

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 Mai 1945 - Sidi Bel Abbès



Engineering's Thesis

To obtain the diploma of **Engineering's Degree**

Field of Study: **Computer Science**

Specialization: **Computer System Engineering**

Theme

5G Network Slicing Resource Allocation Optimization in V2X Environments: A PPO-Based Adaptive Inter-Slice Sharing Mechanism

Presented by
DJIROUN Hiba

Defended on: **june 28th**
In front of the jury composed of

Ms.BABA-AHMED Manel
Mr.BENDAOU Fayssal
Ms.NAIB Rabiaal

President of the Jury
Thesis Supervisor
Examiner

Academic Year: 2025/2026

Abstract

The advent of Fifth Generation (5G) and the emergence of network slicing have enabled multiple logical networks to coexist on a shared physical infrastructure, each tailored to heterogeneous services with distinct QoS requirements, such as eMBB, URLLC, and mMTC. Efficiently allocating radio, computing, and transport resources across slices while preserving strict performance isolation remains a major challenge. Static resource allocation guarantees isolation but leads to underutilisation, whereas dynamic sharing improves efficiency at the risk of violating service level agreements.

This thesis conducts a systematic comparative study of representative resource allocation strategies for 5G network slicing, namely heuristic, optimisation-based, and learning-driven approaches, all evaluated under identical simulation conditions considering dynamic V2X traffic, multiple slice types, and real-time overload events. It further proposes an adaptive intra-slice resource sharing mechanism based on PPO, incorporating a continuous action space, a constrained Lagrangian reward function, and a five-pass admission controller that enforces handover priority. The mechanism is implemented in ns-3 and SUMO and compared against four baselines across five traffic intensity levels.

Results show that the proposed PPO agent achieves up to 99% resource utilisation and maintains handover drop probability below 6.7% even at the highest traffic load. The Lagrange multiplier framework effectively prevents donor slice degradation while enabling aggressive bandwidth redistribution, and the continuous action space enables finer-grained allocation decisions than prior DQL-based approaches. Practical guidelines for strategy selection and open challenges for future research in dynamic resource management for 5G network slicing are also identified.

Keywords— 5G network slicing, resource allocation optimization, PPO, intra-slice sharing, V2X, Lagrange multiplier, handover priority, ns-3, SUMO, comparative study.

Résumé

L'avènement de la Fifth Generation (5G) et l'émergence du découpage de réseau (network slicing) permettent à plusieurs réseaux logiques de coexister sur une même infrastructure physique partagée, chacun étant adapté à des services hétérogènes aux exigences de qualité de service distinctes, telles que l'eMBB, l'URLLC et le mMTC. L'allocation efficace des ressources radio, de calcul et de transport entre les tranches tout en préservant un isolement strict des performances reste un défi majeur. L'allocation statique garantit l'isolement mais conduit à une sous-utilisation des ressources, tandis que le partage dynamique améliore l'efficacité au risque de violer les accords de niveau de service.

Cette thèse présente une étude comparative systématique des stratégies d'allocation de ressources pour le découpage de réseau 5G, à savoir les approches heuristiques, basées sur l'optimisation et pilotées par l'apprentissage, toutes évaluées dans des conditions de simulation identiques prenant en compte un trafic V2X dynamique, plusieurs types de tranches et des événements de surcharge en temps réel. Elle propose également un mécanisme adaptatif de partage de ressources intra-tranches basé sur l'algorithme PPO, intégrant un espace d'actions continu, une fonction de récompense lagrangienne contrainte, et un contrôleur d'admission à cinq passes assurant la priorité des handovers. Le mécanisme est implémenté dans ns-3 et SUMO et comparé à quatre approches de référence sur cinq niveaux d'intensité de trafic.

Les résultats montrent que l'agent PPO proposé atteint jusqu'à 99% d'utilisation des ressources et maintient la probabilité de rejet des handovers en dessous de 6,7% même au niveau de trafic le plus élevé. Le cadre des multiplicateurs de Lagrange prévient efficacement la dégradation des tranches prêteuses tout en permettant une redistribution agressive de la bande passante, et l'espace d'actions continu permet des décisions d'allocation plus fines que les approches DQL antérieures. Des recommandations pratiques pour la sélection de stratégie et les défis ouverts pour la recherche future sont également identifiés.

Mots-clés— découpage de réseau 5G, optimisation de l'allocation des ressources, PPO, partage intra-tranches, V2X, multiplicateur de Lagrange, priorité des handovers, ns-3, SUMO, étude comparative.

الملخص

أتاح ظهور (5G) Generation Ffith وتقنية تقسيم الشبكة (Network Slicing) إمكانية تعايش شبكات منطقية متعددة على بنية تحتية مادية مشتركة، حيث تُصمَّم كل شريحة لخدمة تطبيقات ذات متطلبات جودة خدمة مختلفة، ك eMBB وURLLC وmMTC. ويظل التخصيص الفعال للموارد الراديوية والحوسبية والنقلية بين الشرائح مع الحفاظ على عزل الأداء تحدياً رئيسياً؛ إذ يضمن التخصيص الثابت العزل لكن يُفْضي إلى استخدام منخفض للموارد، في حين يُحسِّن التشارك الديناميكي الكفاءة على حساب اتفاقيات مستوى الخدمة.

تُجري هذه الأطروحة دراسة مقارنة منهجية لاستراتيجيات تخصيص الموارد في تقسيم شبكات 5G، شاملةً المناهج الاستدلالية والمبنية على التحسين والمدفوعة بالتعلم، وذلك في ظروف محاكاة متطابقة تأخذ بعين الاعتبار حركة مرور V2X الديناميكية وأنواع الشرائح المتعددة وأحداث التحميل الزائد في الوقت الحقيقي. كما تقترح الأطروحة آلية تكيّفية لتقاسم الموارد داخل الشرائح مبنية على خوارزمية PPO، تتضمن فضاء إجراءات مستمراً ودالة مكافأة لاغرانجية مقيّدة ومتحكماً في القبول يُعطي الأولوية لعمليات التسليم. تُنفَّذ الآلية المقترحة باستخدام ns-3 وSUMO وتُقارَن بأربعة مناهج مرجعية على خمسة مستويات من كثافة حركة المرور.

تُظهر النتائج أن عميل PPO المقترح يحقق استخداماً للموارد يصل إلى 99% ويبقي احتمالية رفض عمليات التسليم أقل من 6.7% حتى عند أعلى كثافة حركة مرور. ويمنع إطار مضاعفات لاغرانج بفاعلية تدهور الشرائح المانحة مع السماح بإعادة توزيع واسعة لعرض الحزمة، ويتيح فضاء الإجراءات المستمر إمكانية اتخاذ قرارات تخصيص أكثر دقة مقارنةً بالمناهج السابقة القائمة على DQL. كما تم تقديم إرشادات عملية لاختيار الاستراتيجية المناسبة والتحديات المفتوحة للبحث المستقبلي.

الكلمات المفتاحية--- تقسيم شبكة 5G، تحسين تخصيص الموارد، PPO، تقاسم الموارد داخل الشرائح، V2X، مضاعف لاغرانج، أولوية التسليم، ns-3 SUMO، دراسة مقارنة.