



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES  
DE MASTER ACADIMIQUE**

**Filière : Génie des procédés**

**Spécialité : Génie Chimique**

**Thème**

**Récupération des vapeur d'eau dans le complexe CP1/Z : calcul  
et dimensionnement**

Présenté par :

M<sup>elle</sup>. TAAM Sanaa

Soutenu le 22/09/2020 devant le jury composé de :

Président :	I.S. ABDELLI	MCB	Université de Mostaganem
Examineur :	A. BELHAINE	MCB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	M. R. GHEZZAR	Professeur	Université de Mostaganem

# SOMMAIRE

## Introduction générale

### **PARTIE I**

### **PRESENTATION DU COMPLEX CP1/Z**

I.1 Introduction

I.2 Activités principales du complexe

I.3 Capacités de production

I.4 Capacité de stockage

I.5 Activités actuelles de complexes

I.5.1 Procédés de fabrication du méthanol

I.5.2 Procédés de fabrication du Méthanol

I.5.3 Procédés de fabrication de l'urée

I.5.4 Procédés de fabrication du Formaldéhyde

### **PARTIE II    CALCUL DES QUANTITES DE REJETS LIQUIDES FORMES PAR CONDENSATION**

II.1 Introduction

II.2 Spécification des courants

II.3 Analyse des constituants

II.4 Calcul de bilans de matière dans les condensats rejets

II.5 Dimensionnement du bac de stockage

II.6 Dimensionnement de la pompe

## Conclusion générale

## *Dédicaces*

Avec l'aide d'*Allah* le tout puissant miséricordieux , j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie ,

A mon cher père *Habib* et ma tendre mère *Aicha* les plus chers êtres sur terre pour m'avoir aidé avec leurs conseils et leurs soutiens moral. Je prie Allah pour leurs accorder la bonne santé et la prospérité.

A mes frères *Amine* et *Abdelillah* et mes sœurs *Samia* et *Maria*

A ma deuxième famille, *Arab*, qui m'a beaucoup encouragé.

A mes amies *hayet* et *fatiha* et tous ceux qui m'aiment .

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

La production de l'Algérie en matière d'hydrocarbures issus du pétrole est relativement modeste producteur de pétrole si l'on compare aux pays du moyen orient dont le contexte de la production reste stratégique et géopolitique. Ceci dit que la vente du pétrole brut n'est pas une stratégie économique de choix pour l'Algérie, d'où la nécessité de créer davantage d'usines de transformation. La plus ancienne de ces unités c'est une filiale de SONATRACH en l'occurrence « CP1/Z » spécialisée dans la transformation chimique des hydrocarbures liquides et gazeux ainsi que leurs dérivés. En effet, 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.

Dans le cadre de la préparation de notre Master, nous avons passé un stage à CP1/Z pour finaliser le projet de fin d'études et dont la problématique principale est la récupération d'eau à partir de la colonne d'absorption de l'unité 100 lieu de la production de formurée. Actuellement, l'eau déminéralisée est achetée afin de dissoudre urée, produit indispensable à la production du formurée. Pour réduire la facture d'achat, nous avons pensé à récupérer l'eau de condensat rejetée intentionnellement dans les égouts.

Le travail est présenté en deux parties : la première donne un aperçu sur le complexe CP1/Z et spécialement l'unité de production du formaldéhyde et de formurée. La deuxième résume les différentes étapes de calcul de récupération des eaux rejetées. À la fin du manuscrit, une conclusion et des perspectives sont insérées.

## I.1 Introduction

L'objectif de cette partie est de présenter le complexe CP1/Z et d'y introduire des notions sur la fabrication de Formurée. En effet, en 1970, ALMER a signé un contrat avec la société HUPPHREYS et GLASGOW pour la construction de l'unité méthanol, contrat qui rentrera en vigueur en février 1971. En novembre 1971, la société ALMER fut dissoute tout en laissant le choix à SONATRACH de poursuivre la réalisation du projet de la prise en charge des activités pétrochimiques et phytosanitaires.

## I.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. Le complexe CP1/Z est divisé en plusieurs unités, dont chacune a sa propre tâche à accomplir. Le schéma suivant montre la répartition des différentes unités et les lieux d'implantation des équipements.

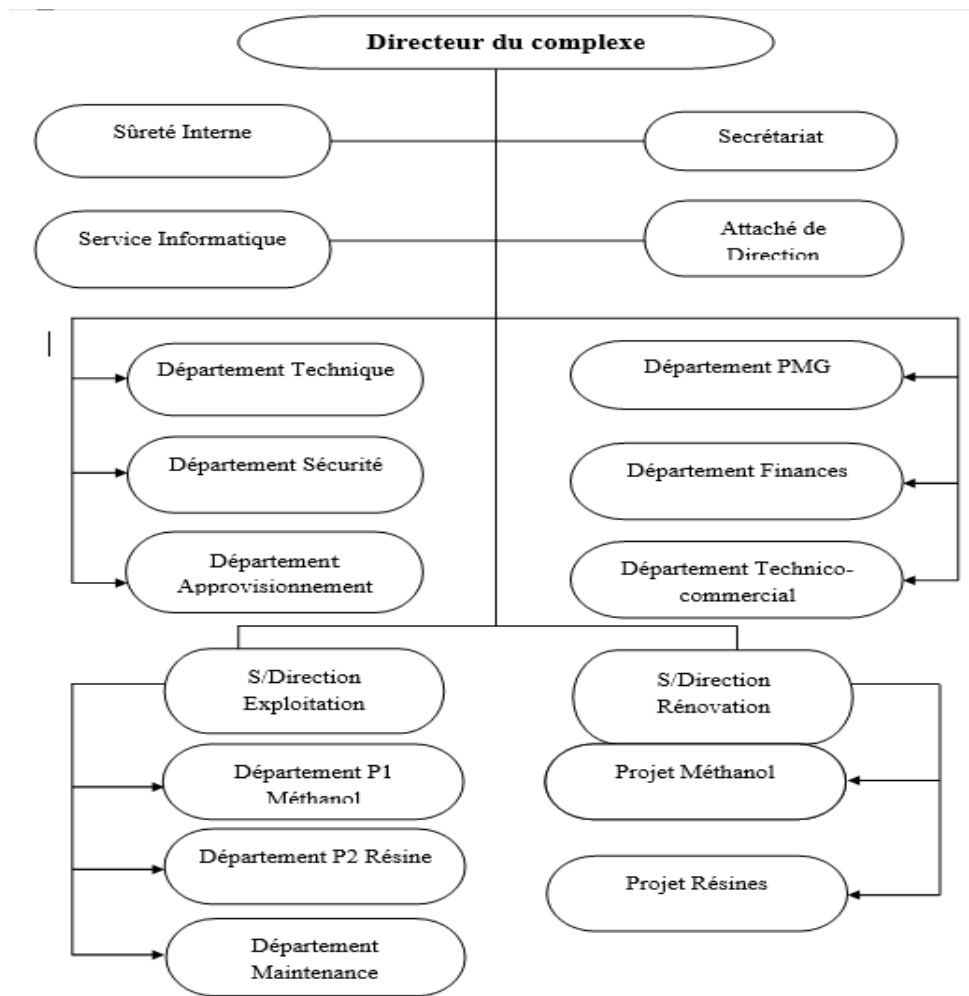


Figure I.1 : Schéma de l'organigramme du complexe CP1/Z [ [13]

### 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.

Jusqu'à la fin des années 90 et avant l'arrêt de la production de quelques unités suite aux problèmes de commercialisation des produits, le complexe produisait la gamme des produits suivants :

- ✓ Méthanol, Grade A
- ✓ Formaldéhyde 36%
- ✓ Formurée 80 (UFC80)
- ✓ Résines phénoliques liquides
- ✓ Résines phénoliques en poudre à mouler
- ✓ Résines uréiques liquides
- ✓ Résines uréiques atomisées
- ✓ Résines uréiques en poudre à mouler
- ✓ Résines Mélaminiques

Mais à présent, le complexe fabrique principalement le méthanol et quelques résines « Colle à bois urée-formol » :

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

### 1.4 Capacités de production [1]

Le tableau 1.1 regroupe les différentes unités au niveau du complexe CP1/Z avec leur capacité.

**Tableau I.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

### 1.5 Capacité de stockage [1]

Le complexe possède des grandes capacités pour stocker les produits finis dans des conditions bien déterminées. Ces différentes capacités sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau I.1** : Stockage des produits finis.

Désignation	Stockage moyen (t / m3)	Capacité stockage théorique	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 toit fixe) calorifugé	T° Ambiante
Formuré	500	500	Bacs D202 A/B (à toit fixe) calorifugé	T° Ambiante
Résine Urée liquide	60	120	Bacs D216 A/B (à toit fixe) calorifugé	T° > 25°C Par circuit
Résine	200	1000	Magasin produits finis	Climatisée

## 1.6 Les activités actuelles de complexes

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

### 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%



## I.7 Le méthanol [2]

Le méthanol est un alcool, un composé chimique également connu sous le nom d'alcool méthylique, alcool à brûler, carbinol ou alcool de bois. Il est l'alcool le plus simple. À température ambiante, il apparaît comme un liquide léger, incolore, inflammable et toxique qui sert d'antigel, de solvant et de carburant. Sa formule chimique brute est  $\text{CH}_4\text{O}$ .

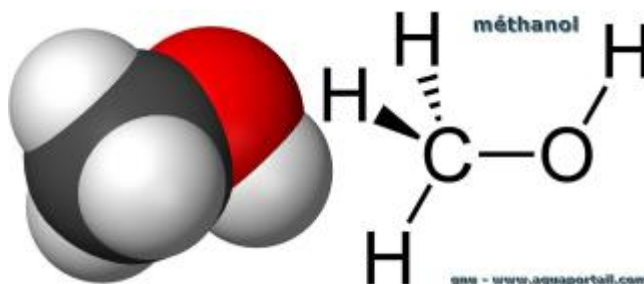


Figure I.2 structure moléculaire de méthanol

### I.7.1 Propriétés physiques [2]

Le méthanol est un liquide mobile, incolore, volatil, d'odeur plutôt agréable quand il est pur. Les données relatives au seuil de détection olfactive sont discordantes, les chiffres de 5900, 1500, 100 et 3 ppm ayant été trouvés par les différents expérimentateurs.

Le méthanol est miscible à l'eau, le mélange se faisant avec dégagement de chaleur et contraction, et à la plupart des solvants organiques (alcools, éthers, cétones...).

Il dissout les graisses et un grand nombre de matières plastiques et de sels minéraux ; c'est, à cet égard, un meilleur solvant que l'éthanol.

### I.7.2 Propriétés chimiques [3]

Dans les conditions normales d'emploi, le méthanol est un produit chimiquement stable. Il possède les propriétés générales des alcools primaires (réactions d'oxydation, de déshydrogénation, de déshydratation et d'estérification). La mobilité de son groupe hydroxyle étant la plus élevée de la série, sa capacité réactionnelle est particulièrement grande.

Une oxydation brutale (par exemple combustion) le transforme en dioxyde de carbone et eau, alors qu'une oxydation ménagée conduit à l'aldéhyde formique, puis à l'acide formique.

Le méthanol peut réagir vivement avec les oxydants puissants tels que les mélanges nitrochromiques ou sulfochromiques, l'acide nitrique, les perchlorates, les peroxydes, les hypochlorites alcalins, le brome, le chlore et, d'une manière générale, tous les composés organiques ou minéraux riches en oxygène et instables.

La réaction avec les métaux alcalins donne un méthylate avec dégagement d'hydrogène et peut être brutale. La plupart des autres métaux sont insensibles au méthanol, à l'exception du plomb, de l'aluminium et du magnésium

### **I.7.3 Utilisations :**

- Matière première pour la fabrication de l'aldéhyde formique et de l'acide acétique.
- Agent de méthylation en synthèse organique pour la fabrication de nombreux dérivés méthyliques : méthacrylates, téréphtalates, amines, éthers-oxydes, halogénures...
- Solvant dans l'industrie des peintures, vernis, encres, colorants, adhésifs, films.
- Agent d'extraction en chimie organique (purification des essences, des huiles, des graisses, des produits pharmaceutiques).
- Constituant de carburants spéciaux.

### I.8 L'urée [4]

L'urée est un solide blanc, cristallin dans les conditions ambiantes, sa température de fusion est de 132,6 °C et sa masse volumique apparente (en vrac) est de 740 kg/m<sup>3</sup>. Elle se décompose avant d'atteindre son point d'ébullition. L'urée est soluble dans l'eau, le benzène, l'alcool et légèrement soluble dans l'éther

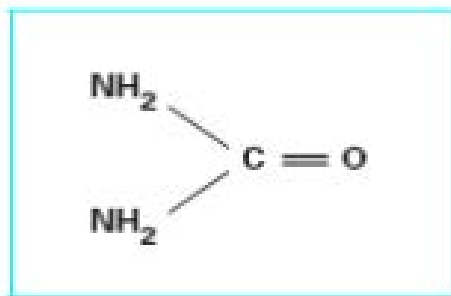


Figure I.3 : structure moléculaire de l'urée

#### I.8.1 Utilisations

**Engrais** : l'urée est un engrais à forte teneur en azote, utilisé particulièrement pour la culture du riz.

**Additif** : à l'alimentation du bétail.

**Intermédiaire de synthèse de résines et de colles** : colles urée-formol, résines de la famille des aminoplastes (Mélamine).

#### I.8.2 Caractéristique

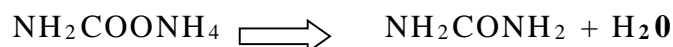
L'urée pure n'est pas toxique sauf en cas d'ingestion importante ; seule la présence de biuret (qui est un des produits de décomposition) peut la rendre toxique. Sa manutention ne nécessite pas de mesure de protection particulière. Les solutions d'urée sont corrosives et attaquent l'acier ; les matériels en contact avec ces solutions sont en acier inoxydable.

L'urée reste l'engrais azoté solide d'usage commun ayant la plus forte teneur en azote, présentant ainsi les plus faibles coûts de transport par unité d'azote nutritif.

Il y a plusieurs approches à la fabrication de l'urée, mais la méthode principale est celle de combiner l'anhydride carbonique avec de l'ammoniaque pour former le carbamate d'ammonium :



Cette réaction exothermique est suivie d'une décomposition endothermique du carbamate d'ammonium :



**I.8.3 Propriétés physiques [5]****Tableau 1.3 : Propriétés physico-chimiques de l'Urée**

État physique :	Solide
Masse moléculaire :	60,06
Densité :	1,335 g/ml à 20 °C
Solubilité dans l'eau :	516,00 g/l à 20 °C
Densité de vapeur (air=1) :	Sans objet
Point de fusion :	132,7 °C
Point d'ébullition :	Sans objet
Tension de vapeur :	Négligeable
Coefficient de partage (eau/huile) :	12,35
pH :	7,2 solution aqueuse à 10%
Taux d'évaporation (éter=1) :	Sans objet

**I.9 Formaldéhyde [6]**

Le méthanal ou aldéhyde formique ou formol est un composé organique de la famille des aldéhydes, de formule chimique  $\text{CH}_2\text{O}$ , est utilisé pour fabrication d'un grand nombre de produits industriels. Sa production mondiale est de l'ordre de 4 Mt pour une capacité de production de l'ordre de 6 Mt. À température ambiante, c'est un gaz inflammable, très soluble dans l'eau dans laquelle il forme une solution de formol.

**I.9.1 Propriétés physiques**

A la température ordinaire, l'aldéhyde formique est un gaz incolore, d'odeur piquante et suffocante. Il est très soluble dans l'eau et dans les solvants polaires tels que l'éthanol, l'acétone et l'oxyde de diéthyle. Ses principales caractéristiques physiques sont les suivantes :

Tableau I.4 : Propriétés physico-chimiques du CH<sub>2</sub>O

	PROPRIETES	VALEURS
Généralement	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formule brute</li> <li>▪ Nom IUPAC</li> <li>▪ Numéro CAS</li> <li>▪ Apparence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>CH<sub>2</sub>O</b></li> <li>▪ <b>Méthanal</b></li> <li>▪ <b>500-00-0</b></li> <li>▪ <b>Gaz incolore</b></li> </ul>
Physiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Masse moléculaire</li> <li>▪ Masse volumique</li>   <li>▪ Température de fusion</li> <li>▪ Température d'ébullition</li> <li>▪ Solubilité</li> <li>▪ Densité (à 20°C)</li>   <li>▪ Température critique</li> <li>▪ Pression critique</li> <li>▪ Pression vapeur saturante (25° C)</li> <li>▪ Point d'éclair</li> <li>▪ Température d'auto-inflammation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>30.031 g/mol</b></li> <li>▪ <b>0.8 g/cm<sup>3</sup></b></li>   <li>▪ <b>- 92 °C (181K)</b></li> <li>▪ <b>- 19°C (254 K)</b></li> <li>▪ <b>Eau</b></li> <li>▪ <b>0.816</b></li>   <li>▪ <b>137.2 °C à 141.2°C</b></li> <li>▪ <b>6.784 MPa</b></li> <li>▪ <b>3890 mmHg</b></li>   <li>▪ <b>53°C</b></li>   <li>▪ <b>424°C</b></li> </ul>
Thermochimique	$\Delta fH^\circ_{\text{gaz}}$	<b>-108.6Kj/Kg</b>

### I.9.2 Propriétés chimiques

L'aldéhyde formique est un composé très réactif, Il se polymérise facilement.

Dans l'eau, à température ambiante, l'aldéhyde formique est présent sous forme d'hydrates.

L'aldéhyde formique s'oxyde lentement à l'air avec formation d'acide formique ; l'oxydation complète donne du dioxyde de carbone et de l'eau.

En absence de catalyseur, l'aldéhyde formique ne se décompose sensiblement qu'au-dessus de 300°C; il se forme principalement du monoxyde de carbone et de l'hydrogène.

### I.9.3 Utilisations

- Secteur du bois en tant qu'adhésifs ou liants pour la fabrication de panneaux de particules, de panneaux de fibres de moyenne densité, de contreplaqués, de charpentes ou de lamellé-collé....
- Fonderie comme liant dans la fabrication des noyaux et de certains moules.
- Dans la construction pour la fabrication de matériaux d'isolation (mousses isolantes, liant pour panneaux ou nappes de fibres vitreuses artificielles).
- Dans l'industrie de la finition textile (impression, apprêtage pour l'infroissabilité et l'ignifugation, ennoblissement).
- Dans l'industrie du papier (fabrication de papier résistant à l'humidité, de papier couché...).
- Dans la fabrication des matières ou poudres à mouler utilisées, par exemple, pour l'enrobage de composés électroniques.
- Dans le secteur du cuir (apprêts et agents de tannage).
- Dans la fabrication des produits abrasifs (meules, toiles, papiers...).
- Dans la fabrication de revêtements de surface (mélaminés, Formica...).
- Monomère dans la fabrication de résines fonctionnalisées.
- Mélamine-formaldéhyde cationiques utilisées pour le traitement des eaux.
- Mélamine-formaldéhyde ou naphthalène formaldéhyde sulfonées utilisées comme dispersants super-plastifiants notamment pour bétons et plâtres.
- Agent conservateur en nutrition animale (pour ensilages de fourrage frais et lait écrémé destiné aux porcelets).

L'unité 100 produit deux solutions :

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

## I.10 Les équipements dans l'unité 100

### I.10.1 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 I.4 : Ventilateur FP101.

### I.10.2 Echangeur de chaleur gaz gaz (E102 A/B)

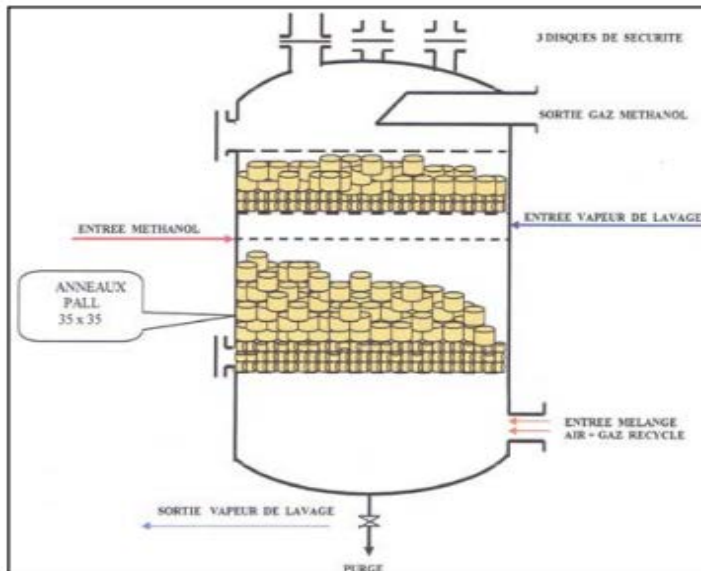
Il est divisé en trois secteurs l'échangeur sert à chauffer l'air nécessaire à évaporer le méthanol, à chauffer le gaz air - méthanol avant la réaction et à refroidir les gaz de formaldéhyde après la réaction.



**Figure I.5:** Echangeur gaz-gza E102 A/B

### I.10.3 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. La fonction des anneaux est d'augmenter la surface et le temps de contact entre le gaz et le méthanol.



**Figure I.6 :** Évaporateur E101



**I.10.4 Réacteurs isothermes R101/R102 [7]**

Le type des réacteurs sont des réacteurs tubulaires. Ils servent à la transformation du gaz méthanol – air en formaldéhyde à l'aide d'un catalyseur (coté tube) et circulation de l'huile diathermique (coté calandre) pour absorber la chaleur de réaction.

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

**Tableau I.5** : 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 <sup>3</sup>

**I.11.5 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 I.7 :** Chaudière de récupération EB101

#### **I.11.6 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 I.8 :** Échangeur a plaques.

### I.11.7 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 I.9:** Colonne d'absorption C101

## Introduction

L'objectif de ce chapitre est tout d'abord d'analyser la matière première contenue dans l'eau de condensat et proposer des méthodes de dissolution de l'urée potentiellement réutilisable pour l'eau de condensat. La question principale serait de calculer la quantité des rejets liquides formée par condensations des vapeurs d'eau et la possibilité de réutiliser l'eau de condensats dans un autre process.

Le schéma suivant présente les entrées et sorties du système étudié.

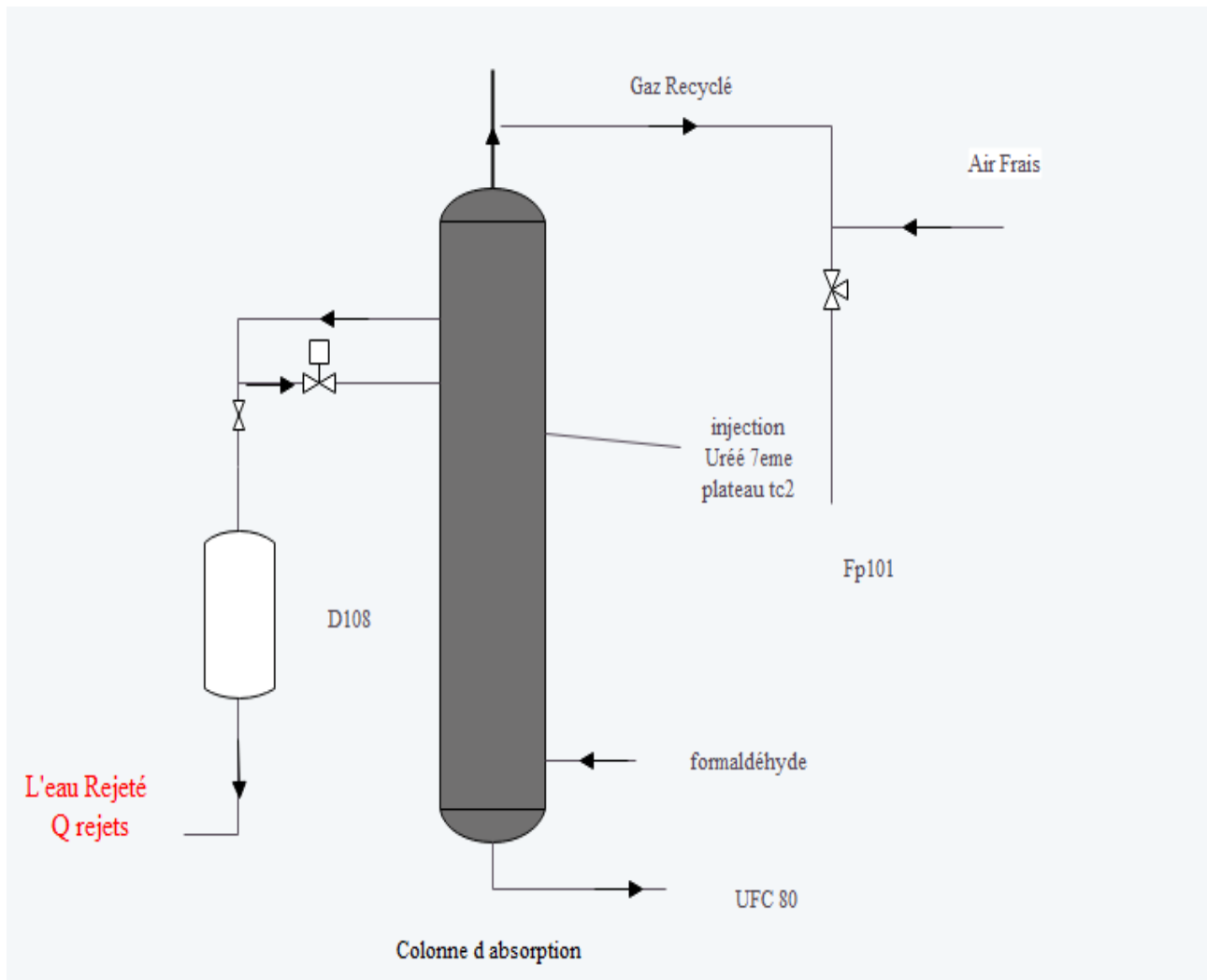


Figure II.1 : Colonne d'absorption C101

## II.2 Spécification des courants

Tout d'abord, nous spécifions les différents courants du système comme suit :

- Connaître la composition chimique à l'entrée et sortie de la colonne ;
- Établir un bilan de matière global en eau de la colonne C101 pour connaître la quantité des rejets d'eau de TC3 ;
- Analyser ces eaux pour connaître leurs caractéristiques ;
- Proposition d'utilisation l'eau de condensats dans la dissolution d'urée ;
- Proposer une solution pour stocker l'eau afin utilisé dans les besoins ;
- Déterminé les matériels et leurs capacités pour faire cette installation et schématiser cette solution ;
- Établir un bilan économique de 10 ans pour savoir les bénéfices de l'entreprise de cette solution.

### II.3 Analyse des constituants

Dans cette partie de notre travail, nous avons pu déterminer les débits des compositions par chromatographie. Rappelons que cette technique est une méthode séparative qui permet l'identification et le dosage des différents composés d'un mélange. Le principe est basé sur les différences d'affinité des composés du mélange avec la phase stationnaire et la phase mobile. Le chromatogramme traduit la variation du soluté dans l'éluant en fonction du temps.

- **Les gaz des réacteurs**

Ce sont les gaz formaldéhyde provenant des réacteurs R101 et R102 et entre dans la colonne C101.

	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> O	CH <sub>3</sub> OH	CH <sub>2</sub> O	HCOOH	H <sub>2</sub> O	Total
Débit (Kg/h)	12135,3	1545.9	134.1	95.1	3.2	51.58	1002.4	3.2	993.2	15964.18
% massique	76.01	9.68	0.84	0.59	0.02	0.32	6.28	0.02	6.22	100

- **Les gaz sortants**

Ce sont les gaz de tête de colonne C101 sortant vers l'atmosphère.

	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> O	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> O	CH <sub>3</sub> OH	HCOOH	H <sub>2</sub> O	Total
Débit (Kg/h)	3019,55	381,58	34,17	23,85	17,80	1,07	10,68	0,53	70,12	3533.2
%massique	84,83	10,72	0,96	0,67	0,50	0,03	0,30	0,02	1,97	100

- **La formurée**

Produit sortant du fond de la colonne C101.

	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	NACOOH	CH <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Total
Débit (Kg/h)	323,22	0.433	872,58	286,97	1483.2
%massique	21.8	0.03	58.83	19.34	100

- **L'urée**

	(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	H <sub>2</sub> O	Total
Débit (Kg/h)	266.75	218.25	485
%massique	55	45	100

#### II.4 Calcul de bilans de matière dans les condensats rejets

Rappelons le principe global de la conservation de la matière

$$\text{Accumulation} = \text{Entre} - \text{Sortie} + \text{Production}$$

Nous appliquerons ce principe sur les constituants sus-indiqués :

- **Calcul de la quantité de l'eau rejetée : Entre = Sortie**

Pour calculer la quantité totale d'eau, on applique le bilan de matière pour H<sub>2</sub>O :

$$Q_{\text{eau entre colonne}} + Q_{\text{eau dans l'urée}} = Q_{\text{eau dans la production}} + Q_{\text{eau rejetés}} + Q_{\text{eau sortie vers atm}}$$

$$993,2 + 218,25 = 286,25 + Q_{\text{eau rejetés}} + 70,12$$

$$Q_{\text{eau rejetés}} = 855.08 \text{ Kg/h}$$

- **Calcul de la quantité d'eau déminéralisé utilisés pour la dissolution d'urée**

L'unité 100 a besoin de 485 Kg d'Urée 55% par heure et une quantité d'Urée environ 63 Kg/h pour la correction du produit avant le stockage final.

**La quantité d'Urée Total utilisée dans l'unité 100 :**

$$Q_{\text{Urée utilisé}} = Q_{\text{Urée injecté dans la colonne}} + Q_{\text{Urée pour la correction}}$$

$$Q_{\text{Urée utilisé}} = 485 + 63 \rightarrow Q_{\text{Urée utilisé}} = 548 \text{ Kg/h}$$

La quantité d'eau dans l'Urée :

$$548 \text{ Kg} \rightarrow 100\%$$

$$Q_{\text{eau}} \rightarrow 45 \%$$

$$Q_{\text{eau}} = (548 \times 45) / 100 \rightarrow Q_{\text{eau}} = 246.6 \text{ Kg/h}$$

**La quantité d'eau utilisée par jour :**

$$Q_{\text{eau journalière}} = 246.6 \times 24 =$$

$$Q_{\text{eau journalière}} = 5918.4 \text{ Kg /Jr}$$

D'après les résultats qu'on a obtenus, on a proposé un schéma pour résoudre notre problème dans cette unité, parmi les avantages de ce schéma :

- Récupération d'une grande quantité d'eau de condensat rejeté vers égout (environ 5.91 T/Jr) ;
- Utiliser les eaux de condensats pour la dissolution d'urée pour les besoins d'unité 100 et la correction des bacs de stockage D113 et D114 ;
- Diminution de la pollution ;
- Protection l'écosystème ;
- Récupération des quantités perdues de formaldéhyde et l'urée ;
- Économiser l'eau déminéralisée.

Nous proposons la construction d'un bac de stockage d'eau de condensats munit d'indicateur de niveau ainsi qu'un système de sécurité pour éviter l'augmentation de pression de vapeur due à la présence des gaz formaldéhyde. Aussi, il est impératif d'ajouter une pompe de soutirage pour refouler l'eau vers la cuve de dissolution d'urée. La proposition en question est schématisée comme suit :

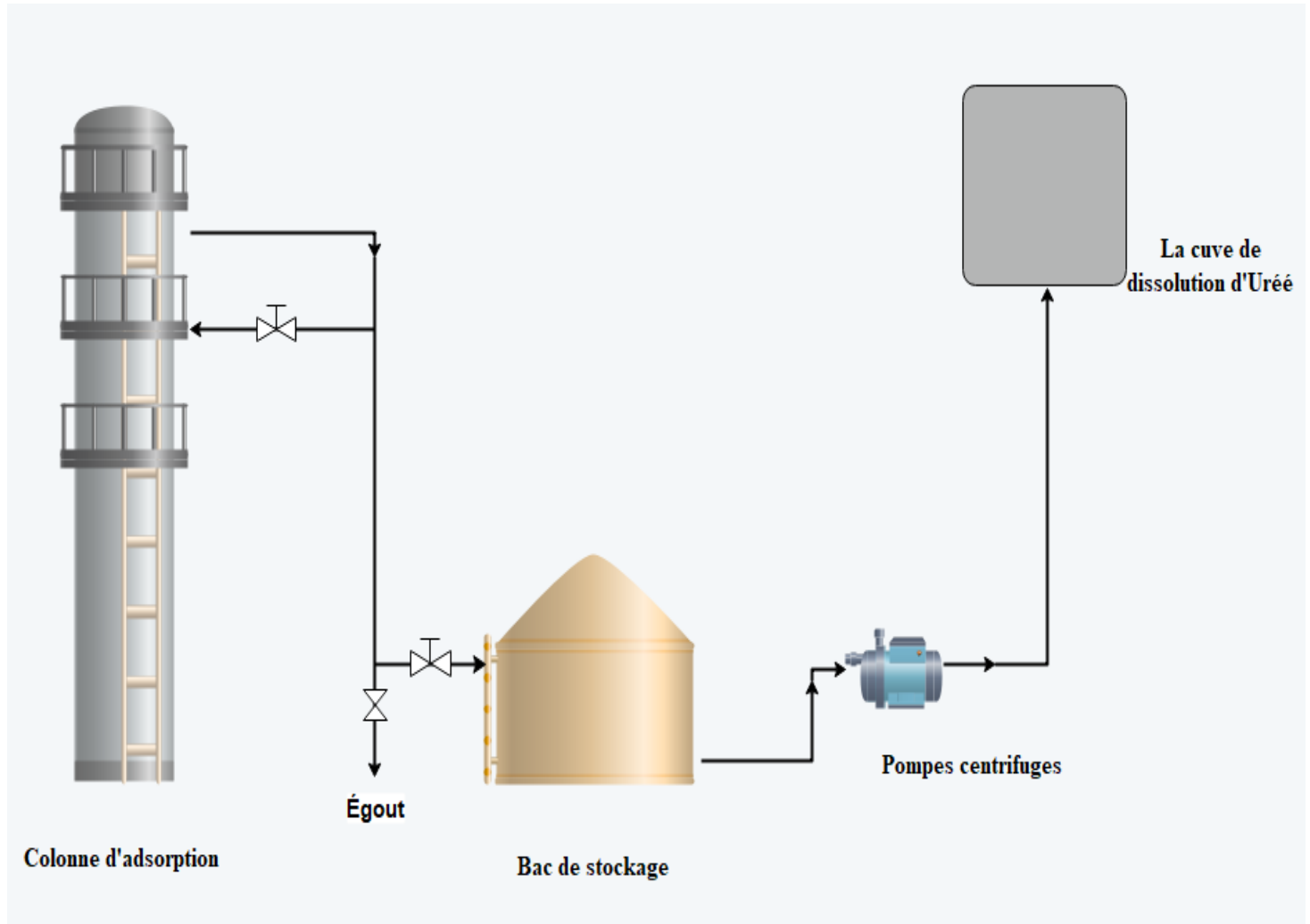


Figure II.2 : Schéma d'installation des équipements

### II.5 Dimensionnement du bac de stockage

Pour le dimensionnement du bac il faut prendre en considération la quantité d'urée livrée dans chaque charge, l'équivalent de 21-22 tonnes d'urée pour un cycle de 3 jours.

- **Calcul de la quantité d'Urée en solution 55 %**

$$Q_{\text{urée en solution}} = (Q_{\text{urée solide}} \times 100) \div 55$$

On a la quantité d'Urée solide = 22 Tonne = 22000 Kg

$$Q_{\text{urée en solution}} = 40000 \text{ Kg} = 40 \text{ Tonnes}$$

- **Calcul de la quantité d'eau nécessaire pour la dissolution d'une charge d'Urée**

$$Q_{\text{eau utilisée}} = (Q_{\text{urée en solution}} \times 45) \div 100$$

$$Q_{\text{eau utilisée}} = 18000 = 18 \text{ Tonnes}$$

La masse volumique des condensats est environ 996 kg/m<sup>3</sup>



$$Q_{\text{eau utilisée}} = 18000 \div 996 \longrightarrow \boxed{Q_{\text{eau utilisée}} = 18,07 \text{ m}^3}$$

À partir de la quantité d'eau nécessaire pour la dissolution d'une charge d'urée on va prendre un volume de **20 m<sup>3</sup> pour le bac de stockage**

- **Choix du bac de stockage**

Le bac de stockage en acier assure la sécurité lors du stockage des produits polluants ou inflammables.

Celui en inox permet le stockage de produits très purs, inflammables ou polluants en conformité avec la législation. Grâce à leur protection parfaite contre la corrosion, ces bacs peuvent être utilisés de manière variable.

Volume du bac	20 m <sup>3</sup>
Matériaux utilisés dans le bac	Acier avec revêtement en inox

- **Choix de la tuyauterie**

On a choisi un tuyau avec un diamètre nominal D65 = **2,5 pouce**

Tuyau standard	Acier inoxydable
Diamètre intérieur	66 mm
Diamètre extérieur	76.1 mm
Langueur de Tuyau	200 m

## II.6 Dimensionnement de la pompe [11] [12]

La ligne de transfert des condensats vers la cuve de dissolution est composée de :

- On a choisi un débit de  $18 \text{ m}^3/\text{h} = 5.10^{-0,3} \text{ m}^3/\text{s}$
- Langueur de tuyau 200 mètre
- 9 coudes 90° standards
- 3 vannes à papillon

Débit volumique	<b>18 m<sup>3</sup>/h = 5.10<sup>-0,3</sup> m<sup>3</sup>/s</b>
Viscosité de condensat	<b>0.00209 Pa.s</b>
La masse volumique de condensat	<b>996 Kg/m<sup>3</sup></b>
Diamètre interne du tube	<b>66 mm = 0,066 m</b>
Rugosité de tube	<b>0.05 mm</b>
La langueur de la ligne de transfert	<b>200 m</b>
Ho	<b>7 m</b>

- Calcul de la vitesse de fluide

$$v = \frac{4 \cdot Q_v}{\pi \cdot D^2}$$

$$v = 1,46 \text{ m/s}$$

Avec :

$Q_v$  : débit volumique ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$D$  : diamètre interne de la conduite (m)

- Calcul de nombre de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$Re = 45920,84$$

Avec :

$\rho$  : la masse volumique de produit ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

$\mu$  : la viscosité dynamique de produits ( Pa.s )

**On a Re supérieur à 3000, donc le régime de transfert est turbulent**

- Calcul de la rugosité relative  $e/D$

On a la rugosité ( $e$ ) de tube est 0.05 mm, donc

$$e/D = 7,57 \cdot 10^{-4}$$

On détermine le coefficient de frottement à partir du diagramme de Moody

$$\lambda : 0,027$$

- Calcul de la perte de charge de la ligne  $\Delta H$

$$\Delta H = \Delta H_f + \Delta H_s$$

Avec :

$\Delta H_f$  : la perte de charge linéaires

$\Delta H_s$  : la perte de charge singulière

- Calcul de la perte de charge linéaires  $\Delta H_f$

$$\Delta H_f = \frac{\lambda \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot D \cdot g} \quad \boxed{\Delta H_f = 8.89 \text{ m}}$$

Avec :

$\lambda$  : coefficient de frottement

L : la longueur de la ligne de transfert (m)

g : la pesanteur terrestre (  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  )

- **Calcul de la perte de charge singulier  $\Delta H_s$**

La ligne de transfert est composée de 9 coudes de  $90^\circ$  normal et 3 vannes a papillon

$$\Delta H_s = \frac{k \cdot v^2}{2g}$$

Avec :

K : coefficient de singularité

« K » est un coefficient dépendant de la forme de la singularité [Annexe C et D]

Pour les coudes de  $90^\circ$  normal :  $k = 0.4$

Pour les vannes à papillon :  $k = 1$

Pour la sortie du bac  $k = 0.5$

La perte de charge dans un coude  **$\Delta H_{sc}$**

$$\Delta H_{sc} = 0,043 \text{ m}$$

La perte de charge dans une vanne a papillon  **$\Delta H_{sv}$**

$$\Delta H_{sv} = 0,108 \text{ m}$$

La perte de charge à la sortie du bac  **$\Delta H_{sb}$**

$$\Delta H_{sb} = 0,054 \text{ m}$$

Donc la perte de charge singulière totale est :

$$\Delta H_s = \sum \Delta H_s = 9 \cdot \Delta H_{sc} + 3 \Delta H_{sv} + \Delta H_{sb}$$

$$\Delta H_s = 0,765 \text{ m}$$

**Donc :**

On a,	<b><math>\Delta H = \Delta H_f + \Delta H_s</math></b>
<b><math>\Delta H = 9,65 \text{ m}</math></b>	

- Calcul de la hauteur manométrique Hmt

$$H_{mt} = H_o + \Delta H$$

$$H_{mt} = 16,65 \text{ m}$$

Avec :

$H_o$  : la différence entre les deux points les plus élevés dans le refoulement et l'aspiration

- Calcul de la puissance absorbée par le fluide P

$$P = \rho \cdot g \cdot H_{mt} \cdot Qv$$

$$P = 813,41 \text{ watt} \longrightarrow$$

$$P = 0,81 \text{ Kwatt}$$

D'après les calculs on peut résumer les caractéristiques de la pompe dans le tableau suivant :

Type du pompe	Pompe centrifuge
Hmt	16,65 m
La puissance absorbée	0,81 Kwatt

## Conclusion générale

Les eaux de condensation se produisent à partir de l'absorption des gaz formaldéhydes par l'urée et l'eau déminéralisée au niveau de la colonne C101 de l'unité de production formaldéhyde-formurée (U100).

Le choix de réutilisation de ces eaux en vue de leurs importantes teneurs de formaldéhyde qui nous a menés à les récupérer et les réutiliser dans l'une des applications possibles. Dans notre cas, la solution prise consiste à la dissolution d'urée à 55% et la correction des bacs de stockage D113 et D114.

Le but de cette étude était d'éviter une installation supplémentaire de traitement des effluents et de protéger l'écosystème et diminuer la pollution et économiser de l'argent dans l'achat d'eau déminéralisé

D'après les résultats obtenus on peut constater que la quantité de condensat récupéré est environ 5,91 Tonne par jour (28,42 % des rejets).

À partir de ce résultat on a proposé une solution efficace et économique pour réutiliser les eaux de condensat et minimiser la quantité des rejets pour l'utiliser dans la dissolution d'urée.

Pour cela, on propose la construction d'un bac de stockage d'eau de condensats munit d'indicateur de niveau et un système de sécurité pour éviter l'augmentation de pression de vapeur due à la présence des gaz formaldéhyde et une pompe centrifuge pour transférer ces condensats vers la cuve de dissolution d'urée