

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

DER- Génie Electrique & Informatique
Département d'Automatique

THESE de Magister en Automatique

THEME

Etude et Développement de Méthodes de Commande
Adaptative Centralisée et Décentralisée en Utilisant
Différents Types de Réseaux de Neurones Artificiels :
Application au Robot PUMA 560

Présentée Par: **Omar BOUHALI**
Ingénieur d'Etat en Automatique de l' E.N.P.

Soutenue le 19 octobre 1998 devant le Jury composé de :

Président	N. LOUAM	Maître de Conférence à L'ENP
Rapporteur	D. BOUKHETALA	Chargé de Cours à L'ENP
Rapporteur	F. BOUDJEMA	Maître de Conférence à L'ENP
Examinateur	M. S. BOUCHERIT	Maître de Conférence à L'ENP
Examinateur	H. CHEKIREB	Chargé de Cours à L'ENP
Examinateur	M. TADJINE	Docteur à L'ENP

Octobre -1998

ملخص :

يهدف هذا العمل إلى إستعراض كيفية إستعمال الخلايا العصبونية الإصطناعية كوسيلة لحل بعض المشاكل المتعلقة بالتحكم الآلي المركزي و اللامركزي التلاؤمي في الأذرع الآلية. هدف هذا التحكم هو جعل هذه الأخيرة تتبع مسارات مرجعية بدقة. في البداية، قدمنا لمحة عن بعض المفاهيم الأساسية و التطورات الحديثة للخلايا العصبونية الإصطناعية. في ما بعد، قدمنا طرقا للتحكم الآلي المركزي التلاؤمي المباشر و غير المباشر بالخلايا العصبونية، ثم قدمنا إمتداد هذه الطرق إلى التحكم اللامركزي. كل تقنيات التحكم المذكورة طبقت على ذراع آلي من نوع PUMA 560. نتائج المحاكاة العددية المتحصل عليها سمحت بتقييم مدى فعالة كل طرق التحكم المقترحة.

كلمات مفتاحية : الخلايا العصبونية الإصطناعية, تحكم تلاؤمي, تحكم لا مركزي, أذرع آلية.

Abstract :

This work deals with structures and learning methods for Artificial Neural Networks (ANN) in centralized and decentralized adaptive control for robot manipulators. Fundamentals and advanced developments in neural network for modelling and control are firstly studied. These ANN are used in a centralized direct and indirect adaptive control schemes for robotic manipulators. Extension of these methods to the decentralised case is given. The developed algorithms are applied to the PUMA 560 robot manipulator and simulation results are given to highlight the performances and the robustness of these proposed schemes.

Key words : neural networks, adaptive control, centralized control, decentralized control, robotic manipulators.

Résumé:

L'objectif de ce travail est d'étudier des stratégies de commande adaptatives par différents types de réseaux de neurones artificiels appliqués aux problèmes de poursuite de trajectoire des robots manipulateurs. En premier lieu, nous avons présenté les notions fondamentales et les développements récents des réseaux de neurones utilisés dans la modélisation et la commande des processus. Ensuite, nous avons étudié et proposé des structures de commande neuronale adaptative, à savoir la commande adaptative centralisée directe et indirecte par différents types de Réseaux de Neurones Artificiels (RNA). Une extension de tous ces schémas au cas décentralisé a été également donnée. Les techniques de commande sont ensuite appliquées à la commande en poursuite de trajectoire de référence d'un robot manipulateur de type PUMA560. Les résultats de simulation obtenus ont permis l'évaluation des performances de chaque technique.

<i>Introduction Générale</i>	1
------------------------------------	---

Chapitre I Commande Adaptative Centralisée Directe Par RNA

I.1	Introduction.....	3
I.2	Commande Adaptative Centralisée Directe par RNA.....	4
I.3	Commande Prédictive Adaptative Directe par RNA	5
I.4	Commande Adaptative Directe par RBFG.....	21
I.4.1	RBFG à Centres Fixes.....	21
I.4.1.a)	Cas SISO : Appliquée à un Pendule	21
I.4.1.b)	Cas MIMO	29
I.4.2	RBFG à Centres Adaptatifs	33
I.5	Commande Prédictive Adaptative Directe par RBFG	37
I.5.1	RBFG à Centres Fixes.....	37
I.5.2	RBFG à Centres Adaptatifs	42
I.6	Commande Adaptative Directe par RNA Récurrents	45
I.7	Commande Prédictive Adaptative Directe par RNA Récurrents.....	49
I.8	Conclusion	52

Chapitre II Commande Adaptative Décentralisée Directe Par RNA

II.1	Introduction	53
II.2	Commande Adaptative Décentralisée Directe par RNA Statique	53
II.3	Commande Prédictive Adaptative Décentralisée Directe par RNA Statique.....	64
II.4	Commande Adaptative Décentralisée Directe par RBFG.....	68
II.4.1	RBFG à Centres Fixes	68
II.4.2	RBFG à Centres Adaptatifs.....	72
II.5	Commande Prédictive Adaptative Décentralisée Directe par RBFG	75
II.5.1	RBFG à Centres Fixes	75
II.5.2	RBFG à Centres Adaptatifs.....	78
II.6	Commande Adaptative Décentralisée Directe par RNA Récurrents	81
II.7	Commande Prédictive Adaptative Décentralisée Directe par RNA Récurrents	81
II.8	Conclusion.....	86

Chapitre III Commande Adaptative Décentralisée par RNA Basée sur la Méthode du Couple Calculé

III.1	Introduction.....	87
III-2	Méthode du Couple Calculé.....	87
III.3	Commande Neuronale Adaptative.....	89
III.4	Commande Adaptative Décentralisée par RNA Statique.....	89
III.5	Commande Adaptative Décentralisée par RBFQ.....	95
	II.5.1 RBFQ à Centres Fixes.....	95
	II.5.2 RBFQ à Centres Adaptatifs.....	98
III.6	Commande Adaptative Décentralisée par RNA Récurrents.....	101
III.7	Conclusion.....	104

Chapitre IV Commande Adaptative Indirecte Décentralisée Par RNA

IV.1	Introduction.....	105
IV.2	Commande Adaptative Indirecte Décentralisée par RNA Statique.....	105
IV.3	Commande Adaptative Indirecte Décentralisée par RBFQ.....	112
	IV.3.1 RBFQ à Centres Fixes.....	112
	IV.3.2 RBFQ à Centres Adaptatifs.....	115
IV.4	Commande Adaptative Indirecte Décentralisée par RNA Récurrents.....	118
IV.7	Conclusion.....	121

<i>Conclusion Générale</i>	122
----------------------------------	-----

<i>Annexe</i>	125
---------------------	-----

<i>Références Bibliographiques</i>	128
--	-----