



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 de l'UFR Calcul Scientifique et Informatique, Science de l'Ingénieur de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès et le Laboratoire CERENE de l'Université du Havre

Par : M^{lle} Ghizlane **BENCHEIKH**

Problèmes de Transport Modélisation et Résolution par les Métaheuristiques

Soutenu le 21/12/2009 devant le jury :

M. EL KHOMSSI	Professeur à l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc	Président
Y. BENADADA	Professeur à l'Université Mohammed V - Souissi, Rabat, Maroc	Rapporteur
H. CHABCHOUB	Professeur à l'Université de Sfax, Tunisie	Rapporteur
A. BENAINI	Professeur à l'Université du Havre, France	Examineur
A. HILALI	Professeur à l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, 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 ALAOUI	Professeur à l'Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc	Directeur

Problèmes de transport, modélisation et résolution par les métaheuristiques

Résumé : Dans cette thèse, nous traitons deux problèmes d'ordonnancement, à savoir, l'ordonnancement d'atterrissage d'avions et le problème de transport de personnel à la demande. Dans le cas du problème d'atterrissage, nous avons modélisé le problème sous forme de programme d'optimisation combinatoire, puis sous forme de problème de Job shop. Pour la résolution, nous avons proposé trois méthodes. La première consiste à utiliser un algorithme hybride combinant l'algorithme génétique et l'algorithme de colonie de fourmis. La deuxième est basée sur un algorithme hybride, combinant, cette fois ci, l'algorithme génétique avec la méthode de recherche tabou. Dans la dernière méthode, nous avons utilisé un algorithme de colonie de fourmis et une heuristique d'amélioration locale. Le deuxième problème consiste à déterminer les tournées et horaires des véhicules chargés de transporter le personnel d'un ensemble d'entreprises à leurs demandes. L'objectif est de minimiser le coût de transport et maximiser la qualité de service offert aux usagers. La qualité de service est exprimée dans ce travail en termes de temps d'attente et de temps de voyage des employés. Nous avons en premier lieu modélisé le problème sous forme de programme d'optimisation combinatoire et en second lieu, nous avons proposé deux métaheuristiques de population pour sa résolution, à savoir, l'algorithme de colonie de fourmis et l'algorithme génétique. L'algorithme de colonie de fourmis est basé sur le principe de découpage avec une résolution à deux étapes. Avant de présenter les résultats expérimentaux obtenus par les deux méthodes et de les comparer, nous avons réglé les paramètres des algorithmes en se servant de la méthode des plans factoriels qui fait partie des méthodes de plans d'expériences.

Mots clés : Problème d'atterrissage d'avions, problème de Job shop, tournées de véhicules, métaheuristiques, algorithme génétique, colonie de fourmis, recherche tabou, transport à la demande.

Abstract: In this thesis, we have considered two different scheduling problems: Scheduling Aircraft Landing and Professional Staff Transportation Problem. For the aircraft landing problem, we have proposed a mathematical formulation of the problem and a job shop formulation of the problem. Three resolution methods are given. The first one is a hybrid method combining Genetic Algorithm and Ant colony Optimization. The Second method is a combination of a genetic algorithm and tabu search. The last resolution method consisted to apply ant colony algorithm combined with a local search heuristic, this algorithm deal with the dynamic case where there is a cancellation of a flight or a runway closure. The Professional Staff Transportation Problem consists to build the routing of a limited fleet of vehicles in charge of transporting the staff of one or several companies (on their demand). The goal is to minimize the total cost of transport, and maximising the level of service offered to users. The quality of service is expressed in our work in terms of waiting time and ride time of users. After we have shown a mathematical formulation, we gave a resolution method of the problem based on ant colony optimization. Finally, we solved the problem by two population metaheuristics, namely, ant colony algorithm and genetic algorithm. The ant colony algorithm is based on the "cluster first/rout second" method. Before presenting experimental results of the two algorithms, we have fixed their parameters by a factorial experimental design.

Keywords: Aircraft landing problem, Job shop problem, vehicle routing problem, metaheuristics, genetic algorithm, ant colony, tabu search, dial a ride problem.

TABLE DES MATIERES

AVANT – PROPOS	2
REMERCIEMENTS	3
TABLE DES MATIERES	5
LISTES DES FIGURES	9
LISTE DES TABLEAUX	11
INTRODUCTION GENERALE	12
<hr/>	
CHAPITRE I : PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT : DESCRIPTION & METHODES DE RESOLUTION	16
<hr/>	
I. PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT	16
1.1. Gestion de projet	17
1.2. Ordonnancement d'atelier	18
II. TRANSPORT ET LOGISTIQUE	19
III. NOTION DE COMPLEXITE	21
3.1. Complexité d'un algorithme.....	21
3.2. Complexité d'un problème.....	21
IV. METHODES DE RESOLUTION	22
4.1. Méthodes Exactes.....	22
4.1.1. Programmation linéaire	23
4.1.2. Programmation non linéaire	23
4.2. Méthodes Heuristiques.....	24
4.3. Métaheuristiques	24
4.3.1. Algorithmes Génétiques	24
4.3.1.1. Les étapes	26
4.3.1.2. Les paramètres	33
4.3.1.3. Schéma récapitulatif d'un algorithme génétique	34
4.3.2. Colonie de fourmis	34
4.3.2.1. Comportement des fourmis réelles	35
4.3.2.2. Algorithme	36
4.3.2.3. Application : Problème de voyageur de commerce	36
4.3.2.4. Ant colony system	38
4.3.2.5. Max – Min Ant system	38

4.3.3. Recuit Simulé	39
4.3.3.1. Idée de base	39
4.3.3.2. Algorithme	40
4.3.4. Recherche Tabou	43
4.3.4.1. Algorithme	43
4.3.4.2. Organigramme de la recherche avec tabou de base	45
4.4. Méthodes Hybrides	46
V. PLANS D'EXPERIENCE	46
VI. CONCLUSION	48

CHAPITRE II : PROBLEME D'ATTERISSAGE D'AVIONS	49
--	-----------

I. INTRODUCTION	49
II. ETAT DE L'ART	49
III. DESCRIPTION DU PROBLEME	51
IV. MODELISATION MATHEMATIQUE	52
4.1. Notations	52
4.1.1. Données	52
4.1.2. Variables de décision	53
4.2. Contraintes	53
4.3. Objectifs	57
4.3.1. Objectif linéaire	58
4.3.2. Objectif non linéaire	58
4.4. Programme linéaire	59
4.5. Programme non linéaire	60
V. MODELISATION SOUS FORME DE PROBLEME JOB SHOP	61
5.1. Description d'un problème Job Shop	62
5.2. Construction des travaux	63
5.3. Représentation graphique	66
5.4. Méthode hybride	70
5.4.1. Codage	71
5.4.2. Génération de la population initiale	71
5.4.3. Sélection	74
5.4.4. Croisement	74
5.4.5. Mutation	75
5.5. Résultats expérimentaux	76
VI. CONCLUSION	80

CHAPITRE III : RESOLUTION PAR L'ALGORITHME DE COLONIE DE FOURMIS AMELIORE	81
I. REPRESENTATION GRAPHIQUE	81
II. CONSTRUCTION D'UNE SOLUTION	82
2.1. Sélection de la piste.....	82
2.2. Sélection de l'avion.....	83
2.3. Assignement des heures d'atterrissage.....	85
III. HEURISTIQUE D'AMELIORATION DES HEURES D'ATTERRISSAGE	86
3.1. Description de l'algorithme d'amélioration	86
3.2. Séquencement des avions.....	87
3.3. Assignement des heures d'atterrissage.....	87
3.4. Ajustement des heures d'atterrissage	87
IV. RESOLUTION PAR L'ALGORITHME DE COLONIE DE FOURMIS AMELIORE	94
V. PROBLEME D'ATTERRISSAGE D'AVIONS DANS LE CAS DYNAMIQUE	96
5.1. Etat de l'art.....	96
5.2. Algorithme de Colonie de Fourmi.....	96
5.2.1. Construction de la solution	97
5.2.1.1. Création de la liste locale des candidats	98
5.2.1.2. Fixation des heures d'atterrissage des avions	98
5.2.2. Application de l'algorithme de colonie de fourmis amélioré	98
VI. RESULTATS NUMERIQUES	100
6.1. Heuristique d'amélioration.....	100
6.2. Algorithme de colonie de fourmis.....	103
VII. CONCLUSION	110
CHAPITRE IV : APPLICATION D'UN ALGORITHME GENETIQUE HYBRIDE AVEC LA RECHERCHE TABOU	111
I. REPRESENTATION	111
II. EVALUATION & SELECTION	112
III. CROISEMENT	112
IV. MUTATION	116
V. ALGORITHME GENETIQUE HYBRIDE AVEC LA RECHERCHE TABOU	116
VI. RESULTATS NUMERIQUES	118
VII. CONCLUSION	124

CHAPITRE V : PROBLEME DE TRANSPORT DE PERSONNEL		125
I. INTRODUCTION		125
II. ETAT DE L'ART		126
III. FORMULATION MATHEMATIQUE		128
3.1. Données.....		128
3.2. Contraintes		129
3.2.1. Contraintes de tournée		129
3.2.2. Contraintes de capacité		130
3.2.3. Contraintes temporelles		131
3.3. Fonctions Objectif.....		132
IV. RESOLUTION PAR L'ALGORITHME DE COLONIE DE FOURMIS		133
4.1. Distribution des demandes sur les véhicules.....		133
4.1.1. Construction du chemin optimal		134
4.2. Découpage du chemin optimal		135
4.2.1. Construction des tournées de véhicules		136
V. ALGORITHME GENETIQUE		139
5.1. Codage.....		139
5.2. Population Initiale		140
5.3. Croisement		140
5.4. Mutation.....		142
5.5. Fitness		143
VI. RESULTATS EXPERIMENTAUX		143
6.1. Génération des instances		143
6.2. Réglage des paramètres.....		144
6.3. Résultats numériques.....		147
VII. CONCLUSION		152
CONCLUSION GENERALE		154
BIBLIOGRAPHIE		157