



Sujet de stage

Encadrants : Hamamache Kheddouci (LIRIS), Anthony Busson (LIP)

Dans le cadre du projet IDRA (Intérêt des Déploiements partiels des Réseaux d'Accès sans fil pour un compromis performance/empreinte environnementale), deux stages de 6 mois sont à pourvoir.

Contexte:

La définition et le déploiement des générations de réseau cellulaire se succèdent apportant avec elle de nouvelles technologies permettant d'augmenter le débit. Ces déploiements successifs améliorent la qualité d'expérience des utilisateurs mais engendrent aussi une empreinte carbone croissante. Celle-ci est croissante dû aux nouveaux équipements (hardware et transport) qui cohabitent avec les anciens mais aussi sur le plan de la consommation. Pour les réseaux 5G par exemple, il a été montré [4G-5G] que la consommation par bit envoyé diminue par rapport aux générations précédentes mais les nouveaux débits sont tels que la consommation d'une antenne 5G est supérieure à la 4G (dit simplement si vous divisez par 2 la consommation par bit envoyé mais que le débit est multiplié par 4, la consommation double...). Parallèlement, il n'est pas possible de s'abstraire de la demande croissante de débits par les utilisateurs et les applications, et cette augmentation passe par l'utilisation de technologies offrant plus de débits. Un compromis possible est le déploiement partiel des nouvelles générations de réseaux plutôt que des déploiements systématiques couvrant d'une façon plus ou moins immédiate une ville/une zone avec la nouvelle génération.

Le but du stage est de proposer des solutions algorithmiques donnant des règles de déploiements partiels d'une nouvelle technologie de réseau sans fil en complément des générations existantes. Ces déploiements devront permettre d'atteindre un débit ou une couverture cible tout en minimisant l'empreinte carbone (hardware, consommation).

Ce problème d'optimisation soulève deux problèmes : i) pour un positionnement donné de nouveaux équipements, il faut être capable d'estimer les nouvelles performances ii) le champ des possibles étant infini (sans limitation préalable) toutes les solutions ne sont pas évaluables et des heuristiques efficaces sont nécessaires afin de rechercher avec une complexité raisonnable une solution viable.

Nous développons ci-dessous les solutions envisagées pour traiter ces deux verrous.

Il existe de nombreux modèles pour les réseaux cellulaires ou le Wi-Fi (par ex [5G-capacity]) qui permettent pour une configuration donnée d'évaluer le débit obtenu par l'utilisateur pour une configuration donnée. Ce projet s'appuiera sur ces modèles existants mais ils devront être adaptés aux problèmes traités. Pour les aspects algorithmiques, des heuristiques sont nécessaires. Elles permettent d'explorer efficacement un sous ensemble

de solutions possibles. Cette exploration pourra être guidée par des aspects structurelles des réseaux considérés (sous forme de graphe pour une partie du problème) et le déploiement initial que l'on cherche à améliorer. Les déploiements initiaux considérés (3G/4G par exemple) influencent énormément les stratégies et les résultats. Il est primordial de partir de déploiements réalistes afin de considérer des couvertures/débits pertinents, et de limiter le nombre de positions possibles pour les nouveaux équipements. Nous envisageons donc d'utiliser la base de données de l'ARCEP qui décrit la position actuelle des pylônes/support partout en France, et des antennes/émetteurs (opérateurs/génération de la technologie) [Database-1].

Programme:

Le programme du/des stages est le suivant (c'est un sous ensemble des tâches ci-dessous qui seront choisis en fonction des compétences académiques du candidat):

- Modélisation du throughput offert aux utilisateurs pour un équipement sans fil. Il existera un modèle pour chaque type de technologie et de génération. Nous utiliserons des modèles existants étendus/modifiés aux scénarios (adaptés à la distribution spatiale des utilisateurs par exemple).
- Traitement de la base de données de l'ARCEP. Celle-ci est complexe et divisée en plusieurs tables (supports, antennes, émetteurs, etc.). Le recoupement des tables n'est pas trivial et nécessitera un travail d'automatisation du traitement de ces tables pour générer les données sous un format utilisable dans le projet.
- Etude bibliographique sur la consommation énergétique et l'empreinte carbone des équipements réseaux sans fil. La bibliographie sur la consommation est facile à trouver et connue des équipes impliquées. La partie matérielle pourra nécessiter une recherche plus approfondie.
- Calcul du modèle pour une ville de taille moyenne provenant de la base de données ARCEP, et pour un déploiement venant en plus sur les supports existants.
- Proposition d'heuristiques permettant de proposer un déploiement partiel, en plus de l'existant, permettant d'atteindre un objectif en terme de qualité de service tout en minimisant l'empreinte carbone. Ces heuristiques pourront être développées sur une carte de support donnée pour une ville de taille moyenne (Villeurbanne, Clermont-Ferrand, etc.).
- Test et validation des heuristiques. La base de données ARCEP incluant la France entière, les heuristiques développées pourront être appliquées et évaluées sur plusieurs (voir toutes) les villes de France. Cela donne l'opportunité de valider l'approche au travers de nombreux cas de figures réalistes.

Il est important de noter qu'au-delà des contributions algorithmiques, le projet permet de répondre à des questions sociétales et d'actualités: est-on vraiment obligé de faire des déploiements complets (en terme de couverture) à chaque nouvelle génération de réseaux sans fil, quel est l'impact de ses déploiements en terme d'empreinte carbone ?

Candidats :

Les étudiants recherchés sont des étudiants de Master 2 portant sur les data (data scientist), l'IA, l'algorithmique, etc. Des compétences en réseau ne sont pas obligatoires, mais des compétences en algorithmique, programmation, traitement des données, probabilités/statistiques, seront appréciées.

Bibliographie :

[4G-5G] Arvind Narayanan et. al. A Variegated Look at 5G in the Wild: Performance, Power, and QoE Implications. SIGCOMM '21: Proceedings of the 2021 ACM SIGCOMM 2021 Conference.

[5G-capacity] D. Minovski et. al., Throughput Prediction using Machine Learning in LTE and 5G Networks, in *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2021.

[Database-1] Statistiques sur les antennes mobiles en France.

<https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/statistiques-sur-les-antennes-mobiles-en-france/#>

