

الجزائرية الديمقراطية الشعبية الجمهورية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة العليا للإعلام الآلي - 08 ماي 1945 - بسيدي بلعباس  
Ecole Supérieure en Informatique  
Mai 1945- Sidi Bel Abbès 08-



## Mémoire de Fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

Filière : Informatique

Spécialité : Ingénierie des Systèmes Informatiques (ISI)

## Thème

---

Optimization methods for LPWAN networks

---

Présenté par :

- LATRECHE Yassine

Soutenu le : **27/06/2024**

Devant le jury composé de :

- |                       |           |
|-----------------------|-----------|
| - M AZZA Mohammed     | Président |
| - M KHALDI Miloud     | Encadreur |
| - Mme BABAAHMED Manel | Examineur |

Année Universitaire : 2023 / 2024

# *Abstract*

The Internet of Things (IoT) has brought unprecedented internet connectivity opportunities across various domains with the needs for efficient and scalable communication technologies. Long Range Wide Area Network (LoRaWAN) stands out for its capability of long-range, low-power consumption at a cost-effective manner, and it is preferred in several IoT applications. However, optimizing IoT network performance is still a critical challenge, especially through appropriate Spreading Factor (SF) allocation. Through a comprehensive review of the state-of-the-art research of SF optimization in LoRaWAN networks, this thesis has explored a variety of SF optimization methodologies and their implications on Packet Delivery Ratio (PDR), throughput, energy consumption, and network scalability.

In addition to reviewing existing SF optimization methodologies, this work has covered optimization algorithms, such as Genetic Algorithm (GA), Simulated Annealing (SA), and Differential Evolution (DE), which have shown promise in outperforming in network performance through SF optimization. It has also explored surrogate models for rapid optimization by estimating the performance of complex simulations. These optimization algorithms and surrogate models offer large improvements in terms of convergence speed and solution quality. More importantly, they provide us with the necessary tools to address the challenges of dense and heterogeneous IoT environments. These findings serve as an essential guidance for network planners and operators, and pave the way for enhanced LoRaWAN deployments.

**Keywords :** Internet of Things (IoT), Long Range Wide Area Network (LoRaWAN), Spreading Factor (SF) allocation, Packet Delivery Ratio (PDR), Genetic Algorithm (GA), Simulated Annealing (SA), Differential Evolution (DE), Surrogate models.

# *Résumé*

L'Internet des Objets (IoT) a ouvert des opportunités sans précédent pour la connectivité dans divers domaines, nécessitant des technologies de communication efficaces et évolutives. Le réseau longue portée (LoRaWAN) se distingue par ses capacités à longue portée, sa faible consommation d'énergie et son coût abordable, en faisant un choix privilégié pour de nombreuses applications IoT. Cependant, l'optimisation des performances du réseau, en particulier par une allocation efficace du facteur d'étalement (SF), demeure un défi crucial. Cette thèse mène une revue exhaustive des recherches de pointe sur l'optimisation du SF dans les réseaux LoRaWAN, en examinant diverses méthodologies et leurs implications sur le taux de livraison des paquets (PDR), le débit, la consommation d'énergie et l'évolutivité globale du réseau. En synthétisant les insights de neuf articles de référence, l'étude met en évidence les complexités et les compromis impliqués dans l'allocation du SF, soulignant la nécessité de disposer d'environnements de simulation réalistes et de stratégies d'optimisation globales.

En plus de revoir les approches existantes, cette thèse explore des algorithmes d'optimisation avancés tels que les algorithmes génétiques (GA), le recuit simulé (SA) et l'évolution différentielle (DE), qui ont montré leur potentiel pour améliorer les performances du réseau grâce à une allocation optimale du SF. L'étude examine également le potentiel des modèles substitués pour accélérer le processus d'optimisation en approximant les performances de simulations complexes. Ces algorithmes et modèles sophistiqués offrent des améliorations significatives en termes de vitesse de convergence et de qualité des solutions, en faisant des outils précieux pour relever les défis des environnements IoT denses et hétérogènes. Les résultats obtenus fournissent des conseils précieux pour les planificateurs et les opérateurs de réseaux, ouvrant la voie à des déploiements LoRaWAN améliorés capables de répondre aux exigences des environnements IoT de plus en plus denses et hétérogènes.

**Mots-clés :** Internet des Objets (IoT), Réseau longue portée (LoRaWAN), Allocation du facteur d'étalement (SF), Taux de livraison des paquets (PDR), Algorithme génétique (GA), Recuit simulé (SA), Évolution différentielle (DE), Modèles substitués.