



Université Sidi
Mohamed Ben Abdellah



Université du Havre

THESE

En vue de l'obtention du grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH

&

DE L'UNIVERSITE DU HAVRE

Discipline : Mathématiques et Informatique

Spécialité : Recherche Opérationnelle et Informatique

**Préparée au sein du Laboratoire Modélisation et Calcul Scientifique de la Faculté
des Sciences et Techniques de Fès et le Laboratoire CERENE de l'Université du
Havre**

Par : Mr. Tarik LAMOUDAN

**Algorithmes métaheuristiques pour l'ordonnancement des systèmes
de production de type job shop et flow shop**

Soutenue devant le jury :

le 29/12/2011

Président	Pr. Fatima EZZAKI	PES	Faculté des Sciences et Techniques, Fès
Rapporteurs	Pr. Youssef BENADADA	PES	ENSIAS de Rabat
	Pr. Amina EL OMRI	PES	Faculté des Sciences Ain Chok, Casablanca
Examineur	Pr. Abdelhamid BENAINI	PES	Université du Havre, France
Directeurs de thèse	Pr. Ahmed ELHILALI ALAOUI	PES	Faculté des Sciences et Techniques, Fès
	Pr. Jaouad BOUKACHOUR	MCF, HDR	Université du Havre, France

Algorithmes métaheuristiques pour l'ordonnancement des systèmes de production de type job shop et flow shop

Résumé :

L'axe de recherche traité dans ce mémoire de thèse recouvre un domaine très connu dans la recherche opérationnelle, il s'agit de l'ordonnancement d'atelier et plus précisément l'étude des deux problèmes job shop et le flow shop, ces deux problèmes largement étudiés dans la littérature sous leurs formes classiques. Notre contribution porte sur l'intégration des contraintes de transport des jobs entre les machines en utilisant des engins de transport conçus à cette fin, chaque convoyeur et chaque machine a des spécifications et des caractéristiques spéciales. Pour les deux problèmes nous avons donné une nouvelle modélisation mathématique qui inclut les contraintes additionnelles qui traduisent les temps de transport et les différentes caractéristiques des ressources, capacités, nombre, temps de disponibilité, etc. Puis nous avons proposé une nouvelle approche de résolution basée sur l'algorithme des colonies de fourmis hybridé par des heuristiques d'amélioration pour chaque problème.

Mots-clés : Optimisation, problèmes d'ordonnancement, algorithme de colonie de fourmis, problème d'atelier, job shop, flow shop, transport.

Abstract:

The research subject treated in this thesis, covers an area well known in operations research, this is the scheduling problem and specifically the study of both job shop problem and flow shop problem. Those two problems widely studied in the literature as their classical forms. Our contribution focuses on the integration of all transportation constraints of jobs between machines using vehicles transporter, each conveyor and each machine has specifications and special features. For both problems we have given a new mathematical model that includes the additional constraints reflecting the travel time and the different characteristics of resources (capacity, number, time availability, etc.). Then to solve those problems we proposed a new approach algorithm based on ant colonies hybridized by improvement heuristics for each problem.

Keywords: optimization, scheduling problems, ant colony algorithm, problem workshop, job shop, flow shop, transport.

TABLE DES MATIERES

<i>Dédicaces</i>	1
Remerciement	2
TABLE DES MATIERES	4
Liste des figures	7
Liste des tableaux	9
INTRODUCTION GENERALE	10
CHAPITRE 1: PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT	15
1. Introduction	15
2. Les principales périodes de l'évolution de l'industrie	16
2.1. Définition.	18
3. Généralités sur l'ordonnancement	18
3.1. Formulation d'un problème d'ordonnancement.....	19
3.1.1. Les tâches.....	20
3.1.2. Les ressources	21
3.1.3. Les contraintes	22
3.1.4. Les critères	23
4. Les classes du problème d'ordonnancement	25
4.1. Décalage gauche.....	25
4.2. Ordonnancement sans-delai	25
4.3. Ordonnancement semi actif.....	26
4.4. Ordonnancement actif	26
4.5. Ordonnancement actif sans-délai	26
4.6. Ordonnancements actifs et solution optimale	27
4.7. Ordonnancements actifs et critères réguliers.....	27
5. Notation $\alpha/\beta/\gamma$	28
5.1. Exemple.....	29
5.2. Champ α : Organisation des ressources	29
5.3. Champ β : contraintes et caractéristiques du système	30
5.4. Champ γ : critère d'optimisation	31
Quelques exemples :	32
6. Complexité	32
6.1. Les classes P et NP.....	32
7. Les ateliers	33
7.1. Les ateliers de type flow-shop.....	34
7.2. Les ateliers de type job-shop	35
7.3. Les ateliers de type open-shop	36
8. Atelier flow shop	36
8.1. Formulation du problème flow shop (classique).....	38
8.2. Propriétés et complexité du problème de flow-shop.....	40
8.3. Modélisation du problème flow shop.....	41
8.3.1. Modèle avec temps d'attente	41
8.3.2. Modèle par un graphe disjonctif	42
9. Atelier Job shop	43
9.1. Formulation du problème de job shop (PJS).....	44
9.2. Modélisation mathématique du job shop	45
10. Conclusion	47

CHAPITRE 2 : LES METAHEURISTIQUES.....	48
1. Introduction et terminologies.....	48
1.1. Les différents types de métaheuristiques	49
2. Présentation des métaheuristiques	50
2.1. Métaheuristiques à trajectoire	50
2.1.1. La méthode de descente	50
2.2. La méthode du recuit simulé	51
2.3. La méthode de recherche Tabou	53
2.3.1. Liste taboue à court terme.....	53
2.3.2. Liste taboue à long terme.....	54
3. Métaheuristiques à base de population.....	55
3.1. Les algorithmes génétiques	56
3.1.1. Codage	57
3.1.2. Fonction d'évaluation et fonction <i>fitness</i>	59
3.1.3. Sélection.....	59
3.1.4. Croisement (ou <i>crossover</i>).....	61
3.1.5. La mutation	62
3.2. Les algorithmes de colonies de fourmi (ACO)	64
3.2.1. Principe de l'algorithme.....	65
3.2.2. La phase d'initialisation.....	66
3.2.3. La phase de construction <i>Construire_Trajet(i)</i>	66
3.2.4. La phase de mise à jour.....	67
3.2.5. Généralisation et variantes	68
4. Stratégies de recherche.....	72
4.1. Intensification et diversification.....	72
5. Conclusion	72
CHAPITRE 3 : ORDONNANCEMENT D'ATELIER JOB SHOP AVEC TEMPS DE TRANSPORT ET ESPACES BUFFERS A CAPACITE LIMITE	74
1. Introduction.....	74
2. Définitions et notations	75
3. Etat de l'art.....	76
3.1. Position du problème.....	78
3.2. Définition (Station)	80
3.3. Formulation mathématique du JSPT	80
3.3.1. Cas JSP :	81
3.3.2. Cas JSPT	83
4. Méthode de résolution	87
4.1. L'algorithme proposé (ACOFT)	88
5. Résultats expérimentaux et interprétations.....	93
6. Conclusion	102
CHAPITRE 4 : ATELIER FLOW SHOP AVEC CONTRAINTES DE TRANSPORT ET ESPACES BUFFER LIMITE	104
1. Introduction.....	104
2. Définition et notations.....	104
3. Définition du flow shop à permutation	104
4. Formulation du problème flow shop.....	105
4.1. Flow shop classique	105
4.2. Flow shop avec les contraintes de transport.....	105
5. Etat de l'art.....	106
6. Modélisation mathématique:	107

- 7. Représentation graphique 110**
 - 7.1. L'architecture de l'atelier Flow shop 110
 - 7.2. Le graphe disjonctif..... 111
- 8. L'approche de résolution 111**
 - 8.1. Piste de phéromone 112
 - 8.2. L'information heuristique 113
 - 8.3. Règle de transition..... 113
 - 8.4. Heuristique d'amélioration (croisement)..... 114
 - 8.5. La règle de mise à jour local 115
 - 8.6. La règle de mise à jour globale 115
 - 8.7. Algorithme flow shop à permutation 115
- 9. Résultats numériques..... 116**
- 10. Conclusion 123**
- CONCLUSION ET PERSPECTIVES..... 124**
- REFERENCES..... 127**