

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

UNIVERSITE 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**

**Commande Adaptative par Modèle de Référence  
de l'Oxygène Dissous dans un Procédé  
d'Épuration des Eaux Usées**

*Dirigé par :*

**Dr. BAHITA Mohamed**

Grade : MCB

*Présenté par :*

**M'HAIMOUD Mouatez Bilah**

**LADJABI Abdelmoula**

Année Universitaire 2020/2021.

Session : (juin)

# Table des matières

<b>Liste des figures .....</b>	<b>I</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>II</b>
<b>Nomenclature utilisée.....</b>	<b>III</b>
<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>

## Chapitre I: La commande des procédés

I.1	Introduction .....	4
I.2	Description d'un procédé du point de vue de l'automaticien : .....	4
I.3	Systèmes dynamiques : .....	5
I.4	L'objectif de la commande .....	5
I.5	Définition de l'asservissement .....	6
I.6	Structure d'un système asservi .....	7
I.6.1	Système de commande en boucle ouverte BO .....	7
I.6.2	Système de commande en boucle fermée BF.....	7
I.7	Qualités d'une bonne régulation .....	8
I.7.1	Stabilité.....	8
I.7.2	Précision .....	9
I.7.3	Rapidité .....	10
I.8	Les régulateurs classiques PID.....	10
I.9	Principe des régulateurs.....	11
I.9.1	L'action proportionnelle P.....	11
I.9.2	L'action intégrale I .....	12
I.9.3	L'action dérivée D.....	12
I.10	Correcteur proportionnel - intégrale – dérivée PID.....	13
I.11	Les avantages et les inconvénients : .....	13
I.12	Conclusion.....	14

## Chapitre II : Procédé de traitement des eaux

II.1	Introduction .....	16
II.2	Les différentes étapes de traitement des eaux usées.....	16
II.2.1	Le dégrillage.....	16
II.2.2	Le dessablage et le déshuilage.....	16
II.2.3	Le traitement biologique par boues activées .....	17
II.2.4	La clarification .....	17

II.2.5	Le traitement des boues .....	17
II.3	Traitement biologique par boues activées .....	17
II.4	Les systèmes d'aération.....	18
II.5	Conclusion.....	20

### **Chapitre III : La commande adaptative**

III.1	Introduction .....	22
III.2	Définition .....	22
III.3	Méthodes de la commande adaptative.....	22
III.4	Objectifs d'un système de commande adaptative .....	23
III.5	Commande adaptative indirecte .....	23
III.6	Commande adaptative à modèle de référence .....	24
III.7	Principe de base.....	25
III.8	Méthode de MIT.....	26
III.9	Conclusion.....	26

### **Chapitre IV : Application de la commande adaptative à modèle de référence pour le contrôle de l'oxygène dissous dans un procédé d'épuration des eaux usées**

IV.1	Introduction .....	28
IV.2	Modèle mathématique des dynamiques du procédé DO .....	29
IV.3	Commande par régulateur proportionnel intégral (PI) classique.....	30
IV.4	Commande adaptative à modèle de référence (MRAC).....	31
IV.5	Approche du gradient : .....	31
IV.5.1	Développement de la règle MIT et obtention de la loi d'adaptation .....	31
IV.5.2	Identification par la méthode des moindres carrés récurrents .....	33
IV.6	Application de la technique MRAC pour la commande de l'oxygène dissous(DO).....	38
IV.6.1	Cas sans perturbation.....	39
IV.6.2	Etude de la robustesse .....	41
IV.7	Conclusion.....	45

### **Conclusion général ..... 46**

### **Références bibliographiques ..... 47**

### **Annexe A : Méthode Runge-Kutta (RK4) ..... 54**

### **Annexe B : Méthode des moindres carrés récurrents ..... 55**

## ***Résumé***

Dans ce travail, nous avons proposé une étude d'une commande adaptative par modèle de référence (MRAC : Model Reference Adaptive Control en anglais), qui est une technique utilisée pour l'ajustement automatique en ligne, et en temps réel des régulateurs mis en œuvre dans la commande d'un procédé.

Elle est appliquée pour contrôler la concentration d'oxygène dissous (DO) d'un système non linéaire (bioréacteur) à boues activées, qui est largement utilisé dans le traitement d'épuration des eaux usées. Nous avons comparé les résultats de simulation de la commande adaptative (MRAC) avec ceux de la commande classique PID.

Les résultats sont validés par des simulations sous l'environnement MATLAB.

## **Les mots clés**

Commande adaptative par modèle de référence (MRAC), oxygène dissous (DO), boues activées, épuration des eaux usées, commande classique PID, bioréacteur, système non linéaire.