

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene



## Faculté de Mathématiques

Département de Recherche Opérationnelle

# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de **MASTER**  
Recherche Opérationnelle-Méthodes et modèles d'ingénierie

## Thème

**Métaheuristiques ACO pour le problème HVRPMBTW**

Présenté par : BOULARAS Lyna  
SOUFI Mohammed

Soutenu le 18 juillet 2021, devant le jury composé de :

<b>Président</b>	: KAHOUL Nawel	USTHB
<b>Rapporteur</b>	: BOUDHAR Mourad	USTHB
<b>Examineur</b>	: DAHMANI Isma	USTHB
<b>Invité</b>	: SAMI Nazim	CERIST

Code Mémoire : 07/RO2MIR/21

---



---

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Description de la problématique</b>	<b>11</b>
1.1	Présentation du Centre de Recherche sur l'Information Scientifique et Technique : . . . . .	11
1.2	Position du problème : . . . . .	12
1.3	Le problème de tournées de véhicules . . . . .	12
1.3.1	Description et notations : . . . . .	12
1.3.2	Formulation mathématique : . . . . .	15
1.3.3	Variantes : . . . . .	17
1.4	Le problème HVRPMBTW . . . . .	20
1.4.1	Formulation mathématique : . . . . .	20
1.4.2	Complexité . . . . .	23
<b>2</b>	<b>Méthodes de résolution</b>	<b>25</b>
2.1	Les différentes méthodes de résolutions : . . . . .	25
2.1.1	Méthodes exactes . . . . .	25
2.1.2	Méthodes approchées : . . . . .	27
2.2	Revue littérature . . . . .	29
2.2.1	Méthodes exactes : . . . . .	29
2.2.2	Méthodes approchées : . . . . .	30
<b>3</b>	<b>Méthodes implémentées</b>	<b>31</b>
3.1	Méthodes exactes . . . . .	31
3.2	Heuristiques de construction : . . . . .	31
3.2.1	Heuristique de construction (NNH) : . . . . .	31
3.2.2	Heuristique de construction (H1) . . . . .	33
3.2.3	Heuristique de construction (H2) . . . . .	34
3.3	Optimisation par colonie de fourmis . . . . .	35
3.3.1	Pourquoi les fourmis ? . . . . .	35
3.3.2	Comportement de la fourmi . . . . .	35
3.3.3	Historique . . . . .	35
3.3.4	Similarités et différences avec les fourmis réelles . . . . .	36
3.3.5	Expériences . . . . .	37
3.3.6	Algorithme d'Optimisation par Colonie de Fourmis . . . . .	40

<b>4</b>	<b>Adaptation de la métaheuristique ACO au problème HVRPMBTW</b>	<b>43</b>
4.1	Les adaptations de la métaheuristique ACO au problème HVRPMBTW .	43
4.1.1	Initialisation : . . . . .	44
4.1.2	Construction des tournées : . . . . .	45
4.1.3	Mise à jour des phéromones : . . . . .	46
4.1.4	Redémarrages : . . . . .	47
4.2	Amélioration des adaptations . . . . .	47
4.3	Pseudo-code des adaptations . . . . .	48
4.3.1	1 <sup>ère</sup> adaptation : . . . . .	49
4.3.2	2 <sup>ème</sup> adaptation : . . . . .	50
4.3.3	3 <sup>ème</sup> adaptation : . . . . .	51
4.3.4	4 <sup>ème</sup> adaptation : . . . . .	52
4.4	Avantages et limites . . . . .	53
4.4.1	1 <sup>ère</sup> adaptation : . . . . .	53
4.4.2	2 <sup>ème</sup> adaptation : . . . . .	53
4.4.3	3 <sup>ème</sup> adaptation : . . . . .	53
4.4.4	4 <sup>ème</sup> adaptation : . . . . .	54
<b>5</b>	<b>Tests et expérimentations</b>	<b>55</b>
5.1	Environnement d'expérimentation . . . . .	55
5.2	Logiciels utilisés . . . . .	56
5.2.1	CPLEX Optimizer . . . . .	56
5.2.2	Java . . . . .	56
5.3	Description des données . . . . .	57
5.3.1	Les benchmarks : . . . . .	57
5.4	Résultats et discussions . . . . .	58
5.4.1	Réglage des paramètres : . . . . .	58
5.4.2	Comparaison entre la méthode exacte et les solutions de l'ACO .	59
5.4.3	Analyse des résultats : . . . . .	60
5.4.4	Comparaison des résultats : . . . . .	65

---

---

## Table des figures

1.1	Exemple de solution du problème de tournées de véhicules . . . . .	14
1.2	Comparaison de temps d'exécution pour différentes complexités temporelles.	24
2.1	Intensification [25] . . . . .	29
2.2	Diversification [25] . . . . .	29
3.1	Les fourmis suivent indifféremment les deux branches de pont . . . . .	38
3.2	Les fourmis ont tendance à emprunter le même chemin (celui d'en bas) .	38
3.3	Expérience du pont avec des branches de tailles différentes . . . . .	38
3.4	Effet de dépôt d'un obstacle entre la source de nourriture et le nid . . . .	39
5.1	Logo IBM Ilog Cplex . . . . .	56
5.2	Logo Java . . . . .	56
5.3	Évolution de la distance en fonction de $\alpha$ et $\beta$ . . . . .	58
5.4	Classement de résolution selon le type d'instance . . . . .	60
5.5	R2-25 . . . . .	61
5.6	RC2-50 . . . . .	61

---

---

## Liste des Algorithmes

1	Heuristique de construction (NNH) . . . . .	32
2	Heuristique de construction (H1) . . . . .	33
3	Heuristique de construction (H2) . . . . .	34
4	Choix de transition . . . . .	48
5	Metaheuristique ACO 1 <sup>ère</sup> adaptation . . . . .	49
6	Metaheuristique ACO 2 <sup>ème</sup> adaptation . . . . .	50
7	Metaheuristique ACO 3 <sup>ème</sup> adaptation . . . . .	51
8	Metaheuristique ACO 4 <sup>ème</sup> adaptation . . . . .	52