

THÈSE

présentée à l'Université de Metz
pour l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE METZ EN MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

par

Abdelhak FERFERA

Titre de la thèse :

SUR QUELQUES PROBLÈMES RELATIFS AUX SYSTÈMES NON LINÉAIRES : LINÉARISATION STATIQUE ET SINGULARITÉS STABILISATION GLOBALE DE CERTAINS SYSTÈMES

Soutenue le 25 Juin 1997 devant le jury composé de :

- H. HAMMOURI, Professeur à l'Université Claude Bernard, Lyon I. Rapporteur.
- B. KLARES, Professeur à l'Université de Metz.
- C. LOBRY, Professeur à l'Université de Nice. Rapporteur.
- M. MOUSSAOUI, Professeur à l'Ecole Centrale de Lyon. Président.
- A. ROUX, Professeur à l'Université de Metz.
- G. SALLET, Professeur à l'Université de Metz. Directeur de thèse.

Thèse préparée dans le cadre du projet CONGE
INRIA-LORRAINE & URA CNRS 399

THÈSE

présentée à l'Université de Metz
pour l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE METZ EN MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

par

Abdelhak FERFERA

Titre de la thèse :

SUR QUELQUES PROBLÈMES RELATIFS AUX SYSTÈMES NON LINÉAIRES : LINÉARISATION STATIQUE ET SINGULARITÉS STABILISATION GLOBALE DE CERTAINS SYSTÈMES

Résumé

Ce travail comporte trois parties. Dans la première, on s'intéresse au problème du découplage avec stabilité interne par commande statique pour les systèmes bilinéaires. Pour ces systèmes non linéaires, la matrice de découplage est singulière sur une surface algébrique contenant l'origine, ce qui pose un problème d'explosion de solutions : dans ce cas généralement les trajectoires du système bouclé ne sont pas complètes et/ou les commandes ne sont pas bornées. On considère ici des systèmes bilinéaires à deux entrées-deux sorties sans zéros dynamiques, pour lesquels on donne des conditions suffisantes de découplage avec stabilité par des commandes linéarisantes.

La deuxième partie est consacrée à des questions de stabilisation globale par retour d'état pour certains systèmes non linéaires. On s'intéresse d'une part aux systèmes partiellement linéaires pour lesquels divers auteurs ont donné des conditions suffisantes de stabilisation globale à partir d'une fonction de Lyapunov stricte. Il n'existe malheureusement pas de méthode systématique pour construire une telle fonction. On montre ici que la connaissance d'une fonction de Lyapunov large vérifiant le principe d'invariance de LaSalle suffit pour obtenir une commande stabilisante globale. L'intérêt de notre démarche est que pour de très larges classes de systèmes, dont les systèmes mécaniques, il est plus facile de construire une fonction de Lyapunov large plutôt qu'une stricte. On donne d'autre part une condition suffisante de stabilisation globale pour des systèmes non affines en contrôle généralisant celle de Jurdjevic-Quinn connue pour les systèmes affines en contrôle.

La dernière partie étend des résultats de stabilisation déterministes à des systèmes non linéaires stochastiques. On y donne une condition suffisante de stabilisation globale pour des systèmes partiellement linéaires stochastiques et une version stochastique de la condition de Jurdjevic-Quinn pour des systèmes stochastiques non nécessairement affines en contrôle.

En m'acceptant dans son équipe, G. Sallet m'a permis de reprendre une activité de recherche longuement interrompue. Je suis sensible à la confiance qu'il m'a témoignée et à l'aide qu'il m'a apportée. Je lui exprime ici toute ma reconnaissance.

Je tiens également à exprimer mes remerciements à :

H. Hammouri et C. Lobry qui ont accepté d'être les rapporteurs de ce travail ;

B. Klares, M. Moussaoui et A. Roux qui me font l'honneur de faire partie du jury ;

Tous les membres du projet CONGE de l'INRIA au sein duquel ce travail a été réalisé : R. Chabour, A. Iggidr, J. C. Vivalda, M. Bensoubaya, ...

Table des matières

0	Introduction	4
0.1	Problème des singularités	5
0.2	Stabilisation globale	9
0.3	Références bibliographiques	19
1	Noninteracting control and disturbance decoupling with singularity for two dimensional bilinear systems	27
1.1	Introduction	28
1.2	Some Previous Results	29
1.3	The Case of Planar Bilinear Systems with Two Inputs—Two Outputs . .	31
1.4	Bilinear Approximation and Noninteracting Control with Stability	34
1.5	Exact Linearisation and Stabilisation of Planar Nonlinear Systems	37
1.6	Disturbance Decoupling with Stability for Some Planar Nonlinear Systems	40
1.7	References	43
2	Singularity for static state-feedback linearizable bilinear systems	44
2.1	Introduction	45
2.2	Notations and preliminaries	46
2.3	Invariance condition	48

2.4	Bounded feedback sufficient condition	52
2.5	Example	55
2.6	References	57
3	A Remark on the Stabilization of Partially Linear Composite Systems	59
3.1	Introduction	60
3.2	Notations and definitions	62
3.3	Stabilization by LaSalle's invariance principle	63
3.4	References	67
4	Global stabilization of continuous and discrete-time nonaffine control systems	68
4.1	Introduction	69
4.2	Stabilization of continuous-time systems	72
4.3	Stabilization of discrete-time systems	76
4.4	Single-input case	79
4.5	Examples	82
4.6	References	88
5	Stabilisation globale de systèmes non linéaires stochastiques	90
5.1	Introduction	91
5.2	Stabilité stochastique	92
5.3	Condition suffisante de stabilisation	94
5.4	Références bibliographiques	96
6	Feedback stabilization of stochastic nonlinear composite systems	98
6.1	Introduction	99

6.2	Stochastic stability	101
6.3	Main result	102
6.4	References	106