

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSSEGNEMENT SUPERIEEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER CONSTANTINE 3**



**FACULTE DE GENIE DES PROCEDES**

**DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE**

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

**Mémoire de Master**

**Filière : Génie des Procédés**

**Spécialité : Génie Chimique**

**Étude et Synthèse D'une Commande Optimale  
Et Application sur Un Procédé Chimique**

Dirigé par :

**BAHITA Mohamed**

Grade : MCB

Présenté par :

**MELIANI Racha Nihal**

**REBBADJ Faiza**

Année Universitaire 2019/2020

<b>Table de matières</b>	<b>Page</b>
<b>Liste des figures</b>	i
<b>Liste des tableaux</b>	ii
<b>Nomenclature</b>	iii
<b>Introduction générale</b>	
Introduction générale	1
<b>Chapitre I</b>	
<b>I. Généralités sur la régulation automatique</b>	
I.1. Introduction	3
I.2. La régulation	3
I.3. L'asservissement	3
I.3.1. Structure d'un système asservi	4
I.4. Principe de fonctionnement	6
I.4.1. Système de commande en boucle ouverte BO	6
I.4.2. Système de commande en boucle fermée BF	7
I.5. Performances des systèmes asservis	8
I.5.1. Stabilité	8
I.5.2. Précision	8
I.5.2.1. La précision statique	8
I.5.2.2. La précision dynamique	9
I.5.3. Rapidité	10
I.6. Système linéaire et système non linéaire	10
I.6.1. Système linéaire	11
I.6.2. Système non linéaire	11
I.7. Notion sur les régulateurs	11
I.7.1. Les actions de base des régulateurs	11
I.7.1.1. Action proportionnelle	11

I.7.1.2. Action intégrale	12
I.7.1.3. Action dérivée	12
I.7.2. Le régulateur proportionnel P	13
I.7.3. Le régulateur proportionnel intégral PI	14
I.7.4. Le régulateur proportionnel intégral dérivé PID	14
I.7.5. La méthode de réglage pratique de Ziegler et Nichols en chaîne fermée (appelée méthode du pompage)	16
I.8. Quelques structures de la commande	17
I.8.1. La commande adaptative	17
I.8.2. La commande prédictive	18
I.8.3. La commande par retour d'état	18
I.8.4. La commande optimale	18
Conclusion	19
 <b>Chapitre II</b>	
<b>II. La Commande Optimale</b>	
II.1. Introduction	20
II.2. La commande optimale	20
II.2.1. Objectif	20
II.2.2. Le modèle mathématique	21
II.2.3. Position de problème	22
II.3. La Commande Linéaire Quadratique	24
Conclusion	26
 <b>Chapitre III</b>	
<b>III. Application de la commande optimale (LQR) sur le réacteur parfaitement agité continu (RAC)</b>	
III.1. Introduction	27
III.2. Modélisation du réacteur chimique RAC	27

III.2.1. Bilan massique	29
III.2.2. Bilan énergétique	30
III.3. Présentation du modèle linéarisé	32
III.4. Application de la commande par régulateur PID et la commande optimale LQR pour la commande de la concentration dans un réacteur agité en continu RAC	34
III.4.1. Commande de la concentration dans le RAC par régulateur PID	34
III.4.2. Commande de la concentration dans le RAC par régulateur LQR	36
III.4.3. Comparaison entre la commande LQR et la commande par régulateurs PID	42
III.4.4. Organigramme de la simulation	43
Conclusion	45
<b>Conclusion générale</b>	
Conclusion générale	46
<b>Références bibliographiques</b>	
Références bibliographiques	47
<b>Annexes</b>	
Annexe A : Méthode Runge-Kutta (RK4)	50
Annexe B : MATLAB	51

## Résumé

Dans ce travail, nous avons choisi un type de commande optimale qui est le régulateur linéaire quadratique LQR, qui se base sur un modèle linéarisé du système réel. Nous avons appliqué ce régulateur pour commander la concentration dans un réacteur chimique RAC, et nous avons comparé ses performances avec celles d'une commande classique par régulateurs proportionnel intégral dérivée PID. Tous les résultats de simulation obtenus sont validés sous le logiciel MATLAB.

## Mots clés

Commande optimale, commande par régulateur linéaire quadratique LQR, commande classique PID, réacteur chimique (RAC), système linéarisé, système non linéaire.

## المخلص

في هذا العمل ، قمنا باختيار نوع من تقنية التحكم الأمثل و هو التحكم الخطي التريبيعي LQR ، والذي يعتمد على نموذج خطي لنظام حقيقي. طبقنا هذا المنظم للتحكم في التركيز في مفاعل كيميائي RAC ، وقمنا بمقارنة أدائه بأداء التحكم الكلاسيكي بواسطة منظمات تناسبية تكاملية اشتقاقية PID. تم التحقق من صحة جميع نتائج المحاكاة التي تم الحصول عليها بموجب برنامج MATLAB.

## الكلمات المفتاحية

تحكم أمثل، تحكم بواسطة منظم تريبيعي خطي LQR ، تحكم كلاسيكي PID ، مفاعل كيميائي RAC ، نظام خطي ، نظام غير خطي.