0017

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:12:50 2024
4		
5		

6	Material Stream: METH-2 (continued)	Fluid Package: Basis-5
7		Property Package: PRSV

COMPOSITION

Liquid Phase (continued) Phase Fraction 0.9901

13	COMPONENTS	MOLAR FLOW (kgmole/h)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (kg/h)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (m3/h)	LIQUID VOLUME FRACTION
15	Formaldehyde	0.1277	0.0038	3.8354	0.0035	0.0051	0.0037
16	H2O	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17	Nitrogen	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18	CO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
19	CO2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	Urea	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
21	FormicAcid	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22	diM-Ether	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23	UFC 80_1*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24	NaOH	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
25	Total	34.0000	1.0000	1089.1642	1.0000	1.3681	1.0000

K VALUE

28	COMPONENTS	MIXED	LIGHT	HEAVY
29	Methanol	2.826e-002	2.826e-002	---
30	Oxygen	399.0	399.0	---
31	Formaldehyde	2.161	2.161	---
32	H2O	---	---	---
33	Nitrogen	---	---	---
34	CO	---	---	---
35	CO2	---	---	---
36	Urea	---	---	---
37	FormicAcid	---	---	---
38	diM-Ether	---	---	---
39	UFC 80_1*	---	---	---
40	NaOH	---	---	---

UNIT OPERATIONS

43	FEED TO	PRODUCT FROM	LOGICAL CONNECTION
44	Mixer: E101		

UTILITIES

(No utilities reference this stream)

PROCESS UTILITY

DYNAMICS

53	Pressure Specification (Active):	4.000 bar *
54	Flow Specification (Inactive) Molar:	34.34 kgmole/h
	Mass:	1100 kg/h *
	Std Ideal Liq Volume:	1.378 m3/h

User Variables


NOTES


Description

63
64
65
66
67
68

Licensed to: Company Name Not Available

* Specified by user.

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name:	TOT.hsc
2			Unit Set:	EuroSI
3			Date/Time:	Mon Jun 10 23:13:10 2024
4				
5				
6	Material Stream: AIR TOT		Fluid Package:	Basis-5
7			Property Package:	PRSV
8				
9	CONDITIONS			
10		Overall	Vapour Phase	
11				
12	Vapour / Phase Fraction	1.0000	1.0000	
13	Temperature: (C)	26.00 *	26.00	
14	Pressure: (bar)	1.000 *	1.000	
15	Molar Flow (kgmole/h)	526.9	526.9	
16	Mass Flow (kg/h)	1.500e+004 *	1.500e+004	
17	Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	17.70	17.70	
18	Molar Enthalpy (kcal/kgmole)	-2012	-2012	
19	Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	153.6	153.6	
20	Heat Flow (kcal/h)	-1.060e+006	-1.060e+006	
21	Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	---	---	
22				
23	PROPERTIES			
24		Overall	Vapour Phase	
25	Molecular Weight	28.47	28.47	
26	Molar Density (kgmole/m3)	4.024e-002	4.024e-002	
27	Mass Density (kg/m3)	1.145	1.145	
28	Act. Volume Flow (m3/h)	1.310e+004	1.310e+004	
29	Mass Enthalpy (kcal/kg)	-70.66	-70.66	
30	Mass Entropy (kJ/kg-C)	5.395	5.395	
31	Heat Capacity (kJ/kgmole-C)	29.40	29.40	
32	Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	1.033	1.033	
33	LHV Molar Basis (Std) (kcal/kgmole)	1310	1310	
34	HHV Molar Basis (Std) (kcal/kgmole)	1594	1594	
35	HHV Mass Basis (Std) (kcal/kg)	55.99	55.99	
36	CO2 Loading	---	---	
37	CO2 Apparent Mole Conc. (kgmole/m3)	---	---	
38	CO2 Apparent Wt. Conc. (kgmol/kg)	---	---	
39	LHV Mass Basis (Std) (kcal/kg)	46.03	46.03	
40	Phase Fraction [Vol. Basis]	1.000	1.000	
41	Phase Fraction [Mass Basis]	1.000	1.000	
42	Phase Fraction [Act. Vol. Basis]	1.000	1.000	
43	Mass Exergy (kcal/kg)	-0.2733	---	
44	Partial Pressure of CO2 (bar)	4.714e-003	---	
45	Cost Based on Flow (Cost/s)	0.0000	0.0000	
46	Act. Gas Flow (ACT_m3/h)	1.310e+004	1.310e+004	
47	Avg. Liq. Density (kgmole/m3)	29.77	29.77	
48	Specific Heat (kJ/kgmole-C)	29.40	29.40	
49	Std. Gas Flow (STD_m3/h)	1.246e+004	1.246e+004	
50	Std. Ideal Liq. Mass Density (kg/m3)	847.5	847.5	
51	Act. Liq. Flow (m3/s)	---	---	
52	Z Factor	0.9992	0.9992	
53	Watson K	6.204	6.204	
54	User Property	---	---	
55	Partial Pressure of H2S (bar)	0.0000	---	
56	Cp/(Cp - R)	1.394	1.394	
57	Cp/Cv	1.398	1.398	
58	Ideal Gas Cp/Cv	1.395	1.395	
59	Ideal Gas Cp (kJ/kgmole-C)	29.34	29.34	
60	Mass Ideal Gas Cp (kJ/kg-C)	1.031	1.031	
61	Heat of Vap. (kcal/kgmole)	3174	---	
62	Kinematic Viscosity (cSt)	16.01	16.01	
63	Liq. Mass Density (Std. Cond) (kg/m3)	---	---	
64	Liq. Vol. Flow (Std. Cond) (m3/h)	---	---	
65	Liquid Fraction	0.0000	0.0000	
66	Molar Volume (m3/kgmole)	24.85	24.85	
67	Mass Heat of Vap. (kcal/kg)	111.5	---	
68	Phase Fraction [Molar Basis]	1.0000	1.0000	
69	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 11	Page 1 of 3

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:13:10 2024
4		
5		

Material Stream: AIR TOT (continued)

Fluid Package: Basis-5
 Property Package: PRSV

PROPERTIES

	Overall	Vapour Phase		
12 Surface Tension (dyne/cm)	---	---		
13 Thermal Conductivity (W/m-K)	2.570e-002	2.570e-002		
14 Bubble Point Pressure (bar)	1886	---		
15 Viscosity (cP)	1.834e-002	1.834e-002		
16 Cv (Semi-Ideal) (kJ/kgmole-C)	21.09	21.09		
17 Mass Cv (Semi-Ideal) (kJ/kg-C)	0.7408	0.7408		
18 Cv (kJ/kgmole-C)	21.04	21.04		
19 Mass Cv (kJ/kg-C)	0.7390	0.7390		
20 Cv (Ent. Method) (kJ/kgmole-C)	---	---		
21 Mass Cv (Ent. Method) (kJ/kg-C)	---	---		
22 Cp/Cv (Ent. Method)	---	---		
23 Reid VP at 37.8 C (bar)	---	---		
24 True VP at 37.8 C (bar)	1987	1987		
25 Liq. Vol. Flow - Sum(Std. Cond) (m3/h)	0.0000	0.0000		
26 Viscosity Index	---	---		

COMPOSITION

Overall Phase

Vapour Fraction 1.0000

COMPONENTS	MOLAR FLOW (kgmole/h)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (kg/h)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (m3/h)	LIQUID VOLUME FRACTION
33 Methanol	1.1291 *	0.0021 *	36.1776 *	0.0024 *	0.0455 *	0.0026 *
34 Oxygen	74.4962 *	0.1414 *	2383.8778 *	0.1589 *	2.0954 *	0.1184 *
35 Formaldehyde	1.9157 *	0.0036 *	57.5192 *	0.0038 *	0.0764 *	0.0043 *
36 H2O	10.7337 *	0.0204 *	193.3689 *	0.0129 *	0.1938 *	0.0109 *
37 Nitrogen	432.4121 *	0.8207 *	12113.1592 *	0.8075 *	15.0218 *	0.8487 *
38 CO	3.6130 *	0.0069 *	101.2043 *	0.0067 *	0.1266 *	0.0072 *
39 CO2	2.4840 *	0.0047 *	109.3183 *	0.0073 *	0.1325 *	0.0075 *
40 Urea	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *
41 FormicAcid	0.0038 *	0.0000 *	0.1732 *	0.0000 *	0.0001 *	0.0000 *
42 diM-Ether	0.1129 *	0.0002 *	5.2015 *	0.0003 *	0.0078 *	0.0004 *
43 UFC 80_1*	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *
44 NaOH	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *
45 Total	526.9003	1.0000	15000.0000	1.0000	17.6998	1.0000


Vapour Phase

Phase Fraction 1.000

COMPONENTS	MOLAR FLOW (kgmole/h)	MOLE FRACTION	MASS FLOW (kg/h)	MASS FRACTION	LIQUID VOLUME FLOW (m3/h)	LIQUID VOLUME FRACTION
50 Methanol	1.1291	0.0021	36.1776	0.0024	0.0455	0.0026
51 Oxygen	74.4962	0.1414	2383.8778	0.1589	2.0954	0.1184
52 Formaldehyde	1.9157	0.0036	57.5192	0.0038	0.0764	0.0043
53 H2O	10.7337	0.0204	193.3689	0.0129	0.1938	0.0109
54 Nitrogen	432.4121	0.8207	12113.1592	0.8075	15.0218	0.8487
55 CO	3.6130	0.0069	101.2043	0.0067	0.1266	0.0072
56 CO2	2.4840	0.0047	109.3183	0.0073	0.1325	0.0075
57 Urea	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58 FormicAcid	0.0038	0.0000	0.1732	0.0000	0.0001	0.0000
59 diM-Ether	0.1129	0.0002	5.2015	0.0003	0.0078	0.0004
60 UFC 80_1*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61 NaOH	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
62 Total	526.9003	1.0000	15000.0000	1.0000	17.6998	1.0000

K VALUE

COMPONENTS	MIXED	LIGHT	HEAVY
66 Methanol	---	---	---
67 Oxygen	---	---	---
68 Formaldehyde	---	---	---

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: TOT.hsc
2		Unit Set: EuroSI
3		Date/Time: Mon Jun 10 23:13:10 2024
4		
5		

6	Material Stream: AIR TOT (continued)	Fluid Package: Basis-5
7		Property Package: PRSV

K VALUE				
COMPONENTS	MIXED	LIGHT	HEAVY	
H2O	---	---	---	---
Nitrogen	---	---	---	---
CO	---	---	---	---
CO2	---	---	---	---
Urea	---	---	---	---
FormicAcid	---	---	---	---
diM-Ether	---	---	---	---
UFC 80_1*	---	---	---	---
NaOH	---	---	---	---

21	UNIT OPERATIONS			
----	------------------------	--	--	--

FEED TO	PRODUCT FROM	LOGICAL CONNECTION
Compressor: FP101		

25	UTILITIES			
26	(No utilities reference this stream)			

28	PROCESS UTILITY			
----	------------------------	--	--	--

31	DYNAMICS			
----	-----------------	--	--	--

33	Pressure Specification (Active): 1.000 bar *
34	Flow Specification (Inactive) Molar: 526.9 kgmole/h Mass: 1.500e+004 kg/h * Std Ideal Liq Volume: 17.70 m3/h

35	User Variables			
----	-----------------------	--	--	--

37	NOTES			
----	--------------	--	--	--

40	Description			
----	--------------------	--	--	--

43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68