

Thèse

M0002/95B

Présentée par:

BALI NOUREDDINE
Ingenieur d'état en Automatique de l'ENP

Pour obtenir le titre de

MAGISTER
en AUTOMATIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Sujet:

**ETUDE DES PERFORMANCES
DE LA
COMMANDE PREDICTIVE GENERALISEE**
"Application aux robots manipulateurs PUMA et SCARA"

Soutenue publiquement le 16/01/1995 devant le jury composé de:

B. DERRAS
M. S. BOUCHERIT
N. K. M'SIRDI

Président

Rapporteurs

F. BOUDJEMA
R. ILLOUL
M. C. SOUAMI

Examineurs

D. BOUKHETALA

Invité

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المطبخية — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين
والصلاة والسلام على
سيدنا محمد وآله الطيبين
الطاهرين

والله اعلم
بما نزلنا
من كتابنا
والله اعلم
بما نزلنا

BIBLIOTHEQUE DU CERIST



A ma mère,

A la mémoire de mon père et mon frère Mourad,

A ma femme Bahia et à ma fille Amina,

A mon ami Guenfaf Lakhdar,

A Tati,

A mes frère et soeurs, en particulier Larbi et Saliha,

A mes Beaux Parents,

A tous mes amis en particulier Hallet Farid et sa femme,

A toute ma famille,

Je dédie ce travail.

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

AVANT-PROPOS



Cette Thèse a été préparée au Laboratoire d'Automatique, et au Laboratoire des Systèmes Intelligents Autonomes (LARSIA) de l'Ecole Nationale Polytechnique.

Tous mes remerciements iront tous d'abord à Mesieurs M.S. BOUCHERIT et N.K. M'SIRDI (LRP-FRANCE) qui ont dirigé mes travaux, et dont l'aide efficace et précieuse m'a permis de mener à bien ce travail, qu'ils trouvent ici le signe de ma reconnaissance et de ma gratitude.

Je remercie vivement Mr B.Derras pour l'honneur qu'il me fait d'être le président du jury.

Je tiens à remercier également:

- Mr F.Boudjema pour ses conseils et pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail.
- Mr R.Illoul qui a montré un grand intérêt à ce travail et pour les discussions intéressantes.
- Mr M.C.Souami d'avoir accepté de juger ce travail.

Je remercie aussi D.Boukhetala d'avoir examiné ce travail et d'avoir accepté l'invitation.

J'adresse mes sincères remerciements à: Lounici Abd el hakim, Madjouj Nawel et El Hadi (du centre de calcul) qui ont contribué à nous faciliter l'acquisition du matériel informatique.

J'exprime toute ma reconnaissance à: H.Tayebi, M.Bouri, F.Dari, F.Dehimi, R.Hdjar, A.Laroui, M.Djemai, B.Kacha, M.Taghi, Pour toute la bibliographie qui m'est parvenue pour réaliser ce travail.

Que tous les membres de l'équipe de la BIBLIOTHEQUE De l'ENP à savoir: Amara, Ourari, Salah, Karim, Krimo, Abdelkrim, Mourad, Hafida, Chrifa, Ouahiba, Naima, Farida et Ghania sans oublier celles des périodiques, reçoivent le témoignage de ma reconnaissance et de mon respect.

Je remercie vivement mon cousin Bali Abderrahim, Reda Yedou, Arezki Ouhachi, mon beau frère Zeboudji Lyes, Hadjout Larbi, Ouadou Nacer et Mouzali Djamel pour leur soutien moral et leurs encouragements.

Je ne saurai oublier dans mes remerciements Mr Noureddine Berrou pour m'avoir fait le tirage de cette thèse.

J'aimerais remercier très particulièrement Madame Sebaibi pour son respect et pour ses qualités humaines.

Je voudrai terminer en saluant la promotion de l'automatique de Juin 92 de l'ENP d'Alger et celle du Magistère 93.

Enfin, je voudrai exprimer mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

SOMMAIRE

Introduction générale



Chapitre 1

Analyse des performances de la commande prédictive généralisée.

Introduction	3
1.1 Algorithmes de commande prédictive	3
1.2 Modélisation et commande	5
1.2.1 Modèle linéaire discret	6
1.2.2 Type de modèle de prédiction utilisé	7
1.3 Commande prédictive généralisée GPC	7
1.4 Synthèse de la GPC	9
1.4.1 Modélisation	9
1.4.2 Prédiction de la sortie	10
1.4.3 Résolution itérative de l'équation Diophantine	11
1.4.4 Lois de commande prédictive	12
1.4.5 Critère de commande	13
1.4.5 Détermination du prédicteur à J-pas	13
1.4.7 Introduction des horizons N_1, N_2, N_U	16
1.5 Structure de réglage RST	16
1.6 Résultats de simulation	17
1.6.1 Etude d'un système stable en boucle ouverte	18
1.6.2 Etude d'un système à phase non-minimale	24
1.6.3 Etude d'un système instable en boucle ouverte	27
1.6.4 Etude d'un système instable et à phase non-minimale	29
1.6.5 Influence de la sortie à une perturbation en régime établi..	32
1.7 Synthèse et discussion	35
Conclusion	37

Chapitre 2

Extension de la commande prédictive généralisée.

Introduction	38
2.1 Critère de commande	39
2.2 Sortie auxiliaire	39
2.3 Calcul du prédicteur	39
2.4 Filtrage de la sortie et de la commande	40
2.5 Mise sous forme matricielle du prédicteur	41
2.6 Détermination du régulateur RST	42
2.7 Equivalence entre la GPC et la GMV	43
2.8 Résultats de simulation	44
2.8.1 Modèle de perturbation	51
2.8.2 Influence du retard et de la surparamétrisation sur la GPC ..	53
conclusion	56