

*République Algérienne Démocratique et populaire*  
*Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*



*Université Constantine 3*

*Faculté Génie des procédés pharmaceutique*

*Département Génie Chimique*

**Mémoire présenté pour l'obtention du Diplôme de Master**

**en Génie des procédés pharmaceutique**

**Option : Génie Chimique**

**Thème**

***Dimensionnement d'une unité de production  
d'éthylbenzène***

**Présenté par :**

- **BENDAÂS Karima**
- **BOULKROUNE Hiba**

**Dirigé par :**

**M<sup>ell</sup> BOULKROUNE Nadjet**

**2013-2014**

# Sommaire

---

Liste des figures	
Liste des tableaux	

## Introduction générale

Introduction générale	.1
-----------------------	----

## Chapitre 1. Généralité sur l'éthylbenzène

1.1. Introduction	.3
1.2 Propriétés d'éthylbenzène	.4
1.3 Différents procédés de production d'éthylbenzène	.4
1.3.1 Les procédés d'alkylation en phase liquide	.5
1.3.1.1 Les procédés opérant en présence de chlorure d'aluminium	.5
1.3.1.2 Les procédés opérant sur catalyseur supporté	.5
1.3.2 Les procédés d'alkylation en phase vapeur	.5
1.4 Utilisation d'éthylbenzène	.6
1.5 Risques d'incendie et d'explosion d'éthylbenzène	.6
1.5.1 Hygiène et sécurité	.6
Bibliographie	.8

## Chapitre 2. Description du procédé

2.1 Description du procédé	.9
2.2 Chimie de procédé	.11
2.2.1 Capacités calorifiques	.11
2.2.2 Enthalpie de la réaction	.11
Bibliographie	.14

## Chapitre 3. Bilans de matière

3.1 Introduction	.15
3.2 Bilan de matière sur chaque équipement	.15
3.2.1 Bilan de matière sur le réacteur	.15
3.2.1.1 Bilan de matière global	.16
3.2.1.2 Bilan de matière individuel	.16
3.2.2 Bilan de matière sur le flash	.18

## Sommaire

---

3.2.2.1 Bilan de matière global	.19
3.2.2.2 Conditions physiques dans le flash	.19
3.2.2.3 Bilan de matière individuel	.19
3.2.3 Bilan de matière sur la première colonne de distillation	.20
3.2.3.1 Bilan de matière global	.20
3.2.3.2 Bilan de matière individuel	.21
3.2.4 Bilan de matière sur la deuxième colonne de distillation	.22
Bibliographie	.23

### **Chapitre 4. Dimensionnement du Réacteur**

4.1 Introduction	.24
4.2 Bilan de matière sur le réacteur	.25
4.3 Propriétés du catalyseur utilisé	.26
4.4 Calcul des propriétés physiques du mélange gazeux	.26
4.4.1 Calcul de la masse volumique du mélange	.26
4.4.1.1 Facteur de compressibilité	.27
4.4.2 Calcul du débit volumique du mélange	.28
4.4.3 Calcul de la viscosité du mélange	.29
4.4.3.1 Approche de Lucas pour un mélange gazeux	.31
4.4.4 Calcul de la conductivité thermique du mélange gazeux	.31
4.4.5 Calcul du coefficient de diffusion	.34
4.4.5.1 Calcul du coefficient de diffusion effectif	.34
4.4.5.2 Calcul du coefficient de diffusion combiné	.34
4.4.5.3 Calcul du coefficient de diffusion du benzène (A) à travers le mélange gazeux	.34
4.5 Calcul du volume réactionnel du réacteur	.36
4.5.1 Bilan massique sur le réacteur	.36
4.6 Calcul de la masse du catalyseur	.40
4.7 Calcul de la quantité de chaleur dégagé par la réaction	.41
4.8 Calcul du coefficient de transfert de chaleur global	.42
4.8.1 Calcul du coefficient de transfert de chaleur du film coté lit	.43
4.8.2 Propriétés physique du fluide d'échange	.44
4.8.3 Calcul du coefficient de transfert de chaleur du film coté fluide d'échange	.45
4.9 Calcul des pertes de charge dans le réacteur	.48

## Sommaire

---

Bibliographie	.49
---------------	-----

### Chapitre 5 .Dimensionnement du condenseur

5.1 Introduction	.50
5.2 Définition	.50
5.3 Type d'appareils d'échange de chaleur	.51
5.4 Etude d'un condenseur partiel	.52
5.4.1 Dimensionnement du condenseur	.52
5.4.2 Propriétés physiques des différents fluides	.53
5.4.2.1 Propriétés physiques du fluide chaud	.53
5.4.2.2 Propriétés physiques du fluide froid	.57
5.5 Calcul de la quantité de chaleur cédée par le fluide chaud	.58
5.5.1 Calcul de la chaleur latente de condensation	.59
5.6 Calcul du débit massique de l'eau refroidissement	.60
5.7 Calcul de la différence logarithmique moyenne de la température	.60
5.8 Correction de la valeur de $\Delta T_{LM}$ par le facteur F	.61
5.9 Méthode de calcul du coefficient du transfert global	.61
5.9.1 Calcul de la surface d'échange globale	.61
5.9.2 Calcul de la surface d'échange d'un seul tube	.61
5.9.3 Détermination du nombre des tubes	.62
5.9.4 Calcul du coefficient global de transfert de chaleur U	.62
5.9.4.1 Calcul du coefficient d'échange à l'intérieur des tubes	.62
5.9.4.2 Calcul du coefficient de transfert thermique externe $h_c$	.63
5.9.4.3 Les résistances d'encrassements interne et externe	.64
5.10 Algorithme de calcul d'un condenseur partiel	.65
5.11 Résultats du dimensionnement	.66
Bibliographie	.67

### Chapitre 6. Dimensionnement du flash

6.1 Introduction	.68
6.2 Description d'un flash	.68
6.3 Description d'un flash vertical	.69
6.4 Classification des séparateurs (flash)	.69

## Sommaire

---

6.5 Bilan de matière	.69
6.6 Calcul des propriétés physiques du mélange	.70
6.6.1 Facteur de compressibilité	.70
6.6.2 Pression et température critique du mélange gazeux	.71
6.6.3 Masse molaire du mélange	.71
6.6.4 Masse volumique du vapeur	.71
6.6.5 Masse volumique du liquide	.71
6.6.6 Les débits volumiques du liquide et de la vapeur sortant du flash	.72
6.6.7 Vitesse limite	.73
6.6.8 Section libre	.73
6.6.9 Calcul du diamètre	.73
6.6.10 Estimation de la vitesse entrée vapeur-liquide	.73
6.6.11 Estimation de la hauteur du liquide	.74
6.6.12 Résultats de dimensionnement du flash	.74
Bibliographie	.75

### **Chapitre 7. Dimensionnement des colonnes de distillation**

7.1 Introduction	.76
7.2 Définition	.76
7.3 Principe de la distillation	.77
7.4 Conditions opératoires	.77
7.5 Calcul d'une colonne de distillation à plateau	.78
7.5.1 Coefficient de partage (K)	.78
7.5.2 Volatilité relatives	.78
7.5.3 La loi de Dalton	.79
7.5.4 La loi d'Henry	.79
7.5.5 Point de rosée	.79
7.5.6 Point de bulle	.79
7.5.7 Clé légère	.80
7.5.8 Clé lourde	.80
7.5.9 Calcul des volatilités relatives	.80
7.5.10 Equation de la courbe d'équilibre en fonction de la volatilité	.80
7.6 Bilan de matière	.80

## Sommaire

---

7.6.1 Bilan de matière sur la section d'enrichissement	.81
7.6.1.1 Bilan global	.81
7.6.1.2 Bilan de matière par rapport au constituant le plus volatil	.81
7.6.2 Bilan de matière dans la section d'épuisement	.82
7.6.2.1 Bilan global	.82
7.6.2.2 Bilan de matière par rapport au constituant le plus volatil	.82
7.7 Etape de dimensionnement de la 1 <sup>ère</sup> colonne de distillation	.83
7.7.1 Détermination du nombre d'étage minimal	.84
7.7.2 Détermination du taux de reflux minimal	.85
7.7.3 Détermination du nombre d'étage théorique(Nt)	.87
7.7.3.1 Méthode analytique	.87
7.7.3.2 Méthode de Lewis et Matheson	.87
7.7.4 Détermination du nombre d'étage réel (Nr)	.89
7.7.5 Calcul de la quantité de chaleur à l'extraire du condenseur	.90
7.7.5.1 Bilan thermique	.90
7.7.6 Calcul de la quantité de chaleur à fournir au rebouilleur	.93
7.7.7 Calcul du diamètre de la colonne	.94
7.7.7.1 Calcul du débit de la vapeur (V)	.95
7.7.7.2 Détermination de la masse volumique de la vapeur	.95
7.7.7.3 Détermination de la masse volumique du liquide	.96
7.7.8. Détermination de la hauteur de la colonne	.97
7.8 Dimensionnement de la 2 <sup>ème</sup> colonne de distillation	.97
7.8.1 Calcul de la quantité de chaleur à l'extraire du condenseur	.100
7.8.2 Calcul de la quantité de chaleur à fournir au rebouilleur	.102
7.8.3 Calcul du diamètre de la colonne	.102
7.8.3.1 Calcul du débit de la vapeur (V)	.103
7.8.3.2 Détermination de la masse volumique de la vapeur	.103
7.8.3.3 Détermination de la masse volumique du liquide	.103
7.8.4. Détermination de la hauteur de la colonne	.104
Bibliographie	.105

## Sommaire

---

### Conclusion général

Conclusion .106

### Annexe

Annexe : programmes fortran de calcul .A