

**THESE**

Présentée au

**CENTRE DE DEVELOPPEMENT DES TECHNOLOGIES AVANCEES**

Pour l'obtention du grade de

**MAGISTER EN CYBERNETIQUE**

( Option : Architecture des systèmes)

**ETUDE ET EVALUATION D'ALGORITHMES  
DE CONTROLE DISTRIBUE :  
ELECTION**

Par:

*Melle Taboudjemat Nadia*

Soutenue le 25 Mai 1992 Devant le jury Composé de

<i>Mr H. Khelalfa</i> _____	<i>Président</i>
<i>Mr M. Benhamadi</i> _____	<i>Examineur</i>
<i>Mr M. Benmihoub</i> _____	<i>Examineur</i>
<i>Mr S. Lezzar</i> _____	<i>Examineur</i>
<i>Mr N. Badache</i> _____	<i>Rapporteur</i>

A toute ma famille,  
et tous mes amis.

## Remerciements

-----

Je remercie **très** sincèrement:

**Mr. H. KHELALFA**, chef du laboratoire de recherche et de développement en **informatique(LRDI-CERIST)**, qui **me** fait l'honneur de presider le **jury** de cette these.

**Mr. M. BENHAMADI**, Directeur du CERIST, pour avoir mis a ma disposition les moyens necessaires a la bonne **marche** de mon travail, pour la confiance qu'il m'a **témoignée**, et sa participation **au jury**.

**Mr. M. BENMIHOUB**, charge de recherche au laboratoire intelligence artificielle **au** CDTA, **Mr. S. LEZZAR**, chef du laboratoire de genie logiciel **au** CDTA, qui ont **accepté** de participer **au jury** de cette these.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à **Mr. N. BADACHE**, charge de cours à l'**USTHB** qui m'a été d'une aide precieuse en dirigeant mon travail.

Je remercie l'ensemble du personnel du CERIST pour leur aide et sympathie.

Que **tous ceux** qui m'ont **soutenuet** encouragée trouvent ici l'**assurance** de mes remerciements **sincères** et amicaux.

## RESUME

La nature **complexe** des algorithmes distribués engendre, dans certains cas, une discordance entre les résultats théoriques et les résultats pratiques. Parfois des mises en **oeuvres (même simulées)** permettent de déceler des comportements inattendus, voire incorrects.

Cette thèse est consacrée à l'étude des algorithmes d'élection. Le **problème** est, en effet, fondamental dans le calcul distribué. Les applications qui utilisent ce mécanisme **sont nombreuses** et variées.

Le **but** de cette thèse a été de faire un inventaire de ces algorithmes, en les répartissant par classes en fonction de la topologie du **réseau**. Leur spécification en **Estelle**, leur évaluation en utilisant le logiciel Echidna et l'analyse de **leurs performances** ont conduit **aux résultats** suivants:

- confirmer des comportements prévus par la théorie,
- **infirmer** certaines prévisions théoriques,
- déceler des erreurs dans certains algorithmes et proposer **une solution**,
- proposer une classification des algorithmes **évalués** en fonction de leurs **performances**,
- **enfin**, cette étude a permis de mettre en évidence **les** mécanismes **utilisés** dans la conception d'algorithmes d'élection. **Elle** pourrait aider à asseoir une méthodologie de construction d'algorithmes distribués d'élection.

Mots **clés**: Algorithmes distribués - Election - Simulation - Evaluation - Analyse - Complexité - Performance - Conception d'algorithmes distribués.

## ABSTRACT

**Because** of their complexity, distributed algorithms generate in **some** cases, conflicts or differences **between theoretical** and practical results. Implementation of this **type** of algorithms may produce unexpected behaviour.

This thesis is devoted to study election algorithms. The **problem** is fundamental and very elemental in distributed computing. **Our** aim is to make an inventory of the algorithms, divide **them by classes** according to the network topology. The algorithms are specified in Estelle and evaluated under Echidna. The analysis **results are**:

- confirmation of expected **behaviours**,
- invalidation of **theoretical results**,
- detection of errors,
- classification of the algorithms,
- and at last, this **work** brings out the mechanisms and the **techniques** used to design election algorithms. It may **be** helpful for establishing a building methodology of leader finding solutions.

Key words: Distributed algorithms - Election - Simulation - Evaluation - Analysis - Complexity - Performance - Distributed algorithms design.

ملخص:

ان الطبيعة المعقدة للخوارزميات الموزعة تؤدي في بعض الحالات الى عدم التنسيق بين النتائج النظرية والنتائج التطبيقية . ففي بعض الاحيان يعطي تحقيق هذه الخوارزميات نتائج غير منتظرة أو غير صحيحة. و نظرا لأهمية الخوارزميات الإلتحائية في الحساب الموزع واستعمالها في تطبيقات عديدة و متنوعة خصصت هذه الأطروحة لدراستها.

وتهدف الدراسة إلى جمع هذه الخوارزميات و تصنيفها الى أقسام حسب شكل الشبكة. وبعد ترجمتها الى لغة برمجة الخوارزميات المتوازية ESTELLE و تقييمها عن طريق البرمجة ECHIDNA، ثم تحليل مدى فعاليتها، تم التوصل إلى النتائج التالية:

- ايجاد نتائج غير معارضة للتنبؤات النظرية،
- تنفيذ بعض هذه النتائج،
- الكشف عن بعض الاخطا في هذه الخوارزميات و اقتراح حلول لها،
- اقتراح تصنيف الخوارزميات التي تم تقييمها حسب فعاليتها،
- وأخيرا، سحت هذه الدراسة بإبراز الميكانيزمات المستعملة لإنشاء الخوارزميات الإلتحائية وقد يساعد ذلك على إقامة منهجية لتصميم هذه الخوارزميات.

الكلمات الدالة :

الخوارزميات الموزعة - انتخاب - تقييم - تحليل - تعقيد - فعالية - تصميم الخوارزميات الموزعة.

## S O M M A I R E

INTRODUCTION . . . . .	1
CHAPTER 1: NOTIONS FONDAMENTALES DE L'ALGORITHMIQUE DISTRIBUEE	
I    CONTRAINTES DE LA DISTRIBUTION	
1  Absence De <b>Mémoire</b> Commune . . . . .	3
2  Absence De <b>Référentiel</b> Temporel <b>Global</b> . . . . .	3
3  Non Fiabilité De L'environnement D'exécution . . . . .	4
II  QUELQUES CONCEPTS DE BASE DE L'ALGORITHMIQUE DISTRIBUEE	
1  Le <b>Jeton</b> Circulant . . . . .	4
2  L'estampillage . . . . .	4
3  Le <b>Calcul</b> Diffusant . . . . .	4
4  Le Transfert De Connaissances . . . . .	5
III LES QUALITES D'UN ALGORITHME DISTRIBUE	
1  Hypothèses <b>Sur</b> Le <b>Réseau</b> De Communication . . . . .	5
2  Degré De Répartition Isymétrie De L'algorithme . . . . .	6
3  Résistance Aux <b>Pannes</b> . . . . .	6
4 <b>Etat Global</b> Ou Local . . . . .	6
5  Complexité En <b>Trafic</b> Et En Temps . . . . .	7
IV  LES ALGORITHMES D'ELECTION . . . . .	7
CHAPTER 2: EVALUATION SOUS ECHIDNA	
I    MOTIVATIONS ET OBJECTIFS . . . . .	10
II  LES OUTILS D'EVALUATION	
1  Le Logiciel	
1.1 Langage de spécification Estelle . . . . .	11
1.2 Présentation d' <b>Echidna</b> . . . . .	17
2  Le Matériel . . . . .	18
III MISE EN OEUVRE DE LA SIMULATION SOUS ECHIDNA	
1  Le Modèle D'élection . . . . .	19
2  Les Critères D'évaluation . . . . .	19
3  Le Modèle Estelle Implémenté Sous Echidna . . . . .	19
4  La Simulation Sous <b>Echidna</b> . . . . .	20
5  Collecte Des Informations <b>De Mesure</b> . . . . .	21
a) Évaluation du temps . . . . .	21
b) Le principe d'évaluation: . . . . .	23

CHAPTER 3: ETUDE DES ALGORITHMES D'ELECTION

I	DEFINITIONS ET TERMINOLOGIE . . . . .	25
II	LANGAGE DE DESCRIPTION ET QUELQUES NOTATIONS . . . . .	26
III	PRESENTATION D'UN ECHANTILLON D'ALGORITHMES	
1	ALGORITHMES D'ELECTION POUR TOPOLOGIE EN ANNEAU	
1.1	Introduction . . . . .	27
1.2	Hypotheses . . . . .	28
1.3	Algorithme De Chang Et Roberts . . . . .	28
1.4	Algorithme De Dolev, Klawe Et Rodeh . . . . .	30
1.5	Algorithme De Hirshberg Et Sinclair . . . . .	32
1.6	<b>Algorithme_P</b> De Korach, Rotem Et Santoro . . . . .	34
1.7	Algorithme De <b>Fredreickson</b> Et Lynch Pour Un Reseau <b>Synchrone</b> . . . . .	35
1.8	Algorithme De Spirakis, Tampakas Et Athanasios	
1.9	Algorithme De <b>Frankin</b> . . . . .	37
1.10	<b>Algorithme_D</b> De Bodlaender Et Van Leeuwen . . . . .	37
1.11	Algorithme De J.Van Leeuwen Et R.B.Tan . . . . .	38
2	ALGORITHMES POUR TOPOLOGIE COMPLETE	
2.1	Introduction . . . . .	38
2.2	Hypotheses . . . . .	39
2.3	Algorithmes De Garcia-Molina	
2.3.1	Principe De L'algorithme Brutal . . . . .	40
2.3.2	Principe De <b>L'algorithme(invitation)</b> . . . . .	40
2.4	Algorithme De Korach, Moran Et Zaks . . . . .	40
2.5	Algorithmes De Afek Et Gafnı	
2.5.1	Principe . . . . .	41
2.5.2	Algorithme A . . . . .	42
2.5.3	Algorithme B . . . . .	44
2.5.4	Algorithme C . . . . .	46
2.6	Algorithme De <b>Loui</b> , Matsushita Et West . . . . .	47
2.7	Algorithme De Attiya, Leeuwen Et Shmuel . . . . .	50
3	ALGORITHMES D'ELECTION POUR TOPOLOGIE QUELCONQUE	
3.1	Introduction . . . . .	50
3.2	Hypotheses. . . . .	51
3.3	Les Sites Sont Dotes D'identites Distinctes	
3.3.1	Algorithme De Helary, Maddi et Raynal (exploration en <b>profondeur</b> ) . . . . .	51
3.3.2	Algorithme De Helary, Maddi et Raynal (exploration en <b>largeur</b> ) . . . . .	55
3.3.3	Algorithme De Sven Skyum . . . . .	57
3.3.4	Algorithme De Lavallee Et Lavault . . . . .	57
3.4	Algorithmes Pour Reseaux Anonymes	
3.4.1	Algorithme De Christian Lavault . . . . .	59
3.4.2	Algorithme De Yossi Et Afek . . . . .	60

IV	TABLEAU RECAPITULATIF		
	1	Hypotheses Sur Le Reseau De Communication . . . . .	62
	2	Hypotheses Sur Le Reseau Des Processus . . . . .	62
	3	<b>Degré De Répartition(ou Symétrie)</b> . . . . .	63
	4	Connaissance De L'état <b>Global</b> Ou Local . . . . .	63
	5	Topologie En Anneau . . . . .	63
	6	Topologie Complete . . . . .	64
	7	Topologie Quelconque . . . . .	64
V	LES TECHNIQUES UTILISEES		
	1	Election quand Les processus sont dotes d'identites distinctes . . . . .	65
	2	Technique <b>d'élection</b> dans <b>les réseaux</b> anonymes . . .	68
CHAPTER 4: EVALUATION ET ANALYSE			
I	EVALUATION DES PERFORMANCES		
	1	Topologie En Anneau	
		1.1 Algorithmes De Chang Et Roberts . . . . .	72
		1.2 Algorithme De Dolev, Klawe Et Rodeh . . . . .	74
		1.3 Algorithme De Hirshberg Et Sinclair . . . . .	75
		1.4 <b>Algorithme_P</b> De Korach, <b>Rotem</b> Et Santoro . . .	77
	2	Topologie Complete	
		2.1 Algorithmes De Afek Et Gafni [AFE 851	
		2.1.1 L'algorithme <b>A</b> . . . . .	<b>80</b>
		2.1.2 L'algorithme B . . . . .	81
		2.1.3 L'algorithme C . . . . .	82
		2.2 Algorithme De <b>Loui</b> , Matsushita Et West . . . . .	83
	3	Topologie Quelconque	
		3.1 Algorithme De Helary, Maddi et Raynal (exploration en <b>profondeur</b> ) . . . . .	84
		3.2 Algorithme De Helary, Maddi et Raynal (exploration en <b>largeur</b> ) . . . . .	88
		3.3 Comparaison Des Deux Explorations ( <b>en</b> profondeur et <b>en</b> largeur)	
		3.3.1 Election Collective . . . . .	<b>91</b>
		3.3.2 Election Individuelle . . . . .	<b>93</b>
II	ETUDE COMPARATIVE		
	1	Topologie En Anneau	
		1.1 Election Collective . . . . .	95
		1.2 Election Individuelle . . . . .	96
	2	Topologie <b>Complete</b>	
		2.1 Election Collective . . . . .	96
		2.2 Election Individuelle . . . . .	97
CONCLUSION . . . . .			<b>115</b>
BIBLIOGRAPHIE			
ANNEXE			