



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah



Université du Havre

THÈSE

En vue de l'obtention du grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
&
DE L'UNIVERSITÉ DU HAVRE

Discipline : MATHÉMATIQUES ET INFORMATIQUE
Spécialité : RECHERCHE OPERATIONNELLE ET INFORMATIQUE

Préparée au sein de l'UFR Calcul Scientifique et Informatique, Sciences de L'ingénieur de la
Faculté des Sciences et Techniques de Fès et le Laboratoire CERENE de l'Université
du Havre

Par

M^{lle} Fatima EL KHOUKHI

Métaheuristiques hybrides pour la résolution de problèmes d'ordonnancement de type Job Shop

Soutenue le 21 Décembre 2009 Devant le JURY :

A. BENKIRANE	Professeur à l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc	Président
S. EL BERNOUSSI	Professeur à l'Université Mohammed V Agdal, Rabat, Maroc	Rapporteur
A. RACHID	Professeur à l'Université de Picardie Jules Verne, France	Rapporteur
A. BENAINI	Professeur à l'Université du Havre, France	Examineur
M. ETTAOUIL	Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, Maroc	Examineur
A. YASSINE	Professeur à l'Université du Havre, France	Examineur
J. BOUKACHOUR	Maître de conférences HDR à l'Université du Havre, France	Directeur
A. EL HILALI ALAOU	Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, Maroc	Directeur

Métaheuristiques hybrides pour la résolution de problèmes d'ordonnancement de type Job Shop

Résumé : Améliorer la coordination et la planification de la production vis-à-vis des activités logistiques des ateliers de production réels, à savoir les ressources : machines et engins de transport, est devenu une grande nécessité pour la diminution des coûts et la réduction des délais de livraison. La présente thèse est scindée en quatre parties. La première partie est un tour d'horizon des problèmes d'ordonnancement, l'accent est mis essentiellement sur les environnements Job Shop. Dans la deuxième partie, nous présentons une étude plus détaillée de ces environnements : Problématique, état de l'art, modélisation et méthodes de résolution. Dans le cadre de la logistique interne des ateliers de production de type Job Shop, nous étudions dans la troisième partie, deux problématiques, le Job Shop avec transport dans un environnement "juste à temps" et le Job Shop à flexibilité partielle avec maintenance préventive. La dernière partie est consacrée au problème d'atterrissage d'avions multipistes que nous avons modélisé sous forme de problème de Job Shop. Dans les différents cas d'études présentés, notre travail s'articule autour d'une étude systématique à base de trois processus fondamentaux, une formulation mathématique et/ou graphique du problème puis une résolution par une approche d'optimisation à base de métaheuristiques hybrides et enfin une validation des résultats par des simulations numériques. Notre objectif était de développer des systèmes d'ordonnancement dynamique d'aide à la décision capables de supporter la nature NP-complet des problèmes étudiés.

Mots clés : Ordonnancement Job Shop, Logistique, Transport, Atterrissage des avions, Programmation mathématique, Métaheuristiques hybrides.

Abstract : In most real shop floor, improving the coordination and the planning of the production with respect to the logistic activities, namely resources: machines and material handling equipments, became a great necessity for the lowering of costs and reducing of lead-times delivery. The present thesis is split into four parts. The first one is a survey of the scheduling problems; the emphasis is on the Job Shop environments. In the second part, we provide a more detailed study of these environments: Problematic, state of the art, modelling and methods of resolution. As part of the internal logistics of the production facilities in Job Shop Scheduling Problem, the third part is devoted to showing two problems, the Job Shop Scheduling Problem with transportation for just-in-time production as well as the flexible Job Shop Scheduling Problem with machines availability constraints. Finally, the last part addresses the aircraft landing problem that we formulated as a Job Shop problem. In the various study cases previously cited, our work revolves around a systematic study based on three fundamental processes, a mathematical and/or graphical formulations, and then an approach for resolution optimization based on hybrid metaheuristics, finally a validation of the results by numerical simulations. The objective is to develop dynamic scheduling systems to resolve these NP-hard problems.

Keywords: Job Shop Scheduling, Logistics, Transport, Aircraft landing problem, Mathematical Programming, Hybrid metaheuristics.

TABLE DE MATIÈRES

AVANT PROPOS	1
INTRODUCTION GENERALE	2
TABLE DE MATIERES	7
LISTE DES FIGURES.....	9
LISTE DES ALGORITHMES ET TABLEAUX	10
CHAPITRE 1.....	11
CONTEXTE ET ETAT DE L'ART	11
I. INTRODUCTION ET ETAT DE L'ART	11
II. GENERALITES.....	14
2. 1. DEFINITIONS	15
2. 2. TERMINOLOGIES ET COMPOSANTES DE BASE D'UN PROBLEME	
D'ORDONNANCEMENT.....	17
2. 3. VARIANTES DES PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT	25
2. 4. CLASSES DE PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT	27
2. 5. LES PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT D'ATELIERS	33
2. 6. LES METHODES D'ORDONNANCEMENT	36
III. ORDONNANCEMENT JOB SHOP	37
3. 1. PRESENTATION DU PROBLEME.....	37
3. 2. COMPLEXITE.....	40
CONCLUSION.....	42
CHAPITRE 2.....	43
MODELISATION ET METHODES DE RESOLUTION	43
I. MODELISATION	43
1. 1. MODELISATION MATHEMATIQUE	43
1. 2. REPRESENTATION GRAPHIQUE	48
II. METHODES DE RESOLUTION	51
2. 1. METHODES EXACTES.....	52
2. 2. METHODES APPROCHEES	53
2. 3. METHODES HYBRIDES	67
2. 4. SIMULATION.....	67
III. ETAT DE L'ART DES PROBLEMES JOB SHOP.....	69
IV. BENCHMARKS	72
V. GESTION DE PRODUCTION.....	72
CONCLUSION.....	74

CHAPITRE 3	75
ATELIER JOB SHOP AVEC TRANSPORT ET MAINTENANCE	75
I. INTRODUCTION	75
II. LE TRANSPORT	75
2. 1. Introduction et état de l'art.....	75
2. 2. Aperçu sur la production « juste-à-temps »	77
2. 3. Position du problème	78
2. 4. Modélisation mathématique.....	79
2. 5. Méthode de résolution	85
2. 6. Résultats expérimentaux et interprétations (1).....	89
III. PRODUCTION CONJOINTE, PRODUCTION/MAINTENANCE : CAS DU JOB SHOP FLEXIBLE AVEC MAINTENANCE	91
3. 1. Introduction et état de l'art.....	91
3. 2. Contexte réel.....	93
3. 3. Hypothèses du problème	97
3. 4. Formulation mathématique	97
3. 5. Méthode de résolution	102
3. 6. Résultats expérimentaux et interprétations (2).....	110
CONCLUSION	118
CHAPITRE 4	119
ORDONNANCEMENT DES ATERRISSAGES D'AVIONS	119
I. TRANSPORT AERIEN : PROBLEMATIQUE	119
II. PROBLEME D'ATERRISSAGE DES AVIONS	120
2. 1. Introduction et état de l'art.....	120
2. 2. Position du problème	123
2. 3. Modélisation mathématique.....	124
2. 4. Modélisation sous forme de Job Shop.....	128
2. 5. Résolution par hybridation des algorithmes génétiques et les colonies de fourmis	133
2. 6. Résultats expérimentaux et interprétations (1).....	138
2. 7. Autres hybridation des algorithmes génétiques	139
2. 8. Résultats expérimentaux et interprétations (2).....	147
CONCLUSION	152
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	153
BIBLIOGRAPHIE	155