

Introduction générale

L'objectif de la théorie de commande est l'analyse et la résolution des problèmes de commande qui émanent de l'environnement industriel. Des raisons économiques et de sécurité, conduisent à la recherche d'une loi de commande de plus en plus performante afin de garantir l'efficacité et le rendement de production. Les méthodes de commande avancées développées par d'éminents théoriciens (régulateur adaptatif, commande prédictive, commande robuste...) permettent de répondre aux exigences d'un certain nombre de ces systèmes fortement non linéaires. C'est dans ce même créneau que les méthodes de modélisation et de commande floues se positionnent.

La méthode la plus utilisée pour étudier un système ayant un comportement non linéaire est de l'approximer par un seul modèle linéaire (linéarisation autour d'un point d'équilibre). L'inconvénient d'une telle approche est son aspect uniquement local, le modèle linéaire n'est qu'une description locale du comportement du système. Une approche globale basée sur l'utilisation de plusieurs modèles autour de différents points de fonctionnement a été élaborée ces dernières années. L'interpolation de ces modèles locaux à travers des fonctions d'activation normalisées permet de modéliser le système global non linéaire. Cette approche s'appuie sur l'utilisation de modèles flous de type Takagi-Sugeno (TS) [1], connus pour leur propriété d'approximation universelle.

Le concept de stabilité des systèmes non linéaires a fait l'objet d'une riche littérature depuis le siècle dernier (Kraokovski, Lasalle, Poincaré). Par rapport à des méthodes comme les méthodes géométriques ou celles basées sur les normes vectorielles et les systèmes de comparaison, la stabilité au sens de Lyapunov est une approche largement utilisée pour l'étude des problèmes de stabilité. Ces dernières années, de nombreux travaux concernant la

stabilité/stabilisation de modèle flou de type Takagi-Sugeno ont été publiés. La plupart de ces travaux se sont inspirés des techniques de commande rencontrées dans la littérature. C'est dans ce sens que des études utilisant l'approche de Lyapunov, l'approche géométrique, le critère de Popov, le critère du cercle..., ont été développées.

Les lois de commande couramment utilisées pour ce type de modèles sont de type retour d'état non linéaire statique appelé commande PDC (Parallel Distributed Compensation) [2]. Ce type de loi de commande utilise les mêmes fonctions non linéaires permettant d'interpoler les modèles linéaires des modèles TS. L'étude de la stabilité et de la stabilisation de ces types de modèles fait appel, dans la grande majorité des cas, à la deuxième méthode de Lyapunov (méthode directe). De façon quasiment généralisée, c'est une fonction de Lyapunov de type quadratique qui est utilisée. Cela est dû principalement au fait de pouvoir résoudre les conditions de stabilité/stabilisation. Effectivement, l'une des principales difficultés est de pouvoir écrire ces conditions sous la forme de contraintes LMI (Linear Matrix Inequalities) [3]. Les LMIs, s'il s'avère qu'elles admettent une solution, peuvent être résolues à l'aide d'outils issus du domaine de l'optimisation convexe [4].

Cependant, si théoriquement il est toujours possible de représenter la dynamique d'un système non linéaire affine en la commande par un système flou, en pratique cette représentation peut aboutir à l'obtention d'un très grand nombre de règles floues. Une manière de réduire le nombre de règles floues est de considérer certaines non linéarités comme des incertitudes dans les paramètres du modèle flou. L'objectif étant d'obtenir un modèle flou comportant un nombre fini et raisonnable de règles fixé a priori. En revanche, la synthèse de lois de commande pour de tels modèles s'avère plus difficile. Dans ce contexte, plusieurs approches de relaxation des LMIs ont été proposées dans la littérature [5]-[8].

L'objectif du travail réalisé dans ce mémoire est l'étude de la stabilisation des systèmes non linéaires via des modèles flous de type Takagi-Sugeno incertains, le mémoire est organisé comme suit :

Le **chapitre 1**, commence avec une présentation générale des systèmes flous et plus particulièrement le type de Takagi-Sugeno. On y trouve une présentation des différentes méthodes d'obtention d'un modèle flou TS. Ensuite, nous présentons également l'outil LMI et les différentes techniques d'analyse de stabilité et les transformations matricielles. Aussi, nous donnons des rappels sur les définitions de la stabilité au sens de Lyapunov.

Dans le **chapitre 2**, nous présentons certains résultats d'analyse de la stabilité du modèle flou de type TS. Quelques théorèmes donnant des conditions garantissant la stabilité et la stabilisation par retour d'état via la commande PDC d'un modèle flou TS obtenues en utilisant la seconde méthode de Lyapunov sont rappelés, L'estimation d'état est étudiée ensuite.

Le **chapitre 3** présente un certain nombre de théorèmes concernant la stabilisation des modèles flous de type TS incertains, sans et avec prise en compte de certaines performances de la boucle fermée via un taux de décroissance prédéfini ou le placement de pôles dans des régions LMI. Ensuite, les conditions de stabilisation avec un observateur d'état sont données.

Dans le **chapitre 4**, la loi de commande utilisée pour l'étude de la stabilisation du modèle flou TS incertain sans et avec un observateur, est obtenue par commutation entre des lois de commande locales.

Enfin, la conclusion générale présente le bilan de ce travail et les perspectives envisagées.