

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER CONSTANTINE 3



جامعة صالح بوبنيدر  
قسنطينة 3  
**Université**  
**Salah Boubnider**  
**Constantine 3**

FACULTE DE GENIE DES PROCÉDES

DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE

N° d'ordre : ....

Série : ....

Mémoire de Master

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie chimique

***Dimensionnement d'une unité de production  
de méthacrylate de méthyle***

Dirigé par:

**Nora MANSOURI**

**Grade : MAA**

Présenté par :

**Meriem KOLAI**

**Loubna LAIB**

Année Universitaire 2016/2017

Session : (juin)

## Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

### Introduction générale

Introduction générale.....1

### Chapitre 1 : Généralité sur le méthacrylate de méthyle

1.1 Introduction.....2

1.2 Propriétés physico-chimiques.....2

1.3 Toxicité.....3

1.4 Risque d'incendie et d'explosion.....3

1.5 Utilisation de méthacrylate de méthyle.....3

1.6 Les procédés de fabrication de MAM.....4

1.6.1 Procédé Elf Atochem.....4

1.6.2 Autres voies réactionnelles.....4

1.6.2.1 Voie éthylène.....5

1.6.2.2 Voie propylène.....5

1.6.2.3 Voies dérivée de la voie classique à l'acétone-cyanhydrine.....5

1.6.2.4 Oxydation des hydrocarbures en C4.....5

Bibliographie.....7

### Chapitre 2 : Description du procédé

2.1 Description du procédé.....8

2.2 La cinétique de la réaction.....9

2.3 Chimie de procédé.....	10
2.3.1 Capacités calorifique.....	10
2.3.1.1 en phase gazeuse.....	10
2.3.1.2 en phase liquide.....	11
2.3.2 Enthalpie de la réaction.....	12
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.....	17
3.2.1.2 Bilan de matière individuel.....	18
3.2.2 Bilan matière sur le Séparateur (flash).....	20
3.2.2.1 Bilan de matière global.....	20
3.2.2.2 Conditions physiques dans le séparateur.....	20
3.2.2.3 Bilan de matière individuel.....	21
3.2.3 Bilan de matière sur la première colonne de distillation.....	22
3.2.3.1 Bilan de matière global.....	22
3.2.3.2 Bilan de matière individuel.....	22
3.2.4 Bilan de matière sur la deuxième colonne de distillation.....	23
3.2.5 Bilan de matière sur le réacteur 3.....	24
3.2.5.1 Bilan de matière global.....	24
3.2.5.2 Bilan de matière individuel.....	25
3.2.6 Bilan de matière sur la troisième colonne de distillation.....	26

3.2.7 Bilan de matière sur le décanteur centrifuge.....	27
3.2.7.1 Bilan de matière global.....	27
3.2.7.2 Bilan de matière individuel.....	27
3.2.8 Bilan de matière sur la quatrième colonne de distillation.....	28
Bibliographie.....	30

## **Chapitre 4 : Dimensionnement d'un réacteur**

4.1 Introduction .....	31
4.2 Bilan de matière sur le réacteur.....	32
4.3 Calcul des propriétés physique.....	32
4.3.1 Calcule de la masse volumique du constituant (i) à l'état liquide.....	32
4.3.2 Calcul de la masse volumique du mélange.....	33
4.3.3 Calcul de la viscosité et la conductivité thermique du mélange liquide.....	35
4.4 Calcul le volume de mélange réactionnel.....	36
4.4.1 Bilan de matière sur le réacteur.....	36
4.4.2 Le volume de réacteur.....	37
4.4.3 Le tempe de passage.....	37
4.5 Bilan énergétique.....	37
4.5.1 Calcul de la quantité de chaleur dégagée.....	38
4.5.2 Calcul du débit molaire du fluide d'échange.....	38
4.5.3 Calcul du coefficient de transfert de chaleur global U.....	39
4.5.4 Calcul de la surface d'échange.....	39
4.5.5 La hauteur du mélange réactionnel.....	39
4.6 Dimensionnement de la jaquette d'échange.....	39

Bibliographie.....	41
--------------------	----

## **Chapitre 5 : Dimensionnement de la Pompe**

5.1 Introduction.....	42
5.2 Les différents types de pompes.....	42
5.2.1 Pompes volumétriques.....	42
5.2.2 Turbopompes.....	43
5.2.2.1 Pompes centrifuges.....	43
5.3 Etude de la pompe centrifuge.....	43
5.3.1 Description du problème.....	43
5.3.2 Calcul de la puissance de la pompe.....	44
5.3.3 Théorème de Bernoulli généralisé pour un fluide réel et en présence d'une Machine hydraulique (la pompe).....	45
5.3.4. Calcul des Pertes de Charge.....	46
5.3.5 Données du problème.....	50
Bibliographie.....	52

## **Chapitre 6 : Dimensionnement de la colonne de distillation**

6.1 Introduction.....	53
6.2 Définition.....	53
6.3 Principe de la distillation.....	54
6.4 Conditions opératoires.....	55
6.5 Calcul d'une colonne de distillation à plateau.....	55
6.5.1 Coefficient de partage (K).....	55
6.5.2 Volatilité relatives.....	55
6.5.3 La loi de Dalton.....	56

6.5.4 La loi d'Henry.....	56
6.5.5 Point de rosée.....	57
6.5.6 Point de bulle.....	57
6.5.7 Clé légère.....	57
6.5.8 Clé lourde.....	57
6.5.9 Calcul des volatilités relatives.....	57
6.5.10 Equation de la courbe d'équilibre en fonction de la volatilité.....	57
6.6 Bilan de matière.....	58
6.6.1 Bilan de matière sur la section d'enrichissement.....	58
6.6.1.1 Bilan global.....	58
6.6.1.2 Bilan de matière par rapport au constituant le plus volatil.....	58
6.6.2 Bilan de matière dans la section d'épuisement.....	59
6.6.2.1 Bilan global.....	59
6.6.2.2 Bilan de matière par rapport au constituant le plus volatil.....	60
6.7 Etape de dimensionnement de la colonne de distillation.....	61
6.7.1 Détermination du nombre d'étage minimal.....	62
6.7.2 Détermination du taux de reflux minimal.....	64
6.7.3 Détermination du nombre d'étage théorique(Nt).....	65
6.7.3.1 Méthode analytique.....	65
6.7.3.2 Méthode de Lewis et Matheson.....	65

6.7.4 Détermination du nombre d'étage réel (Nr).....	67
6.7.5 Calcul de la quantité de chaleur à l'extraire du condenseur.....	69
6.7.5.1 Bilan thermique.....	69
6.7.6 Calcul la quantité de chaleur à fournir au rebouilleur.....	73
6.7.7 Calcul du diamètre de la colonne.....	75
6.7.7.1 Calcul du débit de la vapeur (V).....	75
6.7.7.2 Détermination de la masse volumique de la vapeur.....	76
6.7.7.3 Détermination de la masse volumique du liquide.....	77
6.7.8 Détermination de la hauteur de la colonne.....	78
Bibliographie.....	79

## **Chapitre 7 : Dimensionnement du rebouilleur**

7.1 Introduction.....	80
7.2 Choix du type de rebouilleur.....	80
7.3 Considération générale du dimensionnement.....	81
7.4 La surface d'échange.....	81
7.5 Nombre des tubes.....	82
7.6 Diamètre de faisceau.....	82
7.7 L'épaisseur du couvre tubes.....	82
7.8 Le surface totale occupée par les tubes.....	82
7.9 Diamètre de la conduite.....	83
7.10 Résulta de calcul.....	83
Bibliographie.....	84

## Chapitre 8 : Dimensionnement du condenseur

8.1 Introduction.....	85
8.2 Choix du type du condenseur.....	85
8.3 Les données.....	85
8.4 Calcul de la chaleur sensible du condensat $q$ .....	86
8.5 Calcul du nombre de tubes submergés ( $N_t$ ).....	87
8.6 Calcul du débit de condensat par unité de longueur des tubes ( $G_H$ ).....	87
8.7 Calcul de la température de la paroi $t_p$ .....	87
8.8 Calcul du facteur d'encrassement à l'intérieur des tubes $h_{i0}$ .....	87
8.8.1 Calcul du débit massique du fluide réfrigérant $m'$ .....	87
8.8.2 Calcul de la section de passage $a_t$ .....	88
8.8.3 Calcul de la vitesse massique $G_t$ .....	88
8.8.4 Calcul de la vitesse linéaire $v$ .....	88
8.9 Calcul du coefficient de transfert coté calandre ( $h_c$ ).....	89
8.10 Calcul du coefficient de transfert thermique propre à la condensation $U_p'$ .....	91
8.11 Calcul de la surface propre à la condensation $A_c$ .....	91
8.12 Calcul du coefficient de transfert thermique global $U_p$ .....	92
Bibliographie.....	93

### Conclusion général

Conclusion général.....	94
-------------------------	----

### Annexe

Annexe 1 : programme fortran de calcul.....

Annexe 2 : les abaque.



## المخلص:

ميثاكريلات المثيل مونومير يستعمل في نطاق واسع في الصناعة الكيمائية لإنتاج بولي ميثاكريلات المثيل المعروف باسم بليكسيكلاس، إنتاج هذا الأخير مستمر في الارتفاع من أجل الوصول إلى 2 مليون طن في السنة.

الى غاية سنة 1982 كانت الطريقة الوحيدة لإنتاج ميثاكريلات المثيل هي اسيتون سيانهدرين بسليباتها على البيئة والاقتصاد، بعدها طورت المؤسسات الإنتاجية عدة طرق مثل الأكسدة المباشرة للبيتانول.

ولذلك فان الغرض من هذه المذكرة يركز على تصميم وحدة انتاج الميثاكريلات المثيل التي تشتمل جميع الخطوات اللازمة للحصول على المنتج النهائي بدرجة نقاوة تصل إلى 99% وذلك باستخدام عملية الصناعة التي تشمل المعدات اللازمة: مفاعلين يحتويان على محفز، وحدتين للتقطير، مفاعل بالتحريك المستمر، مضخة الطرد المركزي، وحدة تقطير، وحدة فصل بالطرد المركزي، و اخيرا وحدة تقطير

## الكلمات المفتاحية :

ميثاكريلات المثيل، مفاعل بالتحريك المستمر، تفاعل الاسترة، ناشر للحرارة

## Résumé

Le méthacrylate méthyle est un monomère largement utilisé dans l'industrie chimique pour la fabrication de polyméthacrylate de méthyle, qui est connu sous le nom commercial plexiglas, la production mondiale de méthacrylate de méthyle s'accroît constamment. Elle a pratiquement doublé en quinze ans pour atteindre plus de deux millions de tonnes par an. Cette tendance continuera à croître dans les années à venir, Jusque 1982, un seul procédé était utilisé : le procédé ACH, qui présente de nombreux inconvénients des points de vue écologique et économique. A partir de 1982, les entreprises ont développé différents procédés alternatifs. Comme l'oxydation directe de t-butanol en acide méthacrylique est une réaction la plus prometteuse par le nombre limité d'étapes,

Donc le but de ce mémoire consiste à dimensionner l'unité de production de méthacrylate de méthyle qui contient toutes les étapes essentielles pour produire le produit final de pureté 99%, pour ce la on utilise les colonnes suivantes: deux réacteurs catalytiques multitubulaires deux colonnes de distillation un réacteur parfaitement agité en continu une pompe centrifuge une colonne de distillation un décanteur centrifuge en fin une colonne de distillation.

## Les mots clés :

Méthacrylate de méthyle, Réacteur parfaitement agité en continu muni d'une jaquette externe, Réaction d'estérification, Exothermique.