

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique

THESE

Présentée au Laboratoire de Commande des Processus
DER de Génie Electrique et Informatique
Pour l'obtention du titre

MAGISTER

EN AUTOMATIQUE

Par

TIDJANI Zakaria

Ingénieur d'état en Automatique de l'E.N.P

THEME

**COMMANDE DECENTRALISEE FLOUE
APPLIQUEE AUX ROBOTS MANIPULATEURS**

Soutenue publiquement en 1999 devant la commission d'examen :

**F. BOUDJEMA
D. BOUKHETALA
M. S. BOUCHERIT
E. M. BERKOUK
R. ILLOUL
M. TADJINE**

**Président
Rapporteur
Rapporteur
Examineur
Examineur
Examineur**

Thèse préparée au L.C.P.- DER de Génie Electrique et Informatique
E.N.P, 10, Avenue Hassen Badi, 16200 El-Harrach, Alger

Sommaire

Chapitre 0 : Introduction générale 1

Chapitre I : Systèmes et régulateurs à logique floue

I.1 Introduction	5
I.2 Logique floue	5
I.2.1 Ensembles flous	6
I.2.2 Opérations sur les ensembles flous	7
I.2.3 Relations floues	8
I.2.4 Opération sur les relations floues	9
I.2.5 Composition Sup-Star	9
I.3 Théorie de la logique floue appliquée à la représentation et raisonnement linguistique	10
I.3.1 Variables linguistiques	10
I.3.2 Propositions floues	11
I.3.3 Conjonction et disjonction des propositions	12
I.3.4 Raisonnement flou	13
I.3.5 Mécanisme d'inférence	16
I.4 Application de la logique floue à la commande	19
I.4.1 Description des modules d'un régulateur flou	20
I.4.2 Modèles flous	25
I.4.3 Commande décentralisée floue	28
I.5 Conclusion	30

Chapitre II: Commande floue associée à un réglage à modes glissants

II.1 Introduction	31
II.2 Régulateurs à modes glissants	32
II.3 Régulateur flou associé à un régulateur à modes glissants	34
II.3.1 Sélection de la surface de glissement	35
II.3.2 Nouvelles variables d'entrée	37
II.3.3 Schéma de commande à base de régulateur flou	38
II.3.4 Description des modules du régulateur flou	39
II.3.5 Surface de commande	41
II.3.6 Discussion	42
II.4 Application à la commande d'un bras de robot manipulateur	44
II.4.1 Choix du type des régulateurs	44
II.4.2 Dimensionnement des régulateurs flous de type PD et PID	45
II.4.3 Résultats de simulation	47
II.4.3.1 Application sur le robot PUMA560	48
II.4.3.2 Tests et performances	48
II.5 Conclusion	49

Chapitre III : Commande décentralisée floue adaptative continue

III.1 Introduction	55
III.2 Modèle dynamique décentralisé	56
III.3. Première approche	57
III.3.1 Commande décentralisée floue adaptative (CDFA)	57
III.3.1.1 Structure de commande	57
III.3.1.2 Application au robot PUMA560	61
III.3.2 Commande décentralisée floue adaptative robuste (CDFAR)	70
III.3.2.1 Structure de commande	70
III.3.2.2 Application au robot PUMA560	73
III.3.3 Commande décentralisée floue adaptative modifiée (CDFAM)	82
III.3.3.1 Structure de commande	82
III.3.3.2 Application au robot PUMA560	83
III.4 Deuxième approche	90
III.4.1 Commande décentralisée floue adaptative simple (CDFAS)	90
III.4.1.1 Structure de commande	90
III.4.1.2 Application au robot PUMA560	95
III.4.2 Commande décentralisée floue adaptative Robuste (CDFAR)	104
III.4.2.1 Structure de commande	104
III.4.2.2 Application au robot PUMA560	107
III.4.3 Commande décentralisée floue adaptative avec zone morte (CDFAZM)	115
III.4.3.1 Structure de commande	115
III.4.3.2 Application au robot PUMA560	119
III.5 Conclusion	120

Chapitre IV : Commande décentralisée floue adaptative discrète

IV.1 Introduction	127
IV.2 Modèle discret décentralisé du robot manipulateur	128
IV.2.1 Modèle dynamique discret centralisé	128
IV.2.2 Modèle dynamique discret décentralisé	130
IV.3 Synthèse de loi de commande	130
IV.3.1 Formulation du problème de poursuite	131
IV.3.2 Structure de commande	132
IV.3.3 Loi d'adaptation à gain constant	133
IV.3.3.1 Structure de la loi d'adaptation	133
IV.3.3.2 Application au robot PUMA560	137
IV.3.4 Loi d'adaptation à gain décroissant	146
IV.3.4.1 Structure de la loi d'adaptation	146
IV.3.4.2 Application au robot PUMA560	157
IV.4 Conclusion	159

<i>Conclusion générale et perspectives</i>	167
<i>Annexe A</i> Présentation du robot PUMA560 à trois degrés de libertés , modèle dynamique et trajectoires de référence	171
<i>Annexe B</i> Démonstration des propositions de la première approche de la commande décentralisée floue adaptative continue	175
<i>Annexe C</i> Cas particulier de la classe $\mathfrak{I}$	183
<i>Bibliographie</i>	185