

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



Université M'hamed Bouguerra
Boumerdès

Faculté des Hydrocarbures et de la
chimie



Laboratoire de Recherche automatique appliquée

Mémoire
Présenté pour l'obtention du titre de
Magister en Génie Electrique
Option : Automatisation des procédés industriels et traitement du signal.

Par : Mr. LALI Smail

THEME

SYNTHESE D'UN REGULATEUR ADAPTATIF AVEC MODELE DE
REFERENCE : APPLICATION SUR UNE COLONNE

Membres du Jury :

Président :	Mr. OUAHDI DRIS	Pr	Université de Boumerdès
Rapporteur :	Mr. MEGLOULI HOCINE	M.C/A	Université de Boumerdès
Examinatrice :	Mme. ACHELI DALILA	M.C/A	Université de Boumerdès
Examineur :	Mr. KIDOUCHE MADJID	M.C/A	Université de Boumerdès
Examineur :	Mr. LACHOURI ABDEREZAK	M.C/A	Université de Skikda

Boumerdès 2009

REMERCIEMENTS

Ce travail a été effectué au sein du Laboratoire d'Automatique Appliquée de la Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie de l'Université de Boumerdès sous la direction de Monsieur **H. MEGLOULI** maître de conférences à l'Université de Boumerdès.

Je tiens à lui exprimer ma gratitude et mes remerciements pour l'aide qu'il m'a apportée par ses conseils éclairés tout au long de ce travail qu'il soit assuré de ma sincère reconnaissance. Je tiens aussi à lui exprimer ma gratitude pour m'avoir orienter dans cet axe de recherche en me proposant ce pertinent sujet.

Je tiens à remercier Monsieur **D.OUAHDI**, Professeur à l'Université de Boumerdès, pour l'honneur qu'il me fait en présidant le jury.

Que Monsieur **M. KIDOUUCHE**, Maître de Conférences à l'Université de Boumerdes, et à Madame **D.ACHELI**, Maître de Conférences à l'Université de Boumerdès, ainsi que Monsieur **LACHOURIA**, Maître de Conférences à l'Université de Skikda, veuillent trouver ici l'assurance de ma sincère reconnaissance pour avoir accepté de faire partie du jury.

J'exprime ma reconnaissance à : Melle **L.OUABDESSELAM**, bibliothécaire au niveau de la bibliothèque centrale de l'Université de Boumerdès. Je la remercie.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de pré ou de loin pour la réalisation de ce mémoire et qui m'ont aidé et soutenu au long de mes études. J'exprime ma reconnaissance.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents

Inas et Abdou

Toute ma famille

Tous mes amis (es)

Ma promotion de Magister

Avec laquelle je vais partager ma vie

Synthèse d'un régulateur adaptatif avec modèle de référence application sur une colonne

RESUME :

Ce mémoire présente une synthèse d'un régulateur adaptatif à modèle de référence avec son application sur une colonne. La première partie présente les différentes méthodes de synthèse de la commande adaptative, on distingue deux grandes parties : la commande adaptative indirecte et directe. Pour les méthodes de synthèses, on trouve la méthode de régulation du gain, commande adaptative avec modèle de référence, commande auto-ajustable (Self Tuning Regulator (STR)) et la méthode de placement de pôles. Dans la partie suivante, une synthèse d'un régulateur adaptative avec modèle de référence est faite par différentes méthodes.

Une extension aux systèmes multivariables fait l'objet de la troisième partie, pour les systèmes multivariables une décentralisation du problème initiale s'impose est devient extrêmement importante puisque la commande centralisée demande beaucoup d'informations et de calcul. Cette partie nous permet de présenter une extension des algorithmes de synthèse des systèmes adaptatifs avec modèle de référence monovariables aux systèmes multivariables (système de grande dimension), par décomposition en sous-systèmes et décentralisation de la loi de commande, en utilisant la théorie de l'hyperstabilité. Nous avons établi une loi d'ajustement des éléments H (matrice d'interconnexion), tout en fixant dans le modèle de référence les valeurs désirées de H_{ij} satisfaisant la "condition d'interconnexion".

La quatrième partie englobe des généralités sur les colonnes, la modélisation de la colonne de distillation ainsi l'application de la commande adaptative avec modèle de référence fait l'objet de la dernière partie de ce mémoire où les résultats de la simulation sont donnés.

MOTS CLES : Commande adaptative, Modèle de référence, Colonne de distillation

Abstract:

This thesis describes a study of model reference adaptive controller with application on distillation column. The first part presents several methods used for studying adaptive control; this later is divided into two parties: the direct and the indirect one. Concerning the studying methods, we have gain determination method, model reference adaptive control, Self tuning regulator (STR) and pole placement method. In the second part, the study of model reference adaptive control is done by several methods.

The object of the third part is an extension of the multivariable systems, for the multivariable systems a decentralization of the initial problem must be done and it became extremely important since the centralized command needs many information and calculations. This party of the memory allows us to present an extension of the algorithms syntheses of the monovariable model reference adaptive systems for the multivariable, with decomposition into subsystems and decentralization of the command law, by using the hyperstability theory. Establishing a law for the adjustment of elements H (interconnection matrix), while setting in the reference model of the designed values of H_{ij} that satisfying the requirement of interconnection.

The 4th party, involves general ideas about column and modeling of distillation column. And our last party applies model reference adaptive control where simulation results are given.

Keywords: Adaptive Control, Reference Model, Distillation Column.

ملخص: هذه المذكرة تشمل منظم التكيف بنموذج مرجعي و تطبيقه على عمود . حيث يقدم الجزء الأول مختلف طرق تأليف قيادة التكيف ونفرق بين جزئين كبيرين من قيادة التكيف : قيادة التكيف الغير مباشرة و المباشرة. بالنسبة لطرق التأليف نجد طريقة تنظيم الاكتساب ، القيادة التكيف ذات النموذج المرجعي ، التضييبيط الذاتي (التضييبيط الذاتي المنظم " STR ") و طريقة وضع الاتجاه "الوبول" ثم وفي الجزء التالي نرى تأليف منظم التكيف بالنموذج المرجعي مصنوع بمختلف الطرق .

تمديد النظم ذات متغيرات متعدّدة هو موضوع الجزء الثالث. فبالنسبة للنظم ذات متغيرات متعدّدة، يتوجب اللامركزية الأولية للمشكلة و يصبح بذلك بغاية الأهمية، بما أن القيادة المركزية تتطلب معلومات كثيرة و حسابات. هذا الجزء يسمح لنا بتقديم تمديد خوارزميات التأليف للنظم الملائمة للنموذج المرجعي ذات متغير واحد ، لنظم ذات متغيرات عديدة (نظام ذات أبعاد كبيرة) . بتحليل فرعي و لامركزية قانون القيادة ، باستعمال نظرية الاستقرار المفرط. أنشانا قانون تسوية العناصر " H " (مصفوفة الترابط) مع تثبيت في النموذج المرجعي القيم المرغوبة " H " تغطي "حالة الترابط" .

و أما الجزء الرابع فيضم عموميات حول الأعمدة و نموذج عمود الاستخلاص . هكذا يعدّ تطبيق قيادة التكيف بالنموذج المرجعي موضوع الجزء الأخير في هذه المذكرة أين ستعطي نتائج المحاكاة.

كلمات المفتاح

قيادة التكيف : La commande adaptative

النموذج المرجعي : Modèle de référence

Sommaire

Resumé	1
Listes des figures	1
Notation	1

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

Chapitre I Généralités sur la commande adaptative

I.1 Introduction	4
• Commande adaptative indirecte.....	4
• Commande adaptative directe.....	5
I.2 Méthodes en commande adaptative.....	6
I.2.1 Méthode de régulation du gain	6
I.2.2 La commande adaptative avec modèle de référence	7
I.2.3 La commande auto-ajustable	8
I.2.3.1 La commande auto-ajustable indirect.....	8
I.2.3.2 La commande auto-ajustable direct.....	10
I.2.4 Méthode de placement de pôles.....	11
Conclusion	15

Chapitre II Synthèse d'un système adaptatif à modèle de référence

II.1 Introduction	16
II.2 Théories et méthodes de synthèse	19
II.2.1 Méthodes basées sur la théorie de l'optimisation paramétrique	19
II.2.2 Méthodes basées sur la théorie de la commande optimale.....	21
II.2.3 Méthodes basées sur la théories de stabilité.....	23
II.2.3.1 Définition.....	23
a. Cas idéal	23
b. Cas réel.....	23
II.2.3.2 Synthèse par la seconde méthode de LYAPUNOV.....	23
II.2.3.3 Synthèse par la théorie de l'Hyperstabilité	24
a. Théorie d'hyperstabilité des systèmes à contre réaction.....	25
b. Théorème de synthèse des systèmes adaptatifs à modèle de	
référence.....	26
. Théorème.....	26
II.2.4 Méthodes fondées sur la théorie de l'estimation.....	27
II.3 Domaine d'application des systèmes adaptatifs à modèle de référence.....	28
II.3.1 Identification des processus à l'aide d'un modèle ajustable.....	28
II.3.1.1 Identification des systèmes continus.....	28
II.3.1.2 Identification des systèmes discret.....	29
a. Identification asymptotiquement stable dans le cas monovariante....	29
. Théorème 1.....	30
. Théorème 2.....	30
b. Identification de système multivariable.....	31
. Théorème 3.....	32
c. Calcul des coefficients C_i de la matrice C	33

II.3.2 Problème de la commande dans les systèmes adaptatifs avec modèle de référence.....	33
II.3.2.1 Commande direct.....	33
a. Stabilité asymptotique.....	34
b. Commande adaptative à erreur bornée.....	34
II.3.2.2 Commande indirect.....	35
Conclusion.....	37

Chapitre III Extension aux systèmes multi variables

III.1 Introduction	38
III.2 Algorithme adaptatif stable pour la commande des systèmes décentralisées	38
III.2.1 Introduction.....	38
III.2.2 La loi de commande.....	39
III.2.3 Théorème.....	41
III.3 Synthèse de la loi de commande adaptative décentralisée par la seconde méthode de Lyapunov.....	41
III.3.1 Condition d'interconnexion	42
III.3.2 Théorème.....	43
III.3.3 Condition d'interconnexion de SUNDARESHAN.....	44
III.4 Algorithme décentralisé adaptatif pour la commande et l'identification des systèmes adaptatifs avec modèle de référence par la méthode de l'hyperstabilité -cas de deux sous systèmes interconnectés multi-variables	44
III.4.1 Position du problème.....	44
III.4.2 Synthèse de la loi d'adaptation.....	45
III.4.3 Hyperstabilité du système globale.....	47
. Théorème de la condition d'interconnexion - cas multivariable.....	49
III.5 Généralisation de la condition d'interconnexion.....	49
III.5.1 Introduction.....	49
III.5.2 Position du problème.....	50
III.5.3 Théorème générale.....	50
III.6 Ajustement des paramètres d'interconnexion.....	52
III.6.1 Introduction.....	52
III.6.2 Loi d'ajustement des paramètres d'interconnexion.....	52
III.6.2.1 Mise en équation.....	52
III.6.2.2 Théorème.....	53
III.6.2.3 Avantage de l'algorithme d'ajustement des paramètres	
d'interconnexion.....	54
III.6.2.4 Intérêt pratique de l'algorithme.....	54
Conclusion.....	55

Chapitre IV Généralités sur les colonnes

IV.1 Introduction.....	56
IV.2 Différents type de colonnes.....	56
IV.2.1 Le type selon la constitution de la colonne.....	56
IV.2.1.1 La colonne à plateaux.....	56
IV.2.1.2 La colonne garnie.....	58
IV.2.1.3 Colonnes pilotes.....	60

BIBLIOTHEQUE DU CERIST

IV.2.2 Le type selon le domaine d'utilisation	61
IV.2.2.1 Colonne de distillation.....	61
IV.2.2.2 Colonne de rectification.....	63
IV.2.2.3 Colonne d'extraction.....	65
Conclusion	66
 Chapitre V Application de MRAC sur une colonne de distillation	
V.1.Introduction.....	67
V.2 Présentation de la colonne de distillation.....	67
V.3 Modélisation de la colonne de distillation.....	69
V.4 Commande adaptative avec modèle de référence de la colonne.....	75
Interprétation des résultats	85
 Conclusion générale.....	 86
Annexes	88
Référence bibliographique.....	94