



UNIVERSITE DE BATNA
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE



Mémoire

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER EN
ELECTRONIQUE
Option : Robotique

Thème

*Commande non linéaire d'un bras
manipulateur*

Etudié par :

M^{elle} AZOUI NAWAL

(Ingénieur d'état en électronique)

Jury :

R. ABDESSEMED	(Prof)	Université de Batna	Président
L. SAIDI	(M.C)	Université de Batna	Rapporteur
Y.ABDESSEMED	(M.C)	Université de Batna	Examineur
K. CHAFAA	(M.C)	Université de Biskra	Examineur

2008/2009

إهداء

أهدي هذا العمل المتواضع إلى :
روح والدي رحمه الله وإلى أمي أطال الله في عمرها وإلى إخوتي.

Remerciements

Ce travail a été effectué sous la direction de Monsieur Lamir Saidi, Maître de Conférences au département d'électronique de l'université de Batna. Je le remercie très sincèrement pour la confiance qu'il m'a accordée en m'associant aux groupes d'étudiants qui a suivi leurs encadrement avec bienveillance, pour son soutien ainsi que la confiance qu'il a manifesté à mon égard, et pour la patience inouïe qu'il m'a témoignée tout au long de l'élaboration de ce travail. Nos discussions stimulantes ont beaucoup contribué à la clarification des notions ainsi qu'à la bonne présentation de ce mémoire. Qu'il reçoive l'expression de ma très grande reconnaissance.

Je remercie très sincèrement Monsieur Rachid Abdessemed, Professeur au département d'électrotechnique de l'université de Batna, d'avoir accepté la présidence du jury.

Je suis très reconnaissante à Monsieur Yassine Abdessamed, Maître de Conférences au département d'électronique de l'université de Batna, d'avoir accepté d'examiner mon mémoire avec attention et rigueur, et dont la participation à la soutenance en tant que membre invité m'honore beaucoup. Qu'il soit chaleureusement remercié pour son enthousiasme, ainsi que pour sa bonne humeur toute méridionale.

Je suis très sensible au fait que monsieur Khireddine Chafaa, Maître de Conférences au département d'automatique de l'université de Biskra, soit associé pour sa compétence à ce jury.

Enfin dans le souci de n'oublier personne, que tous ceux qui m'ont aidée, de près ou de loin, que se soit par leur amitié, leurs conseils ou leur soutien moral et matériel trouvent dans ces quelques aimables et sincères mots l'expression de ma profonde gratitude.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE	01
CHAPITRE I	MODÉLISATION
I.1. Introduction.....	04
I.2. Structure mécanique et géométrique des robots.....	04
I.2.1 Structure mécanique	04
I.2.2. Structure géométrique.....	06
I.3. Modèle géométrique.....	08
I.3.1. Modèle géométrique direct.....	08
I.3.2. Modèle géométrique inverse	08
I.4. Modèle cinématique	09
I.4.1. Modèle cinématique direct	09
I.4.2. Modèle cinématique inverse.....	10
I.4.2.1. Méthodes d'optimisation cinématique	10
I.4.2.2. Méthodes d'optimisation dynamique	11
I.5. Modèle dynamique	13
I.5.1. Modèle dynamique inverse	13
I.5.1.1. Formalisme de Lagrange.....	13
I.5.1.2. Formalisme de Newton-Euler	16
I.5.2. Modèle dynamique direct	20
I.5.3. Comparaison entre les deux formalismes	20
I.6. Paramétrisation du modèle dynamique	21
I.7. Modélisation des actionneurs du robot	22
I.8. Conclusion	25

CHAPITRE II COMMANDE PAR BACKSTEPPING

II.1 Introduction.....	26
II.2 Notions de bases	26
II.2.1 Système non linéaires	27
II.2.2 Equilibre	27
II.2.3 Plan de phase	28
II.2.4 Stabilité	28
II.3 Methodes de lyapunov.....	30
II.3.1 Première méthode de Lyapunov	30
II.3.2 Deuxième méthode de Lyapunov.....	31
Théorème II.1 (Stabilité asymptotique)	31
Théorème II.2 (Instabilité).....	31
Théorème II.3 (Stabilité simple)	32
II.4 Commande par backstepping	33
II.4.1 Introduction au backstepping	33
II.4.2 Design d'une loi de commande par backstepping	34
II.4.2.1 Approche non adaptative	34
II.4.2.2 Approche adaptative	47
II.4.2.3 Généralité.....	58
II.5 Commande backstepping d'un bras manipulateur à 2DDI.....	61
II.5.1 Modèle dynamique	61
II.5.2 Représentation d'état	62
II.5.3 Description de la méthode.....	64
II.5.4 Résultats de simulation	68
II.6 Application de la commande backstepping adaptative sur un robot à couple électrique	74
II.6.1 Les équations dynamiques de robot	74
II.6.2 Représentation d'état	75
II.6.3 Dérivation de la loi de commande avec le suivi de la trajectoire.....	76
II.6.4 Applications de la loi de commande de backstepping sur le suivi de la trajectoire	79

II.6.4.1 Loi de backstepping adaptative appliqué au suivi de la trajectoire	80
II.6.5 Système en boucle fermé	84
II.6.6 Résultat de simulation	85
II.7 Conclusion	88

CHAPITRE III COMMANDE ADAPTATIVE DES SYSTEMES NON LINEAIRES «BACKSTEPPING» AVEC OBSERVATEUR

III.1 Introduction.....	88
III.2 Commande adaptative avec observateur	89
III.2.1 Développement théorique d'un exemple du deuxième ordre	92
III.3 Exemple d'un bras manipulateur à un seul degré de liberté	102
III.3.1 Développement et procédure de la commande.....	103
III.3.2 Simulation et résultats.....	109
III.4 Application de la commande adaptative Backstepping avec observateur sur un robot manipulateur à deux degrés de liberté.....	114
III.4.1 Modèle et propriétés	115
III.4.2 Observateur backstepping	116
III.4.3 Etude de stabilité.....	119
III.4.4 Simulation et résultats.....	121
III.5 Commande adaptative Backstepping avec observateur d'un robot manipulateur à couple électrique	125
III.5.1 Modèle et propriétés	125
III.5.2 Observateur backstepping	127
III.5.3 Simulation et résultats.....	130
III.6 Conclusion.....	136

CHAPITRE IV COMMANDE PASSIVE

IV.1 Introduction générale.....	137
IV.2 Principe de la passivité	138
IV.2.1 Notion intuitive	138

IV.2.2 Exemple de système statique passif.....	139
IV.2.3 Système statique passif.....	140
IV.2.4 Exemple de système dynamique passif.....	140
IV.2.5 Définition différentielle de la passivité.....	142
IV.2.6 Propriétés.....	143
IV.3 Commande basée sur le principe de passivité.....	146
IV.3.1 Théorème général.....	147
IV.3.2 Version non adaptative.....	148
IV.3.3 Versions adaptatives.....	149
IV.4 Commande adaptative d'un bras manipulateur basé sur la passivité.....	153
IV.4.1 Problématique.....	153
IV.4.2 commande adaptative d'un bras manipulateur.....	154
IV.4.3 Résultats de simulation.....	156
IV.5 Amélioration de la commande passive de bras manipulateurs....	159
IV.5.1 Equation générale de bras manipulateur.....	159
IV.5.2 Loi de commande passive.....	160
IV.5.3 Résultats de simulation.....	161
IV.6 Commande adaptative basée sur la passivité d'un bras manipulateur à couple électrique.....	164
IV.6.1 Représentation d'état.....	165
IV.6.2 loi de commande passive.....	166
IV.6.3 Loi d'adaptation.....	167
IV.6.4 Résultats de simulation.....	167
IV.7 Conclusion.....	173

CHAPITRE V COMBINAISON DE LA COMMANDE PASSIVE ET DE BACKSTEPPING POUR LES ROBOTS MANIPULATEURS

V.1 Modèle dynamique du robot.....	174
V.2 Dérivation de la loi de commande.....	175

V.2.1 Commande adaptative de suivi de la trajectoire	178
V.2.2 Loi d'adaptation	180
V.3 Résultats de simulation	183
V.4 amélioration des résultats.....	188
V.5 Conclusion	195

CONCLUSION GENERALE	196
----------------------------------	------------

REFERENCES

ANNEXES