



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



**UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES**

**Faculté des Sciences de l'Ingénieur**

**Département Génie Mécanique**

**GRUPE MODELISATION EN MECANIQUE ET PRODUCTIQUE – LMMC**

**MAGISTER en GENIE MECANIQUE**

**OPTION : PRODUCTIQUE**

**MEMOIRE**

Présenté par

**M. MERDJAOUI Brahim**

**Optimisation multi-objectif par algorithmes génétiques et  
approche Pareto des paramètres d'usinage sous contraintes des  
limitations de production**

**Soutenu le 14 Octobre 2006 devant le jury suivant :**

<b>Dr. K. MOHAMMEDI</b>	<b>MC UMBB</b>	<b>Président</b>
<b>Dr. I. BELAIDI</b>	<b>CC UMBB</b>	<b>Encadreur</b>
<b>Dr. T. SAIDOUNI</b>	<b>MC EMP</b>	<b>Examineur</b>
<b>Dr. M. S. BOUMEDINE</b>	<b>CC UMBB</b>	<b>Examineur</b>
<b>Dr. S. ADJERID</b>	<b>MC UMBB</b>	<b>Examineur</b>

Année universitaire 2005/2006

## ملخص

تحسين شروط القطع في الصناعة المتسلسلة للمواد الصناعية بحذف المادة، هي مرحلة ضرورية في إطار الأتوماتيكية الكاملة للسلسلة الحركية لإنتاج البضائع المصنعة. لهذا عندنا عدة طرق رياضية للتحسين المتعدد الأهداف، وفي نفس الوقت من هذه الطرق: الخوارزميات الجينية. في إطار هذه الأطروحة، نقدم تطوير مبدأ للتحسين المتعدد الأهداف لشروط القطع مع عوائق مربوطة "القطعة - الأداة - الآلة" في عملية الخراط باستعمال الخوارزميات الجينية و تقنية Pareto

## الكلمات المفتاحية :

حد Pareto, التحسين المتعدد الأهداف, الخوارزميات الجينية, شروط القطع.

## Résumé

L'optimisation des conditions de coupe en fabrication sérielle de produits industriels par enlèvement de matière est une étape indispensable dans le cadre de l'automatisation complète de la chaîne cinématique de la production de produits manufacturés. Aussi, nous disposons de nombreuses méthodes et outils mathématiques d'optimisation multi-objectif, à savoir les méthodes non déterministes ou stochastiques telles que recuit simulé, colonies de fourmis, algorithmes génétiques, recherche tabou...etc. Dans le cadre de ce mémoire, nous présentons les développements et la mise en oeuvre d'un nouveau concept pour une optimisation "multi-objectif" des paramètres d'usinage sous contraintes des limitations de production liées au système « Pièce-Outil-Machine » pour les opérations de tournage. Nous utilisons un algorithme génétique basé sur la technique des optima de Pareto, implémenté sous Matlab. Cette méthode, appliquée dans le cas des paramètres de tournage, permet de réaliser simultanément un usinage à coûts et temps minimisés en respectant la qualité des produits manufacturés (opérations de finition) d'une part et les délais de production pour des coûts d'usinage minimisés (opérations d'ébauche) d'autre part. Les résultats obtenus dans le cadre de notre application nous paraissent, comparativement à d'autres résultats rapportés par la littérature, sensiblement améliorés.

**Mots-clés:** Optimisation multi-objectif, algorithmes génétiques, conditions de coupe, frontière de Pareto optimale.

## Abstract

The optimization of the cutting conditions in serial manufacture of industrial products per removal of matter is an essential stage within the framework of the complete automation of the kinematic chain of the production of manufactured goods. Also, we have many methods and mathematical tools for optimization multi-objective, namely the nondeterministic or stochastic methods such as simulated annealing, colonies of ants, genetic algorithms, seek taboo... etc Within the framework of this memory, we present the developments and the implementation of a new concept for an optimization "multi-objective" of the parameters of machining under constraints of the production ceilings related to the system "Part-Tool-Machine" for the operations of turning. We use a genetic algorithm based on the technique of the Pareto's optimums, implemented under Matlab. This method, applied in the case of parameters of turning, allows simultaneously to carry out a machining at cost and times minimized by respecting the quality of the manufactured goods (finishing operations) on the one hand and the lead times at minimized costs of machining (operations of outline) on the other hand. The obtained results within the framework of our application appear to us, compared to other results brought back by the literature, appreciably improved.

**Key-word:** Multi-objective optimization, genetic algorithm, cutting conditions, front of Pareto.

## Tables des matières

<b>Remerciements</b>	
<b>Table des matières</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des symboles et abréviations</b>	

## **Inroduction générale**

### **Chapitre. I. Introduction aux problèmes d'optimisation**

Introduction .....	3
I.1. Définitions .....	3
I.2. Choix d'une méthode .....	4
I.3. Les différentes méthodes .....	4
<i>I.3.1 Les méthodes déterministes</i> .....	5
<i>I.3.1.1 Définition</i> .....	5
<i>I.3.1.2 Les méthodes du gradient</i> .....	5
<i>I.3.1.3 La méthode multistart</i> .....	7
<i>I.3.1.4 Méthode de Nelder Mead (simplexe)</i> .....	8
<i>I.3.1.5 L'algorithme de séparation-évaluation: branch and bound</i> .....	8
<i>I.3.1.6 Méthode du " Tunneling "</i> .....	9
<i>I.3.1.7. Conclusion</i> .....	10
<i>I.3.2. Les méthodes stochastiques</i> .....	10
<i>I.3.2.1. Définition</i> .....	10
<i>I.3.2.2. La méthode Mont Carlo</i> .....	11
<i>I.3.2.3. Recuit simulé</i> .....	11
<i>I.3.2.4. Les algorithmes évolutionnaires</i> .....	13
<i>I.3.2.5. Le branch and bound (stochastique)</i> .....	14
<i>I.3.2.6. Méthode Tabou</i> .....	14
I.4. Discussion: Compromis entre exploration et exploitation .....	17

### **Chapitre. II. Formulation des problèmes d'optimisation multi-objectif**

Introduction .....	18
II.1. Définitions .....	18
<i>II.1.1. Problème multi-objectif (multi-critère)</i> .....	18
<i>II.1.2. Le vecteur idéal</i> .....	19
<i>II.1.3. Convexité</i> .....	20
II.2. Problématique .....	20
II.3. Classification .....	22
<i>II.3.1. Utilisateur</i> .....	22

II.3.2. Concepteur .....	23
II.4. Les méthodes agrégées .....	24
II.4.1. Théorie .....	24
II.4.1.1. Axiome fondamental .....	24
II.4.1.2. Les méthodes additif et multiplicatif.....	24
II.4.1.3. Defficultés issues de ces méthodes .....	24
II.4.2. Les techniques .....	25
II.4.2.1. La moyenne pondérée .....	25
II.4.2.2. Goal programing.....	26
II.4.2.3. Méthode min max .....	27
II.4.2.4. Goal attainment.....	27
II.4.2.5. Méthode $\varepsilon$ - contrainte.....	28
II.5. Méthodes non agrégées, non Pareto .....	29
II.5.1. Théorie .....	29
II.5.2. Les techniques .....	29
II.5.2.1. Vector Evaluated Genetic Algorithm (VEGA).....	29
II.5.2.2. Utilisation des genres .....	31
II.5.2.3. La méthode lexicographique.....	32
II.5.2.4. A non Generational Genetic Algorithm.....	33
II.5.2.5. Méthode élitiste .....	37

### **Chapitre. III. Méthodes d'optimisation multi-objectif basées sur l'approche Pareto: Etat de l'art**

Introduction.....	38
III.I. Théorie d'optimisation au sens de Pareto.....	38
III.1.1. Optimum de Pareto .....	38
III.1.2. Notion de dominance.....	38
III.1.3. Frontière de Pareto.....	39
III.1.4. Notion de domination-contrainte .....	40
III.2. Technique non élitistes .....	41
III.2.1. Multiple Objective Genetic Algorithm (MOGA).....	41
III.2.2. Non dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA).....	42
III.2.3. Nighed Pareto Genetic Algorithm (NPGA).....	44
III.3. Les technique élitistes.....	45
III.3.1. Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA).....	46
III.3.2. Pareto Archived Evolution Strategy (PAES).....	48
III.3.3. Pareto Envelope based Selection Algorithm (PESA).....	50
III.3.4. Non dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGAI).....	52

III.3.5. PESA II: Region-Based Selection .....	54
III.3.6. Micro-Genetic Algorithm (micro-GA).....	55
III.3.7. Memetic-PAES .....	57
III.3.8. Genetic and Evolutionary Algorithm (GEA).....	58
III.3.8.1. Migration (modèle régional).....	59
III.3.8.2. Différentes structures de migration dans les sous populations .....	60
III.4. Conclusion sur les méthode d'optimisation multi-objectif.....	61
III.4.1. Difficultés des méthodes d'optimisation multi-objectif.....	61
III.4.2. Maintenir la diversité sur la frontière de Pareto .....	63
III.4.3. Mise en oeuvre .....	64
III.4.3.1. Le paramitrage.....	64
III.4.3.2. Définition d'un critère d'arrêt .....	64

## **Chapitre . IV. Formulation du problème d'optimisation des conditions de coupe en tournage**

Introduction .....	66
IV.1. Formulation mathématique du modèle d'optimisation .....	66
IV.2. PROBLÉMATIQUE D'OPTIMISATION DES CONDITIONS DE COUPE EN TOURNAGE.....	67
IV.2.1. Conditions exploratoires .....	67
IV.2.2. Problématique .....	68
IV.2.3. Objectifs à atteindre .....	69
IV.2.3.1. Cas des opérations d'ébauche .....	69
IV.2.3.2. Cas des opérations de finition .....	69
IV.3. Formulation des fonctions objectif.....	70
IV.3.1. Formulation du temps de production.....	70
IV.3.2. Formulation du coût de production.....	72
IV.4. Expression des contraintes de production .....	73
IV.4.1. Limitation liées à la machine outil. ....	74
IV.4.1.1. Limitation de puissance de coupe .....	74
IV.4.1.2. Limitation d'effort-couple admissible sur la broche.....	74
IV.4.2. Limitation liées à l'outil.....	74
IV.4.2.1. Diagramme de brise-copeaux.....	74
IV.4.2.2. Limitation d'endurance d'outil.....	75
IV.4.2.2.1. Forme d'usure.....	75
IV.4.2.2.2. Loi d'usure des outils de coupe.....	75
IV.4.3. Limitations liées à la pièce usinée.....	76
IV.4.3.1. Effort de coupe admissible .....	76

IV.4.3.2. <i>Etat de surface</i> .....	76
IV.4.3.3. <i>Température de coupe</i> .....	76

## Chapitre. V. Résolution du problème d'optimisation par AGs et FP

Introduction.....	77
V.1. Approche proposée pour l'optimisation multi-objectif contrainte des paramètres de coupe.....	77
V.1.1. <i>Cas des opérations d'ébauche</i> .....	77
V.1.2. <i>Cas des opérations finition</i> .....	78
V.2. Description générale de l'algorithme mis en oeuvre.....	79
V.3. Détermination des paramètres appliqués à l'algorithme génétique.....	79
V.3.1. <i>Codage des individus</i> .....	80
V.3.2. <i>Opérateurs génétiques</i> .....	80
IV.3.2.1. <i>Sélection</i> .....	80
IV.3.2.2. <i>Croisement</i> .....	81
IV.3.2.3. <i>Mutation</i> .....	82
V.4. Frontière de Pareto.....	82
V.5. Développement algorithmique et mise en œuvre informatique.....	83
V.5.1. <i>Principe de fonctionnement de l'algorithme mis en œuvre</i> .....	83
V.5.2. <i>Organigramme général de l'algorithme</i> .....	84
V.5.3. <i>Procédure algorithmique et pseudo-code mise en œuvre</i> .....	84
V.6. Validation: Etude d'un cas pratique en chariotage sur tour.....	86
V.6.1. <i>Conditions exploiratoires</i> .....	86
V.6.2. <i>Paramètres d'usinage utilisés</i> .....	87
V.7. Résultats et descussion.....	87
V.7.1. <i>Résultats de la première application</i> .....	87
V.7.2. <i>Résultats de la deuxième applicaton</i> .....	94
V.8. Conclusion.....	100

## Conclusion et perspectives

### Bibliographie

### Annexe A

### Annexe B

## Liste des figures

Figure I.1 : Méthode du "tunneling".....	9
Figure I.2 : Fonction convexe.....	12