

## Contrat doctoral – ED Galilée

### Titre du sujet :

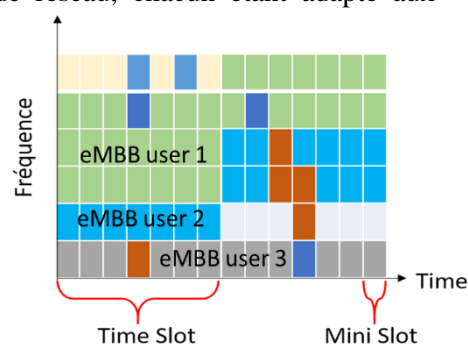
- Unité de recherche : L2TI
- Discipline : Réseaux
- Direction de thèse : Pr. Ken CHEN (co-encadrant : Dr. Mohand Yazid SAIDI)
- Contact : ken.chen@univ-paris13.fr    saidi@univ-paris13.fr
- Domaine de recherche : réseaux
- Mots clés : ordonnancement, allocation de ressources, slices réseaux, IA

### **Implémentation d'une solution d'intelligence artificielle pour améliorer la qualité de service dans les réseaux 5G : Ordonnancement conjoint des communications eMBB et de l'URLLC.**

La 5G redéfinit l'architecture du réseau avec l'introduction de la communication URLLC (Ultra-Reliable Low-Latency Communication) et eMBB (Enhanced Mobile Broadband) [1]. Les services eMBB ciblent les applications nécessitant un débit de données élevé, comme la vidéo ultra haute définition (UHD) ou la diffusion vidéo en continu à grande échelle. En revanche, les services URLLC sont conçus pour des applications à faible latence et haute fiabilité telles que la conduite autonome ou la chirurgie robotique [2].

Pour supporter ces services 5G tout en répondant à leurs exigences hétérogènes et variées au sein d'une infrastructure de réseau sans fil commune, le découpage du réseau (Network Slicing) [3] est présenté comme une technologie fondamentale de la cinquième génération de réseaux cellulaires. Ce découpage permet de construire plusieurs réseaux logiques indépendants, appelés tranches de réseau, chacun étant adapté aux exigences spécifiques d'un service particulier.

Actuellement, avec l'essor de l'intelligence artificielle (IA), plusieurs études de recherche ont exploré l'application de l'apprentissage par renforcement dans les réseaux de communication sans fil. Dans [4], les auteurs ont introduit des algorithmes innovants permettant une allocation efficace des ressources, basés sur l'apprentissage Q et adaptés aux réseaux LTE et LTE-A. La possibilité de mettre en place un système d'apprentissage par renforcement dans les réseaux sans fil afin de trouver un compromis entre le débit du système et l'équité a également été explorée et étudiée.



**Figure 1.** Approche ponctuelle pour le multiplexage du trafic eMBB et URLLC.

Dans le contexte du Network Slicing, une partie des transmissions eMBB déjà allouées sera recoupée et récupérée par du trafic URLLC entrant de manière aléatoire lorsque la bande passante est insuffisante [5] (voir Figure 1). La puissance d'émission attribuée aux transmissions eMBB qui se chevauchent est nulle. En conséquence, les utilisateurs d'eMBB, qui ont constamment besoin d'un débit binaire élevé, subiront une perte de débit sans précédent et, par conséquent, une qualité de service (QoS) fortement dégradée.

Dans cette optique, l'IA offre une nouvelle approche permettant une gestion efficace des ressources pour répondre aux exigences des deux services.

## Problématique et Objectif

Le découpage en tranches est une technologie clé qui permet au réseau 5G de prendre en charge les exigences hétérogènes des services génériques, à savoir les communications URLLC et eMBB. Dans la littérature, la majorité des travaux ignore le caractère aléatoire des arrivées de trafic URLLC ou programme l'eMBB et l'URLLC de manière inégale. En s'apercevant que le coût de la perte de qualité de service des utilisateurs de l'eMBB l'emporte parfois sur les gains des utilisateurs de l'URLLC, nous proposons de réaliser un compromis de qualité de service à long terme entre ces deux types de services **en observant les variations de l'environnement**, telles que les ressources blocs allouées, le rapport signal sur bruit plus interférences, le trafic URLLC entrant, etc.

Une question fondamentale à laquelle nous tentons de répondre est de déterminer le nombre optimal de blocs à allouer pour chaque type d'utilisateur et l'emplacement où l'utilisateur URLLC pourra occuper un mini-slot dans la bande fréquentielle. Dans cette thèse, nous souhaitons développer des algorithmes et heuristiques s'appuyant principalement sur l'IA pour sélectionner dynamiquement les ressources blocs à attribuer, tout en choisissant leurs emplacements. En d'autres termes, nous souhaitons concevoir des solutions permettant d'ordonner et d'allouer efficacement les ressources pour supporter non seulement les applications temps réel dans les réseaux 5G, mais aussi pour rationaliser l'allocation des ressources intra-slicing pour l'eMBB dans les environnements hétérogènes.

## Méthodologie

La problématique d'ordonnement et d'allocation de ressources dans les réseaux 5G est connue pour sa complexité. Dans le cadre de cette thèse, nous souhaitons explorer l'intelligence artificielle (IA) afin d'améliorer les allocations de ressources. Grâce aux observations des variations de l'environnement, l'IA pourra nous aider à mieux prédire les périodes de fortes et faibles charges. En fonction de ces charges, l'IA peut ajuster les allocations de ressources afin d'attribuer une priorité suffisante aux transmissions URLLC pendant les périodes critiques, tout en optimisant l'utilisation des ressources pour les services eMBB.

Comme nous le savons, les algorithmes d'IA peuvent également être utilisés pour détecter et atténuer proactivement les interférences qui pourraient affecter les transmissions URLLC, garantissant ainsi une performance constante. Nous souhaitons donc explorer l'IA pour mieux répartir les allocations de ressources aux services URLLC de manière à minimiser les interférences tout en réduisant l'impact sur les transmissions eMBB.

Enfin, nous souhaitons utiliser l'apprentissage par renforcement pour améliorer les allocations de ressources. Cela pourrait se faire, par exemple, en testant différentes stratégies d'ordonnement afin d'apprendre à choisir la meilleure pour chaque contexte et environnement.

Évidemment, nous travaillerons également sur les algorithmes d'ordonnement afin de les adapter et les ajuster aux algorithmes d'IA que nous proposerons.

## Profil du candidat

Master 2 en informatique, réseaux, télécommunications ou optimisation, anglais, IA.

## Références

- [1] M. Alsenwi, N. H. Tran, M. Bennis, A. K. Bairagi, and C. S. Hong, "eMBB-URLLC resource slicing: A risk-sensitive approach," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 23, no. 4, pp. 740–743, Feb. 2019.
- [2] A. Anand, G. De Veciana, and S. Shakkottai, "Joint scheduling of URLLC and eMBB traffic in 5G wireless networks," in *Proc. IEEE INFOCOM Conf. Comput. Commun.*, Honolulu, HI, USA, Apr. 2018, pp. 1970–1978.
- [3] Y. Li, C. Hu, J. Wang, and M. Xu, "Optimization of URLLC and eMBB multiplexing via deep reinforcement learning," in *Proc. IEEE/CIC Int. Conf. Commun. Workshops China (ICCC Workshops)*, Changchun, China, Aug. 2019, pp. 245–250.
- [4] Souhir Feki, Faouzi Zarai, and Aymen Belghith. A q-learning-based scheduler technique for lte and lte-advanced network. In *International Conference on Wireless Information Networks and Systems*, 2017.
- [5] R. T. Marler and J. S. Arora, "Survey of multi-objective optimization methods for engineering," *Struct. Multidisc. Optim.*, vol. 26, pp. 369–395, Apr. 2004.