

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

MEMOIRE

Présenté à l'université de BATNA

Faculté des sciences de l'ingénieur - Département d'informatique

Pour l'obtention du diplôme

Magister en informatique

OPTION

INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Par

SAADI LEILA

Thème

**Optimisation MultiObjectifs par Programmation
Génétique**

Soutenue le : 08/07 /2007 Devant le jury composé de

A. ZIDANI	Maître de conférences, Université de Batna	Président
M. BATOUCHE	Professeur, Université de Constantine	Rapporteur
S. CHIKHI	Maître de conférences, Université de Constantine	Examineur
D. E. SAIDOUNI	Maître de conférences, Université de Constantine	Examineur

Table des matières

TABLE DES MATIERES	VI
TABLE DES FIGURES.....	IX
LE RESUME :	XI
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I	5
L'OPTIMISATION MULTIOBJECTIFS.....	5
I. INTRODUCTION :	6
II. DEFINITIONS :	7
II.1 Un problème :	7
II.2 Types des problèmes :	7
III. UN PROBLEME COMBINATOIRE :	8
IV. UN PROBLEME D'OPTIMISATION :	9
IV.1 Définition :	9
IV.1.1 Fonction objective :	11
IV.1.2 Variables de décision :	11
IV.1.3 Minimum global :	11
IV.1.4 Minimum local fort :	11
IV.1.5 Minimum local faible :	12
IV.2 Les variables d'un problème multiobjectifs :	13
IV.2.1 Les variables indépendantes :	13
IV.2.2 Les variables dépendantes :	13
IV.2.3 Les variables d'état :	13
IV.2.4 Les variables opérationnelles :	14
IV.2.5 Les variables de l'environnement :	14
IV.3 La classification des problèmes multiobjectifs :	14
V. LA DOMINANCE :	15
V.1 La dominance au sens de Pareto :	16
V.2 La surface de compromis :	19
V.2.1 Représentation de la surface de compromis :	21
VI. EXEMPLES DE PROBLEMES COMBINATOIRES :	22
VI.1 Le voyageur de commerce :	22
VI.1.1 L'historique :	24
VI.1.2 La complexité :	25
VI.1.3 Intérêt :	26
VI.2 Le sac à dos (knapsack Problem) :	27
VI.2.1 Le problème de sac à dos multiobjectifs multidimensionnel :	27
VI.3 Problème SAT (Problème de satisfaction) :	28
VI.4 Problème de coloration de graphe (graph coloring) :	30
VI.5 Problème de N-Queen :	31
VII. LES METHODES D'OPTIMISATION MULTIOBJECTIFS :	33
VII.1 Schéma de méthodes :	33

VII.2	<i>Les méthodes scalaires :</i>	34
VII.3.1	La méthode de pondération de fonctions objectives :	34
VII.3.2	La méthode de Keeney-Raiffa :	35
VII.3.3	La méthode de la distance à un objectif de référence :	35
VII.3.4	La méthode de compromis :	35
VII.3	<i>Les méthodes interactives :</i>	36
VII.3.1	La méthode de compromis par substitution :	36
VII.3.2	La méthode de Jahn :	36
VII.3.3	La méthode de Geoffrion :	36
VII.3.4	La méthode simplex :	37
VII.4	<i>Les méthodes floues :</i>	39
VII.4.1	La méthode de Sakawa :	39
VII.5	<i>Les méthodes exploitant une métaheuristique :</i>	39
VII.5.1	Qu'est-ce qu'une métaheuristique ?	39
VII.5.2	Généralités :	40
VII.5.3	Le recuit simulé	42
VII.5.4	La Recherche Tabou :	45
VII.5.5	La méthode GRASP:	47
VII.5.6	La méthode de Colonie de Fourmis :	48
VII.5.7	Monté Carlo :	51
VII.5.8	Particle Swarm Optimization « PSO »:	51
VII.5.9	Les algorithmes évolutionnaires :	52
VII.5.10	Les méthodes hybrides :	52
VIII.	CONCLUSION :	54
CHAPITRE II.....		55
LES ALGORITHMES EVOLUTIONNAIRES.....		55
I	INTRODUCTION :	56
II	HISTORIQUE ET DEFINITIONS :	56
II.1	<i>Historique :</i>	56
II.2	<i>Définition :</i>	59
II.2.1	La diversité génétique :	59
II.2.2	Le dilemme exploration - exploitation	60
II.2.3	Principes généraux :	60
III	TYPES D'ALGORITHMES EVOLUTIONNAIRES :	62
III.1	<i>Les algorithmes génétiques :</i>	63
III.1.1	De la génétique à l'algorithmique :	63
III.1.2	Définition :	65
III.1.3	Les éléments des algorithmes génétiques :	65
III.1.4	Les opérateurs d'un algorithme génétique :	71
III.1.5	L'optimisation multiobjectifs et les algorithmes génétiques :	74
III.1.6	Les méthodes non agrégatives :	75
III.1.7	Les méthodes agrégatives :	76
III.2	<i>La programmation évolutionnaire :</i>	84
III.2.1	Le processus :	85
III.3	<i>Les stratégies d'évolution :</i>	86
IV	L'OPTIMISATION MULTI-OBJECTIFS EVOLUTIONNAIRE :	87
IV.1	<i>Maintenir la diversité !</i>	87
IV.1.1	Le sharing :	88
IV.1.2	La réinitialisation :	89
IV.1.3	Le crowding :	89
IV.2	<i>L'élitisme :</i>	90
V	CONCLUSION :	91
CHAPITRE III.....		92
LA PROGRAMMATION GENETIQUE		92

I.	INTRODUCTION :	93
II.	HISTORIQUE :	93
III.	DEFINITION :	94
IV.	CONCEPTS DE BASE DE GP :	95
V.	AUTRES PARAMETRES DE GP :	99
VI.	LA PROGRAMMATION GENETIQUE ET LE PHENOMENE DE BLOATING :	100
VII.	LA PROGRAMMATION GENETIQUE ET LES PROBLEMES COMPLEXES :	103
VIII.	MULTIOBJECTIVE GENETIC PROGRAMMING :	104
IX.	EXEMPLE DE PROBLEME POUR LA PROGRAMMATION GENETIQUE :	105
X.	CONCLUSION :	106
CHAPITRE IV.....		107
OPTIMISATION MULTIOBJECTIFS PAR PROGRAMMATION GENETIQUE.....		107
I.	INTRODUCTION :	108
II.	LA RESOLUTION D'UN PROBLEME D'OPTIMISATION PAR GP :	109
III.1	<i>Le choix de paramètres :</i>	109
II.1.1	Les fonctions.....	110
II.1.2	Les terminaux.....	112
II.1.3	La fonction de fitness (définition de problème).....	112
II.1.4	Le réglage des opérateurs (reproduction, croisement, mutation).....	113
II.1.5	L'initialisation de la population :	114
II.1.6	Les limites de la taille et la profondeur des arbres :	115
II.1.7	Le meilleur individu :	115
II.1.8	Le calcul de la complexité et la diversité :	116
II.1.9	Quels sont les individus qui survivent ?.....	116
II.1.10	La représentation graphique des résultats :	116
III.2	<i>Exemple « TSP » :</i>	117
II.2.1	Remarques sur les résultats :	126
III.	L'OPTIMISATION DE L'ARBRE COMME UN 2 ^{EME} OBJECTIF :	127
III.1	<i>Formulation de problème.....</i>	127
III.2	<i>Les méthodes de résolution de problème du Bloating.....</i>	127
III.2.1	Constant Parsimony Pressure :.....	128
III.2.2	La méthode de deux étapes :.....	129
III.2.3	Adaptive Parsimony Pressure :.....	129
III.3	<i>La définition du bloating comme une 2^{eme} fonction objectif.....</i>	130
III.4	<i>Les frontières de Pareto bi-objectifs.....</i>	131
III.5	<i>L'approche SPEA2.....</i>	132
IV.	APPLICATION DE L'APPROCHE MOGP+SPEA2 :	135
IV.1	<i>Les ressources utilisées :</i>	135
IV.2	<i>Le problème de TSP Bi-objectifs.....</i>	136
IV.3	<i>Le problème de « N-Parity ».....</i>	139
V.	CONCLUSION :	145
CONCLUSION GENERALE :.....		146
BIBLIOGRAPHIE.....		148

Le Résumé :

Les problèmes d'optimisation combinatoire (COP : Combinatorial Optimisation Problems) apparaissent naturellement quand il s'agit de modéliser mathématiquement un problème scientifique ou d'ingénierie. A cause de l'aspect NP-Complexe de ces problèmes, des heuristiques sont utilisées pour atteindre rapidement des solutions sous-optimales. Ces problèmes sont intrinsèquement parallèles avec beaucoup d'aptitudes pour une implémentation hardware. Cependant, les techniques heuristiques existantes sont largement considérées comme inadaptées pour résoudre des problèmes d'optimisation.

En outre, les problèmes du monde réel nécessitent souvent l'optimisation simultanée d'un nombre important d'objectifs concurrents. En général, il n'y a pas de solution unique mais plutôt un ensemble de solutions. Ces dernières sont appelées les solutions optimales de Pareto. Considérons, par exemple, la conception d'un système complexe Hardware/Software. Une conception optimale est une architecture minimisant les coûts et la consommation tout en maximisant les performances du système. Ces différents objectifs sont bien naturellement conflictuels. Un outil permettant d'explorer l'espace de solutions optimales de Pareto serait donc d'une grande utilité pour aboutir à la conception optimale d'un système complexe. Les algorithmes évolutionnaires semblent être une voie très prometteuse.

L'objectif de ce magister est d'appliquer l'un des algorithmes évolutionnaires qui est la programmation génétique aux problèmes d'optimisation multiobjectifs.

Les mots Clé : Optimisation multiobjectifs, Frontières de Pareto, Algorithme évolutionnaire, Programmation génétique, Bloating, SPEA2, TSP.