

# Projet de session

Brunilde Sansò

Hiver 2023

Réseaux de communication sans-fil

ELE8702

10 mars 2024

## 1 Contexte

Ce projet consiste à étudier le comportement de différents types d'applications pouvant avoir lieu dans un réseaux 5G. Pour faire cela, vous devez élargir les fonctionnalités du simulateur développé au Labo 3 pour pouvoir tenir compte :

- d'une transmission de l'information plus proche du standard 5G NR
- d'une modélisation de l'application étant composée de paquets dont l'arrivée et la longueur suivent différentes distributions probabilistes.

## 2 Description des applications

Le projet comporte l'étude de trois applications.

1. **Streaming 4K.** Cette application représente un usager utilisant un téléphone mobile et partageant une vidéo UHD sur internet. Elle peut être modélisée, de façon simplifié, par un temps d'inter-arrivée de paquets suivant une lois exponentielle de moyenne 200 ms et une longueur de paquets de 400000 bits  $\pm$  20% distribués de manière uniforme. 40 UEs auront cette application.
2. **Contrôle manuel de drone.** On considère un usager contrôlant un drone avec une manette. Seul les messages de contrôle sont envoyés. Ces messages demandent peu de bande passante mais une très faible

latence. On modélise l'application comme étant composée d'un temps d'inter-arrivée uniforme entre 30 et 40 ms et une longueur de paquets de 100 bits  $\pm 5\%$  distribuée uniformément. 40 UEs auront cette application

3. **Détection d'automobile.** Un capteur optique détermine si une automobile est immobile ou non et envoie l'information à un système de contrôle à travers le réseau 5G. Le temps d'inter-arrivée des paquets suit une distribution uniforme entre 700 et 1300 ms et la longueur des paquets est aussi distribuée de façon uniforme avec une longueur de paquets de 100 bits  $\pm 5\%$ . 1000 UEs auront cette application.

### 3 Tâches

Vous devez :

- Décrire la modélisation de votre simulateur, en particulier les changements qui ont été faits par rapport au Lab 3 pour tenir compte des deux points indiqués dans le contexte.
- Décrire les changements et ajouts effectués aux fichiers de cas et autres fichiers d'entrées pour les tests effectués.
- Bien indiquer et justifier les nouveaux paramètres à utiliser ainsi que leurs valeurs.
- Faire des tests pour évaluer le réseau fonctionnant avec les différentes applications.
- Faire une analyse des résultats obtenus.
- Écrire un rapport.

### 4 Tests

8 simulations sont demandées : 4 pour FR1 et 4 pour FR2. Pour chaque niveau de fréquence (FR1 ou FR2), il faut faire un test avec chaque application individuellement et un test avec toutes les applications ensemble.

### 5 Analyse

1. Étudier la performance des applications quand elles co-existent par rapport au cas où elles sont évaluées individuellement. Les métriques

pertinentes et l'impact sur l'utilisateur doivent être mis en évidence.

2. Explication des résultats par rapport à votre implémentation dans le simulateur. Cette partie doit faire le lien entre vos résultats et votre code, en particulier des anomalies, valeurs extrêmes, approximations, etc.
3. Relever des améliorations possibles de votre simulateur. Ne pas juste soulever les problèmes, mais indiquer des méthodes pour les résoudre (sans les coder).

## 6 Informations supplémentaires

Afin de rendre la transmission de l'information plus proche du standard 5G NR, vous devriez passer au moins à travers les étapes suivantes :

- Déterminer un CQI pour chaque UE en considérant vos calculs de pathloss. Créez-vous une fonction appropriée de “mapping” de votre pathloss en niveau de CQI. Justifiez votre méthode.
- Déterminer l'efficacité de la transmission en fonction du CQI
- Déterminer le nombre de RB (Ressource Blocks) disponibles par antenne et par slot en fonction de la largeur de bande du canal et l'espacement entre sous-porteuses.
- Transformer le nombre total de RBs en bits
- Vous rappeler qu'en 5G l'espacement entre sous-porteuses détermine la longueur du slot.

### 6.1 Lectures préparatoires

Survolez la section 5.2.2.1 de **TS 38.214**. Concentrez vous sur les tableaux. Bien que ces tableaux soient définis pour le downlink, nous les utiliseront pour le uplink aussi.

Survolez les section 5.3.1 et 5.3.2 des documents **TS 38.101-1** et **TS 38.101-2**. Concentrez vous encore une fois sur les tableaux.

### 6.2 Conversion ressource à information

Voici une façon simplifiée de déterminer le volume d'information qu'il est possible de transmettre. Pour un certain nombre de RBs (Ressource Block), il faut déterminer le nombre de REs (Resource Element) disponibles. Les REs

représentent un symbole d'information. Le nombre de REs dans un RB est déterminé par l'équation suivante :

$$N_{RE}^{RB} = N_{sc}^{RB} * N_{symb}^{sh} - N_{overhead} \quad (1)$$

où

- $N_{RE}^{RB}$  est le nombre de REs par RB.
- $N_{sc}^{RB}$  le nombre de sous-porteuse par RB. Est égal à 12.
- $N_{symb}^{sh}$  est le nombre de symboles OFDM dans un slot. A une valeur de 14 dans le cas général.
- $N_{overhead}$  sont des éléments de ressource réservés pour le DMRS et les couche supérieures. Il doit être donné en paramètre du simulateur.

Une fois le nombre de symboles par RB déterminé, il est possible de déterminer la taille de message que l'on peut envoyer en utilisant la fonction suivante :

$$N_{info} = N_{RB} * N_{RE}^{RB} * eff \quad (2)$$

où

- $N_{RB}$  est le nombre de RBs disponible.
- $eff$  l'efficacité donnée par la table de CQI.

Pour plus d'information, consulter le document **TS 38.214** section 5.1.3.2. Vous pouvez également consulter le mémoire de maîtrise de Victor Boutin (voir Calcul du TBS dans le Chapitre 3 ainsi que l'Annexe)

## 7 L'équipe

Pour les fins du travail de session, on demande la fusion de deux équipes de lab. Si l'équipe  $n$  fusionne avec l'équipe  $m$  la nouvelle équipe sera l'équipe  $nm$ . Par exemple, si les équipes 3 et 4 ont fusionné la nouvelle équipe sera l'équipe 34.

## 8 Livrables

1. Un rapport en format pdf.
  - L'appeler `ts_eqnm_rapport.pdf`. "ts" pour "travail de session"
2. Tous les fichiers d'entrées utilisés.

- Inclure le nom de l'équipe dans les noms des fichiers. Par exemple `ts_eqnm_cas.yaml`
- 3. Tous les fichiers de sortie obtenus
  - Inclure le nom de l'équipe dans les noms des fichiers de sortie. Par exemple `ts_eqnm_coords.txt`
- 4. Votre code python ainsi que tous les modules pour le faire tourner
  - Le code Python doit s'appeler `ts_eqnm.py`. Mettre des noms significatifs aux modules.
- 5. Un fichier `ts_readme_eqnm.txt` qui indique comment faire tourner le programme et comment interpréter les entrées et sorties obtenues.

## 9 Rapport

Quelques points sur le rapport :

- attention au plagiat !
  - toute source externe doit être citée ;
- attention à l'orthographe et à la présentation des idées ;
- tout rapport doit comporter **au moins**
  - un titre,
  - la liste des auteurs avec leur matricules,
  - la date,
  - le nom du cours,
  - le professeur du cours,
  - un index,
  - une liste de figures,
  - une liste d'acronymes,
  - une liste des notations mathématiques (le cas échéant),
  - une introduction,
  - une ou des sections qui seront le coeur du rapport,
  - une conclusion,
  - une liste bibliographique ;
- le rapport devra avoir un maximum de **15 pages à double interligne, 12pt**, incluant toutes les figures et listes ;
- il devra être soumis en format PDF ;
- vous êtes fortement encouragés à
  - écrire votre rapport en Latex et utiliser Bibtex,

- utiliser SVN ou Git pour le travail collaboratif,
- utiliser Antidote pour corriger les textes.

## 10 Barème

- Description du simulateur, des tests et modules (12%)
- Sélection des paramètres de test (20%)
- Qualité des résultats obtenus (20%)
- Interprétation des résultats niveau application (10%)
- Lien entre les résultats et l'implémentation du simulateur (10%)
- Proposition d'amélioration du simulateur (8%)
- Respect des consignes (10%)
- Structure et présentation du rapport (10%)

## 11 Date de remise

**18 avril 2024, 17h.**

**Note :** les retards de remise entraînent les pénalités suivantes :

- 10% pour un retard la même journée,
- 15% pour chaque journée supplémentaire.