

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

Ecole Nationale Polytechnique
DER de Génie Electrique & Informatique

THESE

Pour l'Obtention du Diplôme de

MAGISTER EN ELECTRONIQUE

Option : Acquisition et Traitement de l'Information

Présentée par

KAMRI DJEKIDEL
Ingénieur d'état en Electronique de l'USTHB

Commande à Relais dans les Systèmes à Retard

Soutenue publiquement le 12 Mai 1999 devant le jury composé de:

MM	A. ZERGUERRAS	Professeur, L'ENP	Président
	M.S. AIT CHEIKH	Chargé de cours, L'ENP	Rapporteur
	C. LARBES	PhD, L'ENP	Examineur
	B. BOUSEKSOU	Chargé de cours, L'ENP	Examineur
	R. ILLOUL	Chargé de cours, L'ENP	Examineur

Commande à Relais dans les Systèmes à Retard

Présentée par

KAMRI DJEKIDEL

Thèse

Magister en Electronique

Option : Acquisition et Traitement de l'Information

Ecole Nationale Polytechnique d'Alger

Avril 1999

A toute ma famille

A tous mes amis

A vous cher lecteur

Avant-Propos

Ce travail a été effectué au sein du laboratoire d'automatique du département du Génie Electrique de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger (ENP) sous la direction de **M.S. AIT CHEIKH**, chargé de cours à l'ENP, qu'il trouve ici l'expression de toute ma gratitude pour les conseils avisés et l'encouragement constant qu'il n'a cessé de me prodiguer tout au long de ce travail.

Mes remerciements les plus sincères sont adressés à Monsieur **A. ZERGUERRAS**, professeur à L'ENP, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant la présidence du Jury de cette thèse.

Mes vifs remerciements vont également à Monsieur **C. LARBES**, PhD à l'ENP, je suis très honoré de sa présence dans le jury de cette thèse.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance envers Monsieur **B. BOUSEKSOU**, chargé de cours à l'ENP, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail en acceptant de faire partie du Jury d'examen.

Je remercie également Monsieur **R. ILLOUL**, chargé de cours à l'ENP, pour avoir bien voulu porter une attention à ce travail en me faisant l'honneur de participer à ce jury.

Je ne saurais terminer sans remercier chaleureusement mes amis : **K. BENAROUS**, **K. MECHRAOUI**, pour l'aide qu'ils m'ont apporté aussi bien sur le plan moral que matériel.

Et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation et à l'élaboration de ce travail, trouvent ici l'expression de ma très vive reconnaissance.

Table des matières

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I

Régulation Automatique et Commande à Relais

1.1 Introduction.....	5
1.2 Performances de la régulation.....	6
1.3 Reglabilité.....	7
1.4 Régulateur PID.....	8
1.5 Robustesse	11
1.5.1 Fonction de sensibilité.....	12
1.5.2 Réduction de la fonction de sensibilité.....	13
1.6 Commande à relais.....	13
1.6.1 L'approximation de l'équivalent harmonique.....	13
1.6.2 Précision de l'approximation de l'équivalent harmonique...16	
1.6.3 Champ de validité de l'équivalent harmonique.....	17
1.6.4 Stabilité des oscillations limites.....	17
1.6.4.1 Critère de Loeb.....	18
1.6.4.2 Système à retard.....	20
1.7 Conclusion.....	24

Chapitre II

Méthodes de Synthèse Conventionnelles pour la Commande des Systèmes à Retard

2.1 Introduction.....	25
2.2 Effet du retard dans la commande.....	26
2.3 Elimination de retard.....	26
2.3.1 Méthode directe.....	26
2.3.2. Méthodes d'approximation.....	27
2.3.2.1 Méthode des moments.....	27
2.3.2.2 Exemples d'illustrations.....	29
2.4 Méthodes de synthèse conventionnelles.....	31
2.5.1 Méthode de Ziegler-Nichols.....	31
2.5.2 Méthode d'optimisation des paramètres.....	33
2.5.3 Méthode de compensation.....	35
2.5.4 Méthode prédictive.....	35
2.5.5 Méthode d'Astrom-Hagglund.....	38
2.5 Conclusion.....	41

Chapitre III

Prédicteur de Smith : Propriétés et Robustesse

3.1. Introduction.....	42
3.2. Méthode de Smith.....	42
3.3. Propriétés du prédicteur de Smith.....	45
3.4. Robustesse du prédicteur de Smith.....	49
3.5. Exemples d'illustration.....	50
3.6. Conclusion.....	57

Chapitre IV

Commande à Relais dans le Prédicteur de Smith

4.1 Introduction.....	58
4.2 Commande à relais dans le PS.....	59
4.2.1 Principe.....	60
4.2.2 Stabilité des oscillations limites.....	61
4.2.3 Procédure de test à relais.....	62
4.2.4 Exemples d'illustration.....	63
4.3 Investigation d'un PID dans le PS par la méthode d'Astrom-Hagg.....	68
4.3.2 Procédure.....	70
4.3.3 Exemples d'illustration.....	72
4.4 Conclusion.....	81

Chapitre V

Utilisation de Relais en Identification et la Commande On-line des Systèmes à Retard

5. Introduction.....	82
5.1 Identification.....	83
5.1.1. Choix de modèle.....	84
5.1.2. Développement.....	86
5.1.2.1 Systèmes de faibles réglabilités.....	87
5.1.2.2 Systèmes de grandes réglabilités.....	87
5.1.2.3 Systèmes de réglabilités moyennes.....	88
5.1.3 Précision sur la mesure de a_0 et ω_{cr}	90
5.1.4 Effets de perturbations statiques.....	91
5.1.5 Exemples d'illustration.....	93
5.2 Commande on-line.....	98
5.2.1 Système de réglabilité moyenne.....	98
5.2.2 Exemples d'illustration.....	100
5.2.3 Commande des procédés selon leur gamme de réglabilité.....	107
5.2.4 Exemples d'illustration.....	108
5.3 Robustesse.....	113
5.3.1 Simulation.....	114
5.4 Conclusion.....	117

Chapitre VI*Extension des Techniques de Commande aux cas des
Systèmes Multivariables*

6.1 Introduction.....	118
6.2 Analyse.....	119
6.3 Cmmande à relais dans les systèmes MIMO.....	121
6.3.1 Techniques de tests à relais pour les systtèmes MIMO.....	121
6.3.2 Synthèse à boucle dominante.....	124
6.4 Exemples d'illustration.....	126
6.5 Conclusion	134
VII- Conclusion générale	135
Annexe A.....	139
Annexe B.....	142
Bibliographie.....	145