

الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
المدرسة العليا للإعلام الآلي 8 ماي 1945 - سيدي بلعباس
Higher School of Computer Science 8 May 1945 - Sidi Bel Abbas



Master Thesis

To obtain the diploma of **Engineering Degree**

Field of Study: **Computer Science**

Specialization: **Artificial Intelligence and Data Science**

Theme

Deep Learning-Based Dynamic Vehicle Routing for Real-Time Optimization under Time and Capacity Constraints

Presented by
Guerinik Chemseddine Abderrahmane

Defended on: **July 2026**
In front of the jury composed of

Ms. **BEZZAOUCHA Fatima Souad**
Ms. **TAOULI Amina**
Mr. **AZZA Mohamed**
Ms. **DAOUDI Sarah**

President of the Jury
Thesis Supervisor
Co-Supervisor
Examiner

Academic Year: 2025/2026

Abstract

The VRP is one of the most important combinatorial optimization problems in the fields of logistics, transportation, and delivery services. Its objective is to determine a set of optimal routes for serving customers while satisfying various operational constraints, such as vehicle capacity, time windows, and service times. Owing to its computational complexity and highly combinatorial nature, the VRP has evolved into numerous variants designed to model increasingly realistic distribution scenarios. Over the years, a wide range of solution approaches has been developed to effectively address these different formulations.

This thesis presents a comprehensive study of the VRP. It first introduces the fundamental concepts, the main variants, and the mathematical formulation of the problem. It then reviews the principal families of solution methods proposed in the literature, including exact, heuristic, and metaheuristic methods, highlighting their underlying principles.

In addition, this work presents the fundamental concepts of Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML), Deep Learning (DL), and Reinforcement Learning (RL). Finally, a literature review is devoted to the main DL architectures proposed for solving the VRP, with the aim of analyzing recent approaches, their performance, and the remaining challenges in developing increasingly efficient solution methods capable of addressing the constraints of real-world applications.

Keywords— Dynamic Vehicle Routing Problem, Deep learning, Reinforcement Learning.

Résumé

Le problème de tournées de véhicules constitue l'un des problèmes d'optimisation combinatoire les plus importants dans les domaines de la logistique, du transport et des services de livraison. Son objectif est de déterminer un ensemble de tournées optimales permettant de desservir des clients tout en respectant diverses contraintes, telles que la capacité des véhicules, les fenêtres de temps et les durées de service. En raison de sa complexité et de son caractère fortement combinatoire, ce problème a donné naissance à de nombreuses variantes visant à représenter des situations de distribution de plus en plus réalistes. Au fil des années, de nombreuses approches ont été développées afin de répondre efficacement à ces différentes formulations.

Ce mémoire présente une étude approfondie du problème de tournées de véhicules. Il introduit tout d'abord les concepts fondamentaux, les principales variantes ainsi que la formulation mathématique du problème. Il passe ensuite en revue les principales familles de méthodes de résolution proposées dans la littérature, notamment les méthodes exactes, les méthodes heuristiques et les métaheuristiques, en mettant en évidence leurs principes, leurs avantages, leurs limites ainsi que leurs domaines d'application.

Par ailleurs, ce travail présente les notions essentielles de l'intelligence artificielle, de l'apprentissage automatique, de l'apprentissage profond et de l'apprentissage par renforcement. Enfin, une revue de la littérature est consacrée aux principales architectures d'apprentissage profond proposées pour la résolution du problème de tournées de véhicules, afin d'analyser les approches les plus récentes, leurs performances et les défis qui demeurent pour le développement de méthodes de résolution toujours plus efficaces et adaptées aux contraintes des applications réelles.

Mots-clés— Problème de tournées de véhicules dynamique, Apprentissage profond, Apprentissage par renforcement.

الملخص

تُعدّ مشكلة توجيه المركبات من أهم مسائل التحسين التوافقي في مجالات اللوجستيات والنقل وخدمات التوصيل. وتهدف إلى تحديد مجموعة من المسارات المثلى لخدمة العملاء مع احترام مجموعة من القيود التشغيلية، مثل سعة المركبات، والنوافذ الزمنية، وأزمنة الخدمة. ونظراً لتعقيدها وطبيعتها التوافقية العالية، فقد انبثقت عنها العديد من المتغيرات التي تهدف إلى تمثيل سيناريوهات توزيع أكثر واقعية. وعلى مرّ السنين، تم تطوير العديد من أساليب الحل لمعالجة هذه الصيغ المختلفة بكفاءة.

تقدم هذه المذكرة دراسة شاملة لمشكلة توجيه المركبات، حيث تستعرض في البداية المفاهيم الأساسية للمشكلة، وأهم متغيراتها، وصياغتها الرياضية. كما تستعرض أهم فئات طرق الحل المقترحة في الأدبيات العلمية، بما في ذلك الطرق الدقيقة، والطرق الاسترشادية، والطرق فوق الاسترشادية، مع إبراز مبادئها الأساسية، ومزاياها، وحدودها، ومجالات استخدامها.

علاوة على ذلك، يعرض هذا العمل المفاهيم الأساسية للذكاء الاصطناعي، وتعلّم الآلة، والتعلّم العميق، والتعلّم بالتعزيز. وأخيراً، يستعرض مراجعة للأدبيات العلمية المتعلقة بأبرز معماريات التعلّم العميق المقترحة لحل مشكلة توجيه المركبات، بهدف تحليل أحدث الأساليب، وأدائها، والتحديات التي لا تزال قائمة من أجل تطوير طرق حل أكثر كفاءة وقادرة على تلبية متطلبات التطبيقات الواقعية.

الكلمات المفتاحية--- مشكلة توزيع المركبات الديناميكية، التعلّم العميق، التعلّم المعزز.