

L'école polytechnique de Paris et LIX recrutent un(e) stagiaire en Recherche Opérationnelle et Machine Learning.

Sujet : Optimisation de la résilience des architectures Cloud-RAN.

I. Contexte

À court terme, le réseau d'accès radio (RAN) connaîtra une transformation majeure, s'orientant vers des solutions cloudifiées et ouvertes. Cette transition répond à la nécessité d'améliorer la connectivité et de faire face à l'augmentation de la demande en services numériques. La virtualisation et la cloudification du RAN permettent de décomposer les fonctions des stations de base traditionnelles en sous-fonctions, telles que les micro-services et les solutions basées sur le cloud. Les stations de base traditionnelles (BBU) se scindent ainsi en deux entités distinctes : l'Unité Distribuée (DU) et l'Unité Centralisée (CU). Cette séparation favorise une allocation plus efficace des ressources matérielles pour les fonctions protocolaires. À l'exception de la tête radioélectrique déportée, toutes les fonctionnalités des stations de base CU et DU sont virtualisables. Ces solutions présentent des avantages significatifs, tels qu'une programmabilité accrue, une automatisation des processus et une intelligence intégrée au sein des réseaux. Elles permettent aux opérateurs de personnaliser leurs services en fonction des besoins des utilisateurs, d'automatiser la gestion et le déploiement, et d'optimiser les performances réseau en temps réel. De plus, ces architectures sont conçues pour être évolutives, prenant en compte divers scénarios et offrant une gamme de fonctionnalités essentielles pour répondre à la demande croissante en bande passante et en connectivité.

Ce contexte met en évidence la nécessité d'une conception stratégique des architectures Cloud-RAN pour répondre aux exigences croissantes en matière de performance et de fiabilité, tout en s'adaptant aux évolutions technologiques et aux besoins des utilisateurs. Cela permet d'obtenir des solutions plus flexibles et réactives, capables de s'ajuster rapidement aux variations de la demande.

II. Objectif scientifique

Dans un réseau d'accès radio virtualisé et centralisé, deux enjeux d'optimisation sont fondamentaux pour surmonter les défis complexes liés à la capacité, à la performance et à la gestion des ressources. Le premier concerne le positionnement optimal des Unités Centralisées (CU) et des Unités

Distribuées (DU), qui doit prendre en considération plusieurs contraintes, telles que la latence et la capacité de stockage. Le routage des données représente également un aspect essentiel dans un réseau d'accès centralisé. Il requiert une interaction harmonieuse entre les stations de base, les DU, les CU et les routeurs, assurant ainsi une transmission efficace et fiable des données à travers le réseau, généralement via des liaisons en fibre optique.

L'objectif principal de ce stage est d'optimiser le déploiement et la gestion des ressources dans les architectures Cloud-RAN en appliquant des méthodes de Recherche Opérationnelle, tout en intégrant des techniques de machine learning. Nous prévoyons d'explorer la résilience des architectures Cloud-RAN, un aspect crucial pour assurer une performance continue et fiable face aux incertitudes et aux perturbations.

En intégrant des méthodes d'optimisation robuste et stochastique, ainsi que des techniques de machine learning, nous visons à développer des modèles capables de gérer efficacement les variations des ressources et des demandes. L'optimisation sous incertitude permettra de prendre en compte les aléas liés à la disponibilité des ressources, aux fluctuations de la demande et aux pannes potentielles des équipements. En modélisant ces incertitudes, nous pourrions concevoir des stratégies de déploiement et de gestion des ressources qui maximisent non seulement l'efficacité opérationnelle, mais aussi la robustesse du réseau.

Le machine learning jouera un rôle central en analysant les données historiques et en prédisant les comportements futurs, renforçant ainsi la robustesse du réseau. Cette approche contribuera à une meilleure compréhension des dynamiques du réseau et à l'élaboration de stratégies de déploiement plus résilientes.

III. Profil recherché

- **Compétences et qualités personnelles exigées par le poste**

- Compétences en mathématiques appliquées, notamment dans les domaines de l'optimisation & Recherche Opérationnelle, incluant des techniques avancées telles que la programmation linéaire, la programmation non linéaire et l'optimisation combinatoire.
- Maîtrise des solveurs classiques tels que Cplex et Gurobi, ainsi que des outils d'intelligence artificielle et de machine learning.
- Maîtrise de langages de programmation tels que Python, Julia et C++.
- Maîtrise de développement de scripts et d'applications pour l'analyse de données et l'optimisation.
- Des connaissances des principes de conception et de déploiement de réseaux représentent un plus.
- Capacités d'analyse et de synthèse solides, avec une attention particulière aux détails et à la qualité des résultats.



- Curiosité intellectuelle, autonomie, capacité à prendre des initiatives et à travailler en équipe.
- Une bonne maîtrise de l'anglais, tant à l'écrit qu'à l'oral, pour la communication technique et la rédaction de rapports.
- **Formation demandée**
En cours de formation Ingénieur, ou Master en mathématiques appliquées et informatique décisionnelle (Recherche Opérationnelle, Machine Learning).

Pour candidater :

CV, relevés de notes et lettre de motivation à envoyer à Sonia Vanier (sonia.vanier@polytechnique.edu) et Ivana Ljubic (ivana.ljubic@essec.edu).