



# **THESE**

Présentée à

**L'Université M'hamed Bouguara de Boumerdès**

Département d'informatique

Pour l'obtention du DOCTORAT

Spécialité : Informatique

Option : Optimisation des systèmes industriels

Soutenue publiquement

Le 02/11/2009, par

**Ali BERRICHI**

Titre

**La gestion à deux niveaux avec optimisation de la production et de la maintenance sous diverses contraintes : cas mono et multicritère.**

Jury

<b>Mme Habiba DRIAS</b>	<b>Professeur, USTHB</b>	<b>Présidente</b>
<b>M. Mohamed MEZGHICHE</b>	<b>Professeur, UMBB</b>	<b>Directeur de thèse</b>
<b>M. Farouk YALAOU</b>	<b>Professeur, UTT, France</b>	<b>Co- Directeur de thèse</b>
<b>M. Lionel AMODEO</b>	<b>Professeur, UTT, France</b>	<b>Examineur</b>
<b>M. Eric CHATELET</b>	<b>Professeur, UTT, France</b>	<b>Examineur</b>
<b>M. Rachid AHMED OUAMER</b>	<b>Maître de Conférences, UMMTO</b>	<b>Examineur</b>

## RESUME

L'ordonnancement de la production et la planification de la maintenance sont parmi les problèmes les plus importants et les plus influents dans les systèmes de production industriels. Le non respect du planning de maintenance préventive (MP) par le service ordonnancement peut causer la défaillance des équipements de production et par conséquent l'interruption de la production et la non-satisfaction de la demande. Malgré leur interdépendance, ces deux activités sont généralement planifiées et exécutées séparément dans les systèmes manufacturiers. Ce constat peut être fait aussi dans la littérature relevant du domaine.

La première contribution à cette thèse est le développement d'un modèle bi objectif intégré pour optimiser simultanément l'ordonnancement de la production et la planification de la maintenance. Des modèles de fiabilité ont été introduits pour l'optimisation de l'aspect maintenance. La deuxième contribution à cette thèse est le développement d'algorithmes génétiques multi objectif de type Pareto pour résoudre le modèle intégré. Les solutions obtenues offrent au décideur la possibilité de choisir une solution parmi un ensemble de compromis entre les objectifs de la production et ceux de la maintenance. La troisième contribution est l'introduction de l'optimisation multi objectif par colonies de fourmis pour améliorer la qualité des solutions obtenue par les algorithmes génétiques. Les résultats de simulation sur différents problèmes de test ont montré que les algorithmes basés sur le système des fourmis surpassent deux algorithmes génétiques multi objectif bien connus. Les différents résultats ont fait l'objet de publications dans des journaux et communications.

### **Mots clés :**

Production, Maintenance Préventive (MP), Fiabilité, Optimisation multi objectif, Algorithmes génétiques, Colonies de fourmis.

## Remerciements

# Table des matières

Liste des Tables

Liste des Figures

## INTRODUCTION GENERALE

### Chapitre 1. GESTION ET MAINTENANCE DES SYSTEMES DE PRODUCTION

1.1. LES SYSTEMES DE PRODUCTION .....	5
1.1.1 Définition .....	5
1.1.2 Les objectifs associés .....	5
1.1.3 Les processus de production .....	6
1.1.4 Approche systémique des systèmes de production .....	6
1.1.5 Approche hiérarchique des systèmes de production .....	7
1.1.6 Typologie des Systèmes de Production .....	9
1.1.7 Les nouvelles formes d'organisation de la production .....	10
1.2. LES PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT .....	12
1.2.1 Introduction .....	12
1.2.2 Description des problèmes d'ordonnancement .....	13
1.2.3 Classification des problèmes d'ordonnancement .....	16
1.2.4 Représentation des ordonnancements .....	18
1.2.5 Complexité des problèmes d'ordonnancement .....	19
1.2.5 Les méthodes de résolution .....	22
1.3. LA MAINTENANCE DES SYSTEMES DE PRODUCTION .....	23
1.3.1 Concepts de base de la sûreté de fonctionnement .....	23
1.3.2 La maintenance des systèmes réparables .....	27
1.3.2.1 La maintenance corrective .....	28
1.3.2.1.1 Réparation parfaite .....	28
1.3.2.1.2 Réparation minimale .....	28
1.3.2.1.3 Réparation imparfaite .....	28
1.3.2.2 La maintenance préventive .....	29
1.3.2.2.1 Stratégie de MP dépendant de l'âge ("Age-Based PM Policy") .....	29
1.3.2.2.2 Stratégie de MP périodique ("Periodic PM Policy") .....	30

## **Chapitre 2. LE PROBLEME D'ORDONNANCEMENT CONJOINT PRODUCTION et MAINTENANCE : DEVELOPPEMENT D'UN MODELE**

Introduction .....	32
2.1 ETAT DE L'ART .....	32
2.2 MODELISATION PROPOSEE .....	35
2.2.1 Formulation du modèle bi objectif intégré .....	36
2.2.2 Le modèle bi objectif intégré .....	37
2.3 LES METHODES D'OPTIMISATION MULTIOBJECTIF .....	39
Introduction .....	39
2.3.1 Concepts de l'optimisation multi objectif .....	40
2.3.2 Classification des méthodes d'optimisation multi objectif .....	42
2.4. LES APPROCHES TRADITIONNELLES .....	43
2.4.1 La méthode de la somme pondérée .....	43
2.4.2 L'approche $\varepsilon$ -contrainte .....	44
2.4.3 L'Approche Min-Max .....	45
2.4.4 Limites de l'approche traditionnelle .....	46

## **Chapitre 3. RESOLUTION PAR LES ALGORITHMES GENETIQUES**

Introduction .....	48
3.1 Principe des algorithmes génétiques .....	48
3.2 Les algorithmes génétiques multi objectif (AGMOs) .....	49
3.2.1 La sélection Pareto .....	50
3.2.2 L'élitisme .....	51
3.2.3 Maintien de la diversité .....	52
3.2.4 L'hybridation avec une recherche locale .....	54
3.2.5 NSGA-II ( <i>Non dominated Sorting Genetic Algorithm</i> ) .....	55
3.3 Caractéristiques de l'AGMO pour le modèle bi objectif intégré .....	56
3.3.1 Représentation des solutions .....	56
3.3.2 Stratégie de reproduction .....	59
3.3.3 Le croisement .....	60
3.3.4 La mutation .....	61
3.3.5 Taille de la population, population Initiale et critères d'arrêt .....	61
3.4 Résultats et analyses .....	62
Conclusion .....	68

**Chapitre 4. OPTIMISATION PAR COLONIES DE FOURMIS**

Introduction .....	70
4.1 L'approche d'optimisation par colonies de fourmis (OCF) .....	70
4.2 Application de l'approche <i>Pareto Ant Colony Optimization</i>	
4.2.1 Codage des solutions .....	72
4.2.2 Caractéristiques de l'algorithme PACO-1 .....	72
4.2.2.1 Construction des solutions .....	73
4.2.2.1.1 Construction de la solution de maintenance .....	73
4.2.2.1.2 Construction de la solution de production .....	73
4.2.2.1.3 Mise à jour des traces de phéromone de la partie production .....	76
4.2.2.2 L'algorithme PACO-1 .....	77
4.2.3 Caractéristiques de l'algorithme PACO-2 .....	78
4.2.3.1 Construction des solutions .....	78
4.2.3.1.1 Construction de la solution de maintenance .....	78
4.2.3.1.2 Construction de la solution de production .....	81
4.2.3.1.3 Mise à jour des traces de phéromone .....	81
4.2.3.2 L'algorithme PACO-2 .....	82
4.2.4 Caractéristiques de l'algorithme SPEA 2 .....	83
4.3 Résultats expérimentaux et analyses .....	88
4.3.1 Métriques pour comparer les performances .....	88
4.3.2 Problèmes de test et paramètres .....	90
4.3.3 Analyse .....	92
4.3.3.1 Analyse des métriques de performance .....	92
4.3.3.2 Représentation visuelle des ensembles de solutions .....	97
Conclusion .....	100

**Chapitre 5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES**

5.1 Conclusions sur le modèle .....	103
5.2 Conclusions sur la solution par les algorithmes génétiques .....	103
5.3 Conclusions sur l'optimisation par colonies de fourmis .....	104

**REFERENCES****ANNEXES**