



N° d'ordre: 10/2015

THESE

En vue de l'obtention du grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH

Discipline : **Mathématiques et Informatique**
Spécialité : **Recherche Opérationnelle et Informatique**

Centre d'études doctorales: Sciences et Techniques de l'Ingénieur

Préparée au sein du laboratoire : Modélisation et Calcul Scientifique

Par: M^{lle} MESSAOUD Elhassania

**Contribution à la gestion du problème de transport dynamique
et statique durable**

Soutenue le 25 avril 2015 devant le jury composé de :

Nom	Titre	Etablissement	
F. EZZAKI	PES	Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc	Président
A. MOUKRIM	PES	Université de Technologie de Compiègne, France	Rapporteur
S. EL BERNOUSSI	PES	Université Mohammed V - Souissi, Rabat, Maroc	Rapporteur
A. HILALI	PES	Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc	Rapporteur
J. BOUKACHOUR	Maître de conférences HDR	Université du Havre, France	Examineur
M. ETTAOUIL	PES	Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc	Examineur
A. ELHILALI ALAOUI	PES	Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc	Directeur
M. ELKHOMSSI	PES	Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc	Co-Directeur



Contribution à la gestion du problème de transport dynamique et statique durable

Résumé : Ce mémoire est une contribution à l'étude de deux variantes très importantes des problèmes de transport; à savoir le problème de transport dynamique qui consiste à récupérer et traiter les informations au cours des tournées et le problème de transport vert ou durable qui consiste à trouver des itinéraires dans lesquels la quantité de CO_2 émise par les véhicules est minimale. Ce document est scindé en quatre chapitres, le premier est consacré à un état de l'art, le deuxième et le troisième sont réservés à l'étude du problème de transport dynamique sans fenêtres de temps et avec fenêtres de temps; en utilisant le principe de discrétisation et le traitement en ligne et le quatrième est dédié au problème de transport durable. Pour la résolution efficace des problèmes étudiés, nous proposons des nouvelles modélisations mathématiques, ainsi que des nouvelles approches de résolution basées sur l'optimisation par colonie de fourmis, l'algorithme génétique et l'algorithme de recherche à grand voisinage. Les résultats expérimentaux obtenus montrent que les méthodes proposées peuvent générer des solutions de très bonne qualité en comparaison avec d'autres travaux de la littérature. Ce travail a donné comme fruit trois articles publiés dans des journaux internationaux, un article publié dans les proceedings de IEE et plusieurs communications présentées dans des congrès nationaux et internationaux.

Mots clés : Problème de tournées de véhicules dynamique, problème de tournées de véhicules vert, discrétisation, traitement en ligne, optimisation par colonie de fourmis, algorithme génétique, algorithme de recherche à grand voisinage.

Abstract: This memoir is a contribution to the study of two important variants of transport problems; namely the dynamic transport which is to recover and deal with the information during the tours and green or sustainable transport which is to find routes in which the amount of CO_2 emitted by vehicles is minimal. This document is divided into four chapters: the first is devoted to a state of the art, the second and third are reserved to study the dynamic transport problem without time windows and with time windows; using the principle of discretization and the online processing, and the fourth is dedicated to the sustainable transport problem. For the effective resolution of the problems studied, we propose new mathematical models as well as new resolution approaches based on the ant colony optimization, the genetic algorithm and the large neighborhood search algorithm. The experimental results obtained show that the proposed methods can generate solutions of high quality compared to other works of literature. This work gave as fruit three articles published in the international journals, an article published in the proceedings of IEEE and several papers presented at national and international conferences.

Keywords: Dynamic vehicle routing problem, green vehicle routing problem, discretization, online processing, ant colony optimization, genetic algorithm, large neighborhood search algorithm.

Table des matières

Avant-propos	1
Remerciements	2
Liste des abréviations	5
Liste des figures	12
Liste des algorithmes	14
Liste des tableaux	15
Introduction générale	17
Chapitre 1 — Problèmes de tournées de véhicules statiques et dynamiques et méthodes de résolution	21
1 Introduction	21
2 Optimisation combinatoire	22
2.1 Problème d'optimisation combinatoire	22
2.2 Théorie de la complexité	23
3 Problème de tournées de véhicules <i>VRP</i>	25
3.1 Problème de tournées de véhicules avec contrainte de capacité <i>CVRP</i> .	27
3.2 Problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps <i>VRPTW</i> . .	28

3.3	Problème de tournées de véhicules dynamique <i>DVRP</i>	29
3.3.1	Caractéristiques d'un problème <i>DVRP</i>	30
3.3.2	Degré de dynamisme	31
3.3.3	Classification du problème <i>DVRP</i>	33
4	Méthodes de résolution du problème <i>VRP</i> dans les cas statique et dynamique	34
4.1	Méthodes exactes	34
4.1.1	Procédure de séparation et évaluation	34
4.1.2	Procédure de coupes et séparation	35
4.1.3	Programmation dynamique	35
4.2	Heuristiques	36
4.2.1	Heuristiques de construction ou heuristiques gloutonnes	36
4.2.2	Heuristiques à deux-phases	37
4.2.3	Heuristiques pour le cas dynamique	38
4.3	Métaheuristiques	40
4.3.1	Métaheuristiques à solution unique	41
4.3.2	Métaheuristiques à population de solutions	44
4.4	Méthodes de résolution hybrides	55
5	Conclusion	55
Chapitre 2 — Problème de tournées de véhicules dynamique : Modélisation et résolution par discrétisation		57
1	Introduction	57
2	Etat de l'art	58
3	Gestionnaire d'événements	60
4	Formulation mathématique	62
5	Approche de résolution par l'algorithme de colonie de fourmis hybride	65
5.1	Phase d'initialisation	65
5.2	Phase de transitions de fourmis	65
5.3	Phase de mise à jour des traces de phéromones	66
5.4	Phase d'hybridation	67
6	Approche de résolution par l'algorithme génétique	68

6.1	Codage	68
6.2	Population initiale	70
6.3	Evaluation	71
6.4	Opérateurs génétiques	71
6.5	Remplacement	73
7	Résultats expérimentaux	73
7.1	Description des instances	74
7.2	Résultats numériques de l'approche basée sur l'algorithme de colonie de fourmis hybride	75
7.3	Résultats numériques de l'approche génétique	82
8	Conclusion	88
Chapitre 3 — Problèmes de tournées de véhicules avec fenêtres du temps dures statique et dynamique : Modélisation et résolution		89
1	Introduction	89
2	Etat de l'art	90
3	Problème <i>VRPHTW</i> statique : Modélisation et résolution	92
3.1	Algorithme <i>ACSNV</i> pour la minimisation du nombre de véhicules utilisés	94
3.2	Algorithme <i>LNSDIST</i> pour la minimisation de la distance totale par- courue	98
4	Problème <i>VRPHTW</i> dynamique : Modélisation et résolution	100
5	Résultats expérimentaux	104
5.1	Description des instances	104
5.2	Résultats expérimentaux : Problème <i>VRPHTW</i> statique	106
5.3	Résultats expérimentaux : Problème <i>VRPHTW</i> dynamique	109
6	Conclusion	111
Chapitre 4 — Problème de tournées de véhicules vert : Modélisation et résolution		113
1	Introduction	113
2	Etat de l'art	114

3	Estimation de la matrice d'émission	115
4	Formulation mathématique	117
5	Approche de résolution par l'algorithme de colonie de fourmis hybride	119
6	Résultats expérimentaux	122
7	Conclusion	130
	Conclusion générale et perspectives	131
	Annexes	135
	Annexe A — Solutions améliorées par nos approches <i>DHACS</i> et <i>DGA</i> en comparaison avec d'autres travaux de la littérature	135
	Annexe B — Quelques exemples des instances utilisées pour traiter le problème <i>GVRP</i>	140
	Bibliographie	146