

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

N° d'ordre/2006

UNIVERSITÉ MOHAMED KHIDER - BISKRA



FACULTÉ DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGÉNIEUR
DÉPARTEMENT D'AUTOMATIQUE

THÈSE

Présentée pour l'obtention du diplôme de **DOCTEUR D'ÉTAT** en

AUTOMATIQUE

Par

Mohamed BOUMEHRAZ

THÈME

**Stabilisation des Systèmes Non Linéaires via
des Modèles Flous de Type Takagi-Sugeno**

À soutenir le devant la commission d'examen

M. :	A.	Moussi	Prof. Univ. de Biskra	Président
M. :	K.	Benmahammed	Prof. Univ. de Sétif	Direct. de these
M. :	P. Y.	Glorennec	Prof. INSA de Rennes	Co-Dir. de these
M. :	N.	Golea	Prof. Univ. d'O. E. B.	Examineur
M. :	K.	Kara	M. C. Univ. de Blida	Examineur

Résumé

L'objectif du travail réalisé dans cette thèse est le développement de méthodes de synthèse de lois de commande pour la stabilisation des systèmes non linéaires décrits par des modèles flous de type Takagi-Sugeno. L'approche utilisée est la commande multi-contrôleurs. Le modèle flou de Takagi-Sugeno est mis sous la forme d'une collection de systèmes linéaires incertains. Les interactions des autres règles, qui peuvent être actives en même temps que la règle nominale, sont considérées comme des incertitudes sur les paramètres du modèle nominal. La commande multi-contrôleurs consiste en la synthèse de lois de commande locales pour chaque sous régions tout en assurant la stabilité globale. Chaque loi de commande locale est déterminée de façon à maximiser la région de stabilité et vérifier la condition de recouvrement de stabilité. La loi de commande globale est obtenue par commutation entre les lois de commande locales. La synthèse des lois de commande est faite par la résolution de programmes d'optimisation à base d'équation algébriques de Riccati ou à base de LMIs. Dans ce travail on a étudié la commande multi-contrôleurs par retour d'état et par retour de sortie, la synthèse de multi-observateurs ainsi le cas des systèmes flous incertains. La deuxième structure proposée est une commande multi-contrôleurs de type PDC (Parallel Distributed Compensation), le modèle flou est représenté par un système hybride dont chaque état correspond à un ensemble de règles qui peuvent être actives simultanément. La loi de commande globale est obtenue par commutation entre les lois de commande PDC locales. La synthèse des lois de commande PDC locales à base de LMIs permet d'assurer la stabilité à l'intérieur d'un sous région et lors de transition entre différentes sous régions.

Table des matières

1	Généralités	5
1.1	Introduction	5
1.2	Modèle flou de Mamdani	6
1.3	Modèle flou de Takagi-Sugeno	6
1.4	Méthodes d'obtention d'un modèle flou de Takagi-Sugeno	7
1.4.1	Par identification	7
1.4.2	A partir d'un modèle mathématique	8
1.5	Outils mathématiques	10
1.5.1	Equation algébrique de Ricatti	10
1.5.2	Inégalités matricielles linéaires	10
1.6	Placement de poles	12
1.6.1	Régions LMI	12
1.6.2	Placement des pôles dans un disque	13
2	Analyse de Stabilité et Stabilisation des Modèles Flous de Takagi-Sugeno	15
2.1	Introduction	15
2.2	Modèle flou de Takagi-Sugeno	15
2.3	Analyse de stabilité	17
2.3.1	Stabilité quadratique	17
2.3.2	Méthodes non quadratiques	17
2.4	Stabilisation par retour d'état	17
2.4.1	Modèle flou continu	18
2.4.2	Modèle flou discret	20
2.5	Observateurs pour systèmes flous de Takagi-Sugeno	21
2.5.1	Cas des prémisses mesurables	22
2.5.2	Cas des prémisses non mesurables	23
2.6	Analyse par fonctions polyquadratiques	23
3	Commande Multi-Contrôleurs Linéaires : Approche ARE	27
3.1	Introduction	27
3.2	Représentation d'un modèle flou de Takagi-Sugeno par un ensemble de système incertains	27
3.3	Structure de la commande multi-contrôleurs	29
3.4	Condition de recouvrement de stabilité	30
3.5	Première représentation	30

3.5.1	Cas possibles	33
3.6	Deuxième représentation	38
3.7	Troisième représentation	45
3.8	Stabilité globale	50
3.8.1	Stratégie de commutation	53
3.9	Conclusion	53
4	Commande Multi-Contrôleurs Linéaires: Approche LMI	55
4.1	Introduction	55
4.2	Formulation LMI	55
4.3	Stabilité globale	65
4.4	Maximisation de la marge de stabilité quadratique	66
4.4.1	Marge de stabilité quadratique d'un sous système flou	67
4.4.2	Analyse de stabilité	68
4.4.3	Stabilisation par retour d'état	70
4.4.4	Lissage de la loi de commande	74
4.4.5	Interpolation	74
4.5	Synthèse d'observateurs	77
4.6	Système étendu	78
4.7	Placement des pôles	83
4.8	Conclusions	84
5	Stabilisation par Retour de Sortie	85
5.1	Introduction	85
5.2	Retour de sortie	85
5.2.1	La matrice \mathbf{C} est de plein rang ligne	91
5.2.2	$\mathbf{B}_i = \mathbf{B}$ de plein rang colonne	91
5.2.3	Autres méthodes	91
5.3	Conclusions	94
6	Stabilisation des Modèles Flous Incertains	95
6.1	introduction	95
6.2	Modèle flou de Takagi-Sugeno incertain	95
6.3	Stabilisation par retour d'état	96
6.3.1	Maximisation de la marge de stabilité quadratique	100
6.4	Stabilisation par retour de sortie	105
6.5	Conclusions	106
7	Commande Multi-Contrôleurs de Type PDC	107
7.1	Introduction	107
7.2	Représentation par un système hybride	108
7.3	Systèmes flous discrets	109
7.3.1	Analyse de stabilité	109
7.3.2	Stabilisation par retour d'etat	113
7.3.3	Observateurs	118
7.3.4	Stabilisation par retour de sortie	118

7.4	Systèmes flous continus	118
7.4.1	Retour d'état linéaire	120
7.4.2	Loi de commande locale de type PDC	120
7.5	Conclusions	121
