

THESE

Présentée à

L'UNIVERSITE DE BATNA

Pour obtenir le titre de

DOCTEUR ES SCIENCE

Spécialité :

ELECTRONIQUE

Option :

CONTROLE

Par

CHAFAA KHEIREDDINE

(Ingénieur (1994), Magister (1999) en électronique, Université de Batna)

Sujet de la thèse :

**STRUCTURES D'IDENTIFICATION ET DE
COMMANDE DES SYSTEMES NON LINEAIRES
BASEES SUR LES TECHNIQUES FLOUES**

Thèse soutenue le : 01/07/2006

Devant le jury composé de

R. Abdessamed	Professeur	Univ. Batna	Président
K. Benmahammed	Professeur	Univ. Sétif	Rapporteur
N. Bouguechal	Professeur	Univ. Batna	Examineur
F. Boudjema	Professeur	ENP Alger	Examineur
N. Golea	Maître de Conf	Univ. O. E. Bouaghi	Examineur
F. Abdessamed	Maître de Conf	Univ. Batna	Examineur

Les travaux de recherche présentés dans cette thèse portent essentiellement sur deux axes suivants:

- 1) Développement d'un algorithme d'identification floue basé sur la logique floue type-1, capable de modéliser et d'identifier des processus non linéaire.
- 2) Développement de deux structures de commande, directe et indirecte basées sur la théorie de la logique floue type-2.

Dans la première partie, les modèles flous des systèmes non linéaires ont été considérés comme des modèles locaux. Afin de résoudre le problème de la modélisation d'un système non linéaire par la décomposition de ce dernier en un nombre donné de sous systèmes linéaires, l'approche utilisée est de partitionner les données disponibles en sous ensembles, puis d'approximer chaque sous ensemble par un modèle linéaire simple. Le partitionnement des données a été réalisé par le regroupement (clustering) flou, notamment les algorithmes du FCM et de Gustafson Kessel (GK), car ces derniers permettent d'obtenir des transitions lisses entre les différents sous ensembles détectés. Le problème majeur rencontré dans la méthode du regroupement flou est la détermination du nombre des groupes. Nous avons proposé dans ce travail, une méthode de modélisation et d'identification qui permet de résoudre ce problème. Dans ce travail, une nouvelle méthode de modélisation floue combinant l'algorithme du clustering flou de Gustafson-Kessel (GK) et le filtre de Kalman a été proposée. L'algorithme GK a pour objectif de détecter les clusters de différentes formes géométriques présents dans l'ensemble de données, et pour obtenir les fonctions d'appartenances discrètes des prémisses. Un filtre de Kalman a été introduit pour estimer les paramètres des fonctions d'appartenance des prémisses et ceux des fonctions des conséquences.

Dans la deuxième partie, nous avons introduit la logique floue type-2 dans la commande adaptative d'une certaine classe de systèmes dynamiques non linéaires inconnus. Nous avons proposé deux structures de commande adaptative, directe et indirecte, dans lesquelles le contrôleur principal est un système flou de type-2. Les paramètres libres du contrôleur flou type-2 ont été ajustés en temps réel par des lois d'adaptation basées sur la synthèse de Lyapunov. Nous avons aussi conçu un contrôleur de supervision en cascade avec le régulateurs flou type-2 dans les deux cas (directe et indirecte) et cela pour aider le contrôleur principale (flou type-2) à stabiliser la boucle de commande, spécialement dans les régimes transitoires ou lors de la présence des perturbations.

<u>INTRODUCTION GENERALE</u>	1
---	---

CHAPITRE 1. Systèmes et modèles flous type-1

1.1. Introduction.....	8
1.2. Ensembles flous.....	8
1.2.1. Fonction d'appartenance.....	9
1.2.2. Variable linguistique.....	10
1.2.2.1. Partition floue.....	11
1.2.3. Définitions 1.....	12
1.2.4. Opérations sur les ensembles flous.....	13
1.2.4.1. T-norme (Intersection floue)	14
1.2.4.2. T-conorme (union floue)	14
1.2.5. Projection et extension cylindriques.....	15
1.2.5.1. Projection d'un ensemble flou.....	15
1.2.5.2. Extension d'un ensemble flou.....	15
1.2.5.3. Opérations dans l'espace cartésien.....	16
1.2.6. Relations floues et composition.....	16
1.3. Logique floue type-1.....	18
1.3.1. Définition 2.....	18
1.3.2. Définition 3.....	18
1.4. Systèmes flous.....	19
1.4.1. Model flou linguistique.....	19
1.4.1.1. Antécédent.....	19
1.4.1.2. Inférence dans le modèle linguistique.....	20
1.4.1.3. Défuzzification.....	22
1.4.1.4. Modèle singleton.....	23
1.4.2. Modèle relationnel flou.....	23
1.4.2.1. Exemple 1	25
1.4.3. Modèle flou type Takagi-Sugeno (TS)	25
1.4.3.1. Inférence et régression non linéaire dans le modèle TS.....	27
1.4.3.2. Modèle TS affine à conséquence commune.....	28
1.5. Fonctions de Base Floues (FBF)	29
1.5.1. Lemme 1	29
1.5.2. Définition 4.....	29

1.6. Approximation universelle.....	30
1.6.1. Théorème 1	30
1.7. Conclusion.....	31

CHAPITRE 2. Systèmes flous type-2

2.1. Introduction	32
2.2. Concept des ensembles flous type-2	33
2.2.1. Exemple 1.....	33
2.2.2. Exemple 2.....	34
2.2.3. Exemple 3.....	34
2.3. Type d'ensembles flous type-2	36
2.3.1. Ensemble type-2 Gaussien.....	36
2.3.2. Ensemble type-2 Intervalle.....	36
2.3.3. Ensemble type-2 Triangulaire.....	36
2.4. Représentation des ensembles flous type-2	37
2.5. Opérations sur les ensembles type-2	38
2.6. Opération meet sous la T-norm produit.....	39
2.7. Opérations algébriques.....	40
2.7.1. Multiplication.....	40
2.7.2. Addition.....	40
2.8. Centroïde d'un ensemble flou type-2.....	41
2.9. Système flou type-2.....	43
2.9.1. Fuzzification	43
2.9.2. Règles	44
2.9.3. Inférence.....	44
2.9.4. Réduction de type.....	45
2.9.5. Defuzzification.....	46
2.10. Réduction de type.....	46
2.10.1. Réduction de type par la méthode du Centroïde.....	46
2.10.2. Réduction de type par la méthode de la hauteur.....	47
2.10.3. Réduction de type par la méthode des centres d'ensembles.....	48
2.11. Interprétation de l'ensemble type réduit.....	49
2.12. Moyenne pondérée des ensembles flous type-1 intervalle.....	51
2.12.1. Procédure Algorithmique.....	51
2.12.2. Centroïde d'un ensemble type-1 intervalle.....	54
2.12.2.1. Exemple 4.....	55

2.12.3. Réduction de type pour les systèmes flous type-2 intervalles.....	56
2.12.3.1. Réduction de type par la méthode du Centroïde.....	56
2.12.3.2. Réduction de type par la méthode de la hauteur.....	56
2.12.3.3. Réduction de type par la méthode des centres d'ensembles.....	56
2.12.3.4. Exemple 5.....	57
2.13. Conclusion.....	58

CHAPITRE 3. Filtre de Kalman et régression linéaire

3.1. Introduction.....	60
3.2. Estimateur asymptotique (Observateur)	61
3.2.1. Exemple 1.....	63
3.3. Filtre de Kalman.....	67
3.3.1 Hypothèses.....	68
3.3.2. Problème.....	69
3.3.3. Résolution.....	69
3.4. Filtre de Kalman comme régression linéaire.....	78
3.5. Résultats de simulation.....	81
3.6. Conclusion.....	83

CHAPITRE 4. Identification floue

4.1. Introduction.....	84
4.2. Clustering flou.....	86
4.2.1. Cluster.....	86
4.2.2. Partition classique.....	87
4.2.2.1. Exemple 1.....	87
4.2.3. Partition floue.....	88
4.2.3.1. Exemple 2.....	88
4.2.4. Clustering flou type C-Means.....	89
4.2.5. Algorithme du clustering de Gastafson-Kessel.....	90
4.3. Identification.....	93
4.3.1. Problème de régression linéaire.....	94
4.3.2. Modélisation entrée-sortie 'Boite noir'.....	94
4.4. Identification par clustering dans le produit cartésien.....	95
4.4.1. Exemple 3.....	96
4.4.2. Exemple 4	97
4.5. Modèles flous de Takagi-Sugeno.....	99

4.6. Algorithme d'identification proposé.....	101
4.6.1. Génération des fonctions d'appartenance.....	101
4.6.2. Estimation des paramètres des conséquences.....	105
4.7. Applications.....	106
4.7.1. Modélisation d'une fonction statique non linéaire.....	108
4.7.2. Modélisation d'un système dynamique non linéaire	109
4.8. Conclusion.....	111

CHAPITRE 5. Commande adaptative indirecte

5.1. Introduction.....	112
5.2. Formulation du problème.....	114
5.3. Système flou type-2 proposé.....	115
5.3.1. Exemple.....	116
5.4. Structure de commande proposée.....	120
5.4.1. Hypothèse.....	121
5.4.2. Théorème	124
5.4.3. Preuve.....	125
5.4.4. Procédure.....	127
5.5. Applications.....	129
5.5.1. Pendule inversé.....	129
5.5.2. Machine asynchrone.....	135
5.5. Conclusion.....	142

CHAPITRE 6. Commande adaptative directe

6.1. Introduction.....	143
6.2. Formulation du problème.....	143
6.3. Système flou type-2 proposé.....	144
6.4. Direct adaptive type-2 fuzzy controller with supervisory controller.....	147
6.5. Application.....	154
6.6. Conclusion.....	158

<u>CONCLUSION GENERALE</u>	160
---	-----

<u>ANNEXES</u>	163
-----------------------------	-----