

Application Réseau Mobile

TP3

Cédric Richier

Belhadj Walid

uapv2101413

Outil de simulation

Vienna_LTEA_SLS_v2.0_Q3_2018

Objectif

On se propose dans ce TP d'étudier l'architecture du réseau 4G LTE (Long Term Evolution).

- Environnement de propagation,
- Ordonnancement (scheduling) des ressources,
- Réutilisation fractionnelle de fréquences :FFR.

Fichier de configuration

Dans ce TP, on utilisera le fichier de configuration `hex_grid_tilted` qui se trouve dans le dossier `simulation_config`. Dans ce fichier se trouve la plupart des paramètres à modifier pour configurer notre réseau.

Débit maximal en downlink

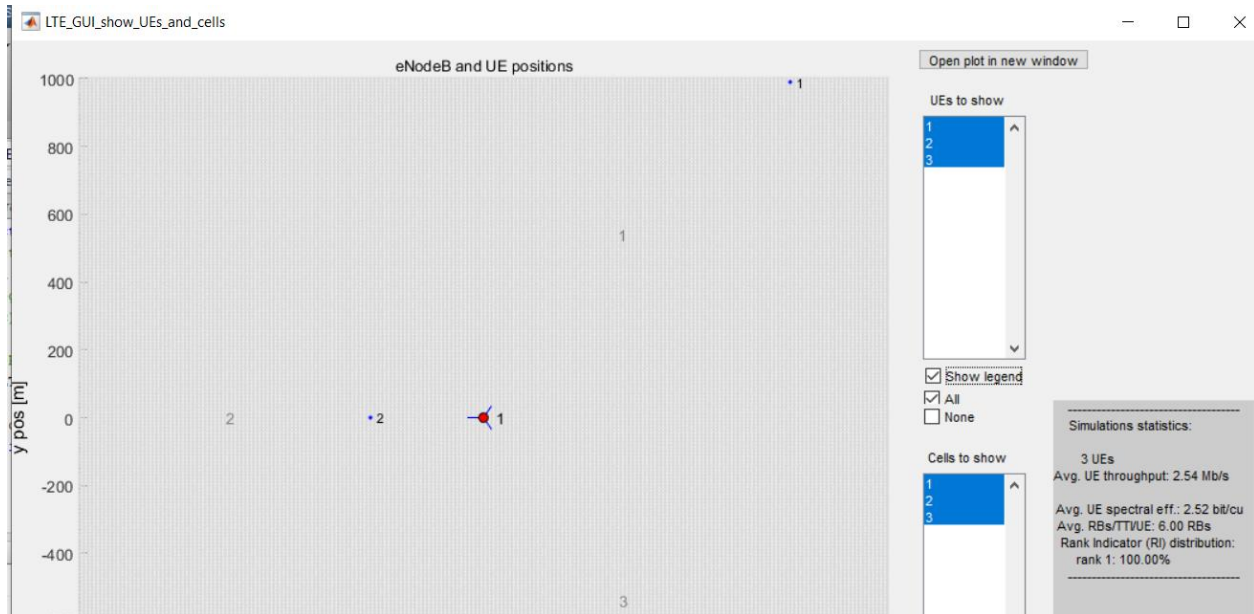
On va tout d'abord chercher à connaître le débit maximal du réseau LTE dans le simulateur. Pour ce faire, modélisez une cellule tri sectorielle avec un utilisateur par secteur en modifiant les paramètres adéquats dans le fichier de configuration.

On change le nombre d'anneaux de 1 à 0 :

```
LTE_config.nr_eNodeB_rings = 0; % Number of eNodeB rings au lieu de 1
```

On change le nombre d'utilisateur à 1 pour un seul utilisateur par cellule.

```
LTE_config.UE_per_eNodeB = 1;
```



Réponse 1: Comparaison du débit obtenu après simulation au débit théorique annoncé par le standard LTE. Commentez le résultat.

Le débit annoncé par le standard LTE (entre 1.4 Mhz et 20 Mhz) avec un débit binaire théorique de **300 Mbit/s**, et dans notre simulation on a obtenu un débit moyen de 0.99 Mbits/s

Jusqu'à 3.83 Mbits/s qui est largement plus petit par rapport au débit théorique annoncé par LTE

Environnement de propagation

Dans cette partie, on va voir dans un premier temps l'impact de l'environnement sur les performances de tout réseau en l'occurrence le LTE. On se focalisera sur l'atténuation du signal.

Pour cela, on définit trois (3) scénarios de simulation :

- Freespace,
- TS36942 (Vehicular Test Environnement) en environnement urbain,
- Cost231 (extension du modèle Okumura-Hata) en environnement micro-urbain.

Les paramètres suivants vous seront utiles :

- `LTE_config.macroscopic_pathloss_model`
- `LTE_config.macroscopic_pathloss_model_settings.environment`

On pourra simuler un réseau de 7 eNodeBs (stations de base) :

- `LTE_config.nr_eNodeB_rings = 1`
- avec au moins 5 utilisateurs par secteur.

Réponse 2: Les trois types d'atténuation qu'on rencontre dans la transmission du

signal :

Le Pathloss - Le Shadowing - Le Fading

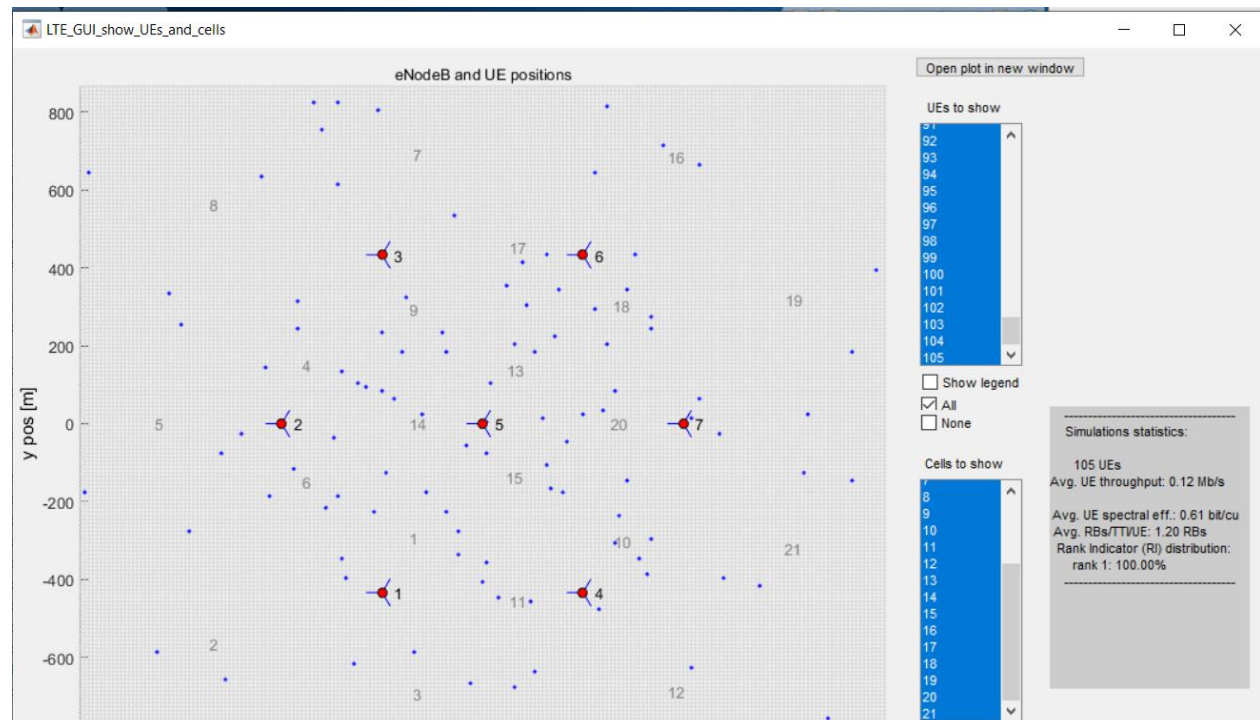
Réponse 3: Analyse les résultats des trois (3) simulations et conclure. Pour ces simulations il faudra mettre le paramètre `LTE_config.show_network` à 2 pour voir des figures supplémentaires pouvant vous être utiles (ligne 3 du fichier : `LTE_sim_main_launcher_demo_basic.m`)

Scénario 1 : Free space :

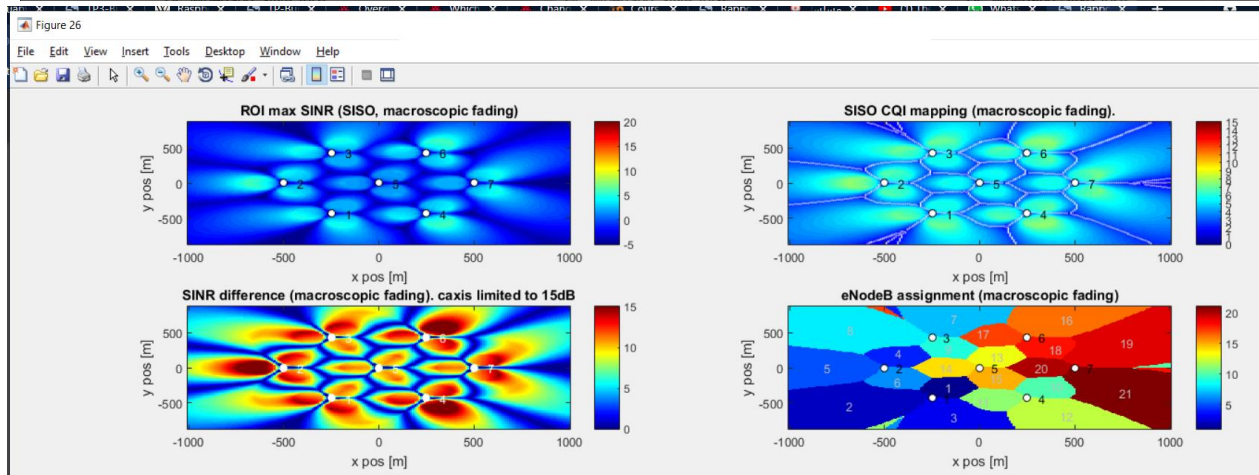
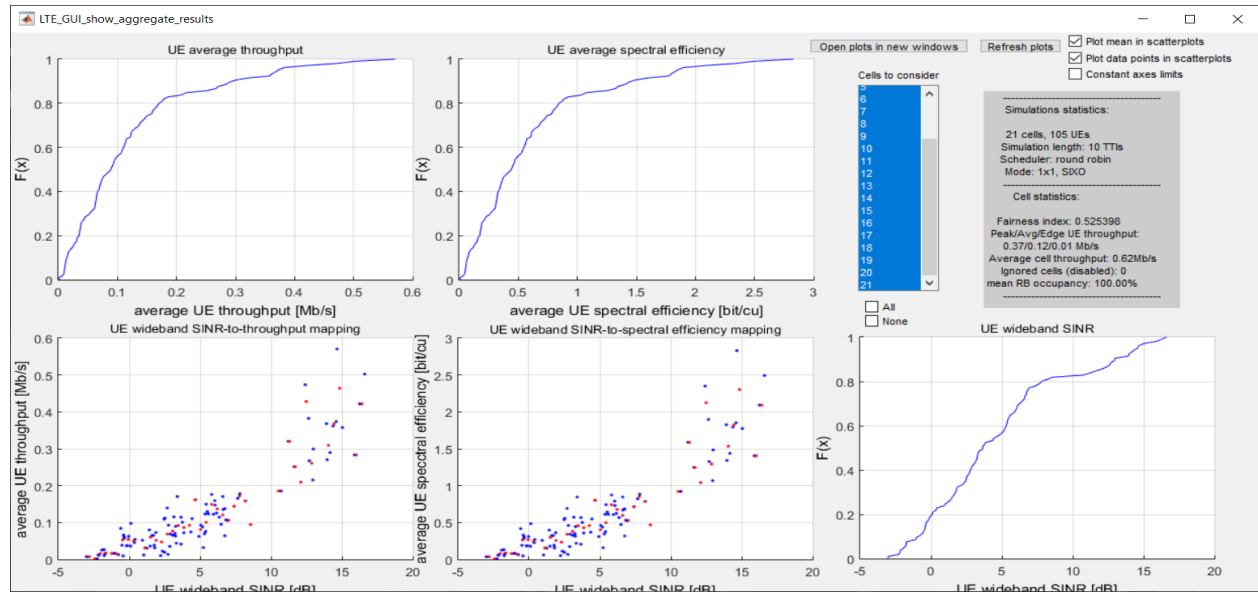
```

20 - LTE_config.network_geometry           = 'regular_hexagonal_grid';
21 - LTE_config.shadow_fading_type       = 'none';
22 - LTE_config.UE_per_eNodeB            = 5; %10
23 - LTE_config.show_network              = 2;
24 - LTE_config.macroscopic_pathloss_model = 'free space';
25 - LTE_config.macroscopic_pathloss_model_settings.environment = 'urban';
26 - LTE_config.nr_eNodeB_rings = 1;

```



On remarque l'affichage d'un nombre réduit de utilisateurs par station de base et au total 105 au lieu de 210 utilisateurs à la première simulation dans l'espace de 7 stations de base. Donc plus on réduit

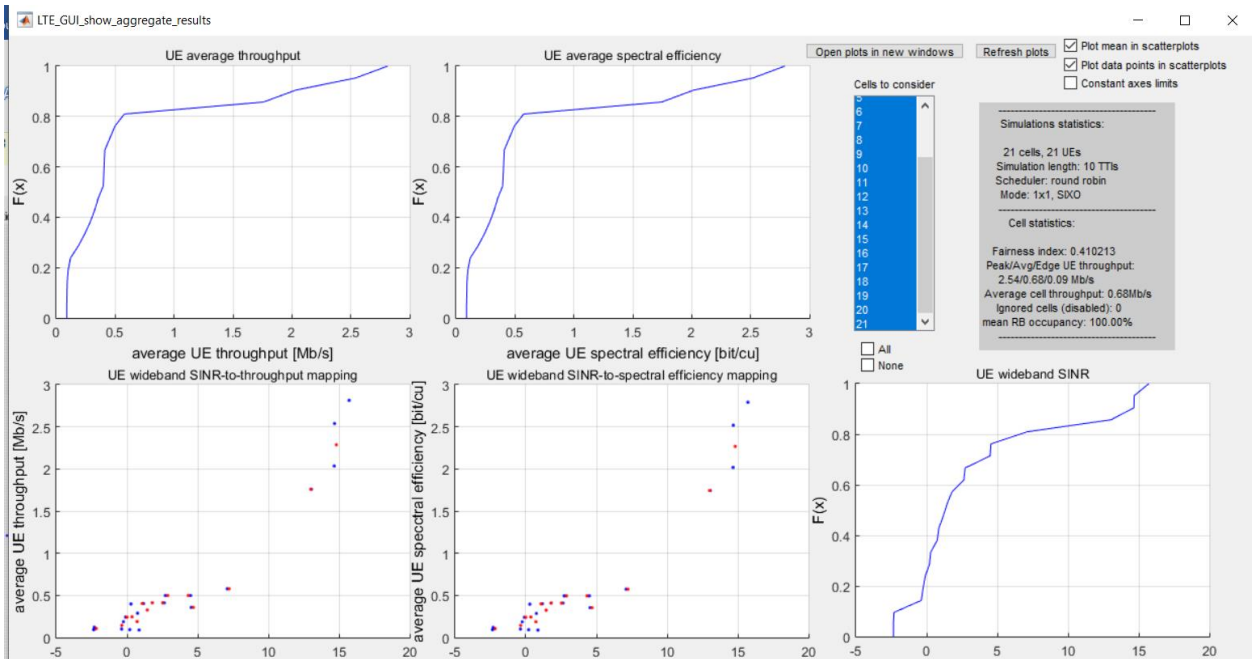
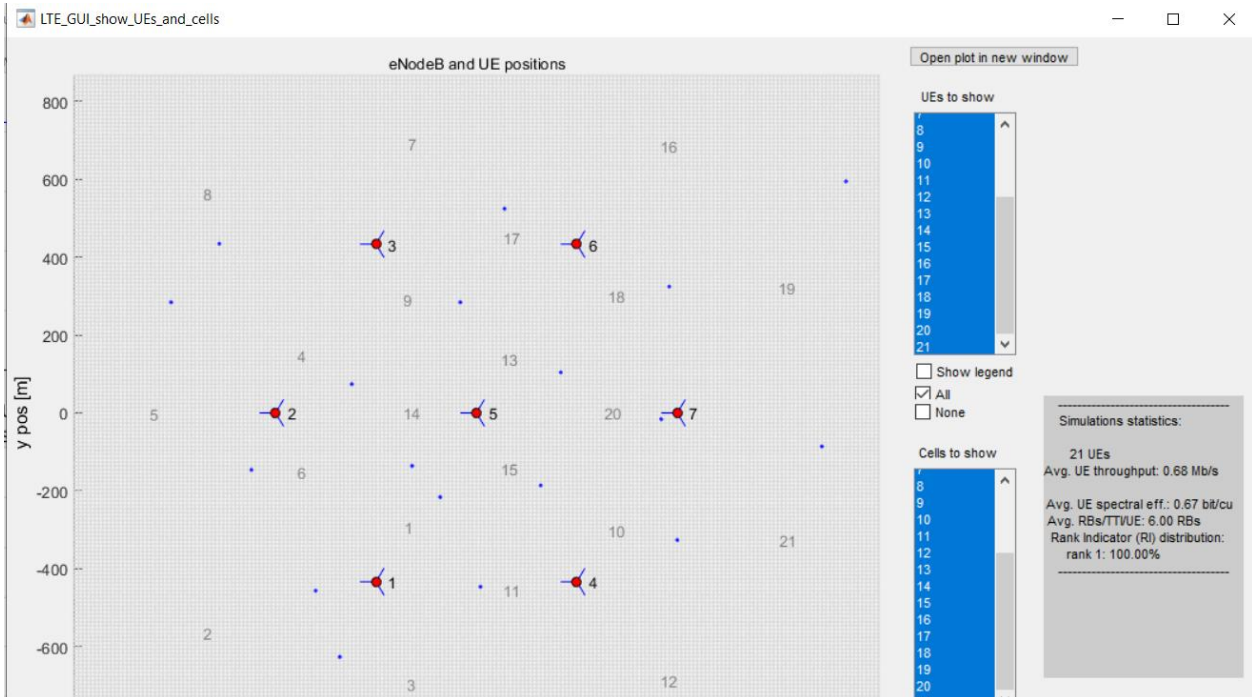


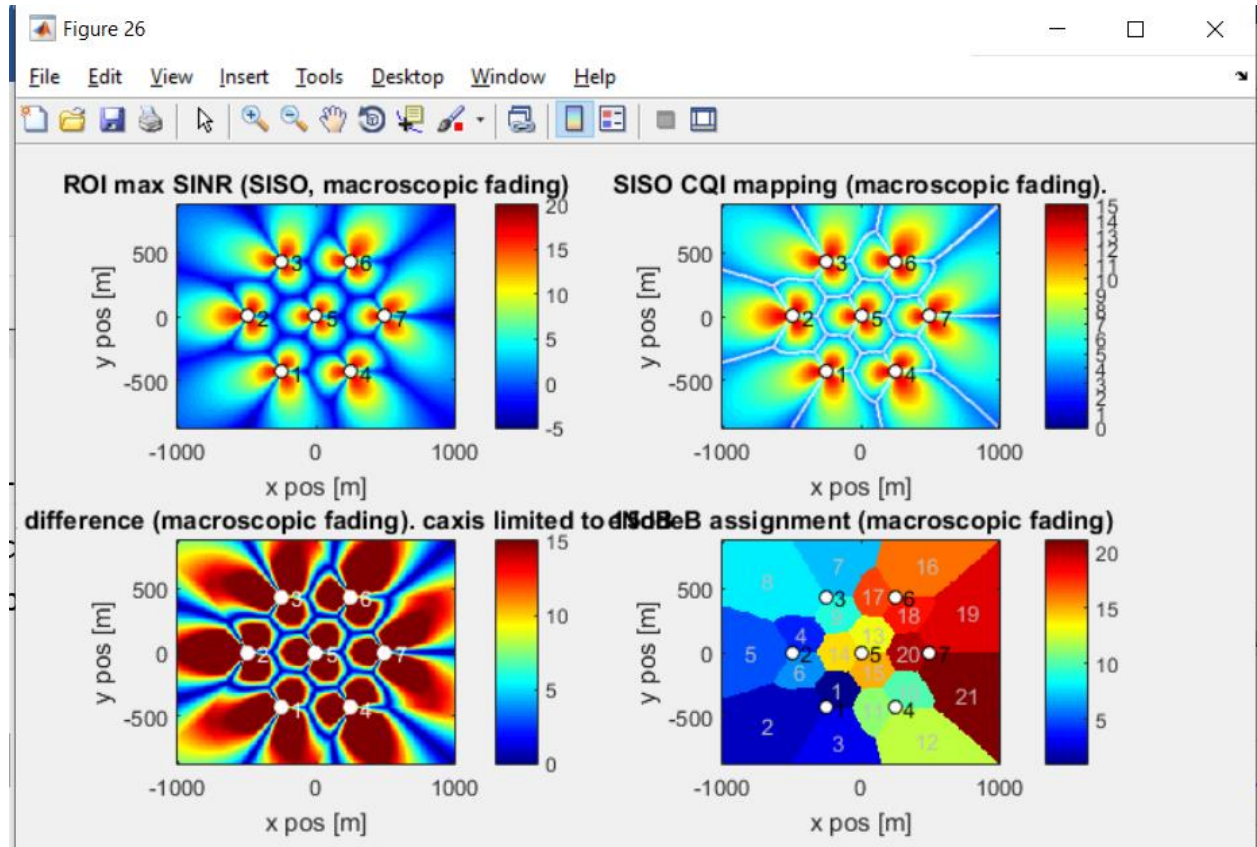
S nario 2 :

```

22 - LTE_config.UE_per_eNodeB = 1; %10
23 - LTE_config.show_network = 2;
24 - LTE_config.macroscopic_pathloss_model = 'cost231';
25 - LTE_config.macroscopic_pathloss_model_settings.environment = 'urban_macro';
26 - LTE_config.nr_eNodeB_rings = 1;
27 - LTE_config.scheduler = 'round robin'; % prop fair Sun
28 - LTE_config.channel_model.type = 'TU';
29
30 - LTE_config.simulation_time_tti = 10;
31 - LTE config.keep UEs still = true;

```



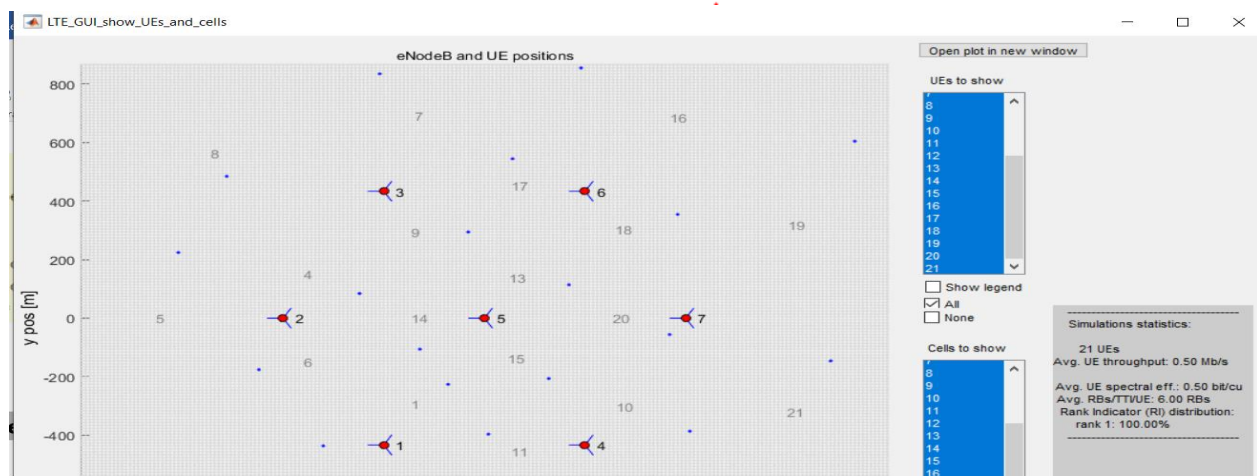


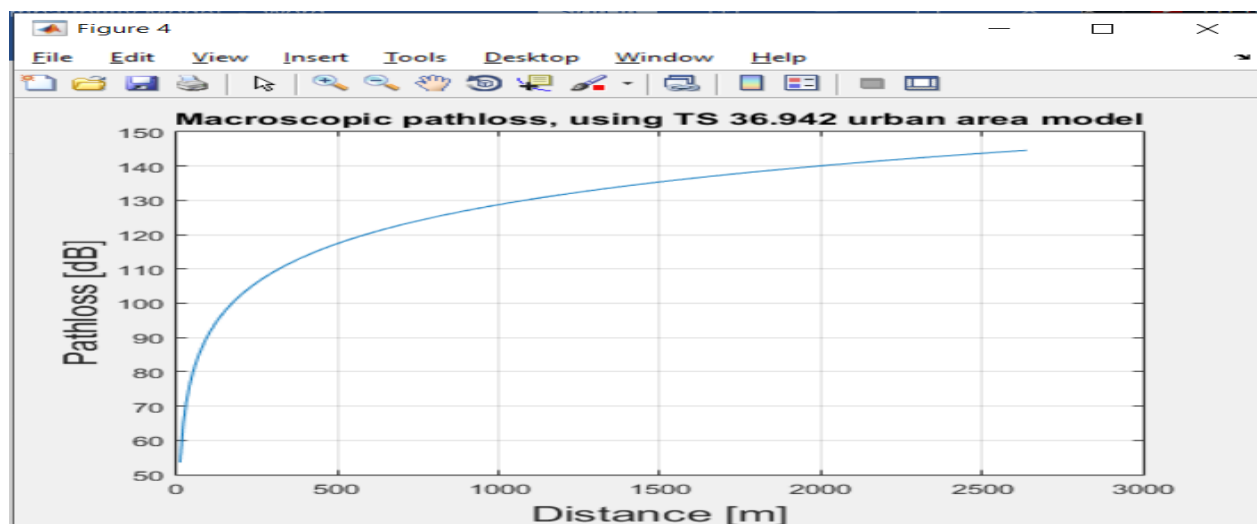
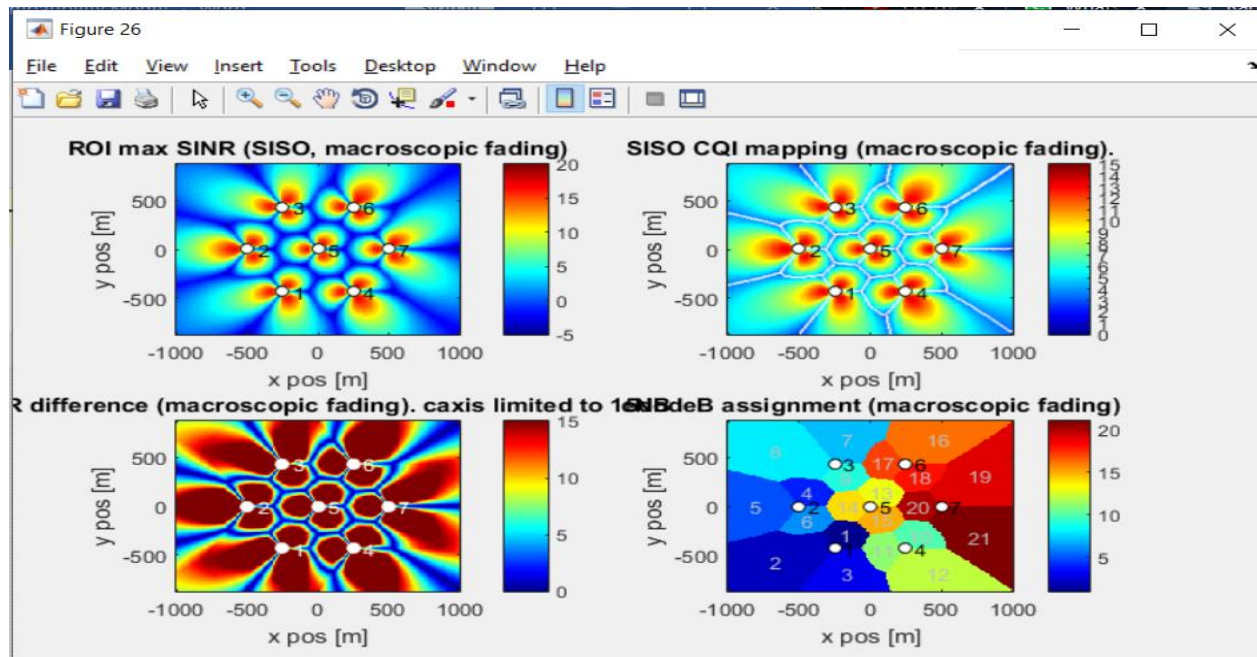
Réponse 4: Ensuite fixez le modèle de pathloss à TS36942 et faites des simulations pour voir l'impact du nombre de mobiles sur les performances du réseau. On pourra modifier le nombre d'utilisateurs par secteur et tracer la courbe du débit moyen. Analysez les résultats et conclure.

```

20 - LTE_config.network_geometry = 'regular_hexagonal_grid';
21 - LTE_config.shadow_fading_type = 'none';
22 - LTE_config.UE_per_eNodeB = 1; %10
23 - LTE_config.show_network = 2;
24 - LTE_config.macroscopic_pathloss_model = 'TS36942';
25 - LTE_config.macroscopic_pathloss_model_settings.environment = 'urban';
26 - LTE_config.nr_eNodeB_rings = 1;

```





Commentaire et conclusion :

Le résultat de simulation entre **TS36942** et **COST231** sont les mêmes et par rapport à la simulation de 'free space' qui est différents aux deux autres, mais ça reste loin du débit exposé pour une simulation d'un milieu urbain, on peut voir aussi les graphes de atténuation qui prend des valeurs plus élevées dans la simulation en free space et un peu moins bas par rapport aux deux autres

Calcul du débit

Réponse 5: Quelle est la formule utilisée pour calculer le débit utilisateur dans le simulateur ? Est- elle conforme à la formule vue en cours ? (cherchez dans la fonction `link_quality_model` de la classe `network_elements_UE.m`)


```

534 % Calculation of the wideband SINR
535 if there_are_interferers
536     obj.wideband_SINR = 10*log10(sum(RX_total(:))/(sum(interf_power_all_RB(:))+thermal_noise_watts_per_half_RB*nSC));
537 else
538     obj.wideband_SINR = 10*log10(sum(RX_total(:))/(thermal_noise_watts_per_half_RB*nSC));
539 end
540
541 % Calculation of the post-equalization symbols SINR
542 STNR_DB = 10*log10(STNR_1/STNR_1000);

```

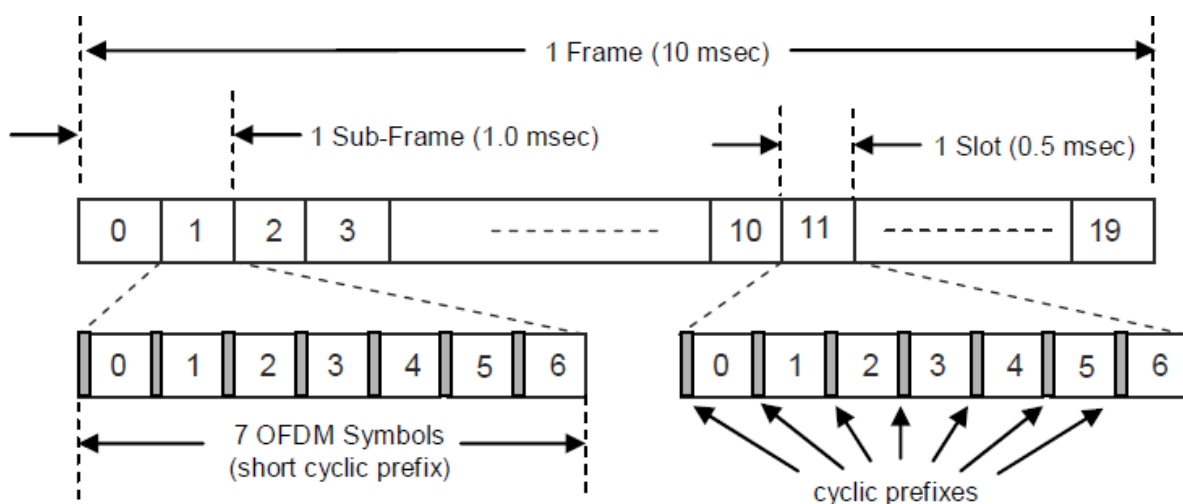
La formule n'est pas conforme par rapport à la formule étudiée au cours.

• Signal to Interference & Noise Ratio $SINR = \frac{S}{P_{bruit} + P_{Interference}}$

Ordonnanceur (scheduler)

L'ordonnanceur est l'entité au niveau de l'eNodeB qui alloue les ressources aux utilisateurs. Pour mieux comprendre sa fonction, il faut d'abord comprendre le principe de la technique d'accès multiple du LTE qui est l'OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access).

Dans le domaine temporel, on a des trames LTE de 10msec. Chaque trame est composée de 10 subframes, chacune sur 2 slots de durée 0.5msec chacun. A chaque transmission une seule subframe est envoyée, ce qui implique une durée de transmission de deux slots $0,5 \times 2 = 1\text{msec}$ appelé Intervalle de Temps de Transmission (TTI=1msec),



Chaque slot est divisé en symboles OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Le symbole OFDM contient les bits à transmettre, le nombre de bits par symbole n'est pas fixe mais dépend de la modulation utilisée (QPSK, QAM, 16-QAM).

Réponse 6: Cherchez la valeur du TTI dans le simulateur. Dans le même fichier

```

571
572 %% Moved from the "do not touch" section
573
574 - LTE_config.RB_bandwidth      = 180e3;           % Freq
575 - LTE_config.TTI_length      = 1e-3;           % Leng
576

```

(LTE_load_params_dependant), vous trouverez un paramètre nommé CP (cyclic prefix). Quelle est sa valeur ?

```
LTE_config.cyclic_prefix = 'normal';
```

Il permet de supprimer les interférences inter-symboles. Quels sont les ordres de modulation utilisés dans le simulateur ?

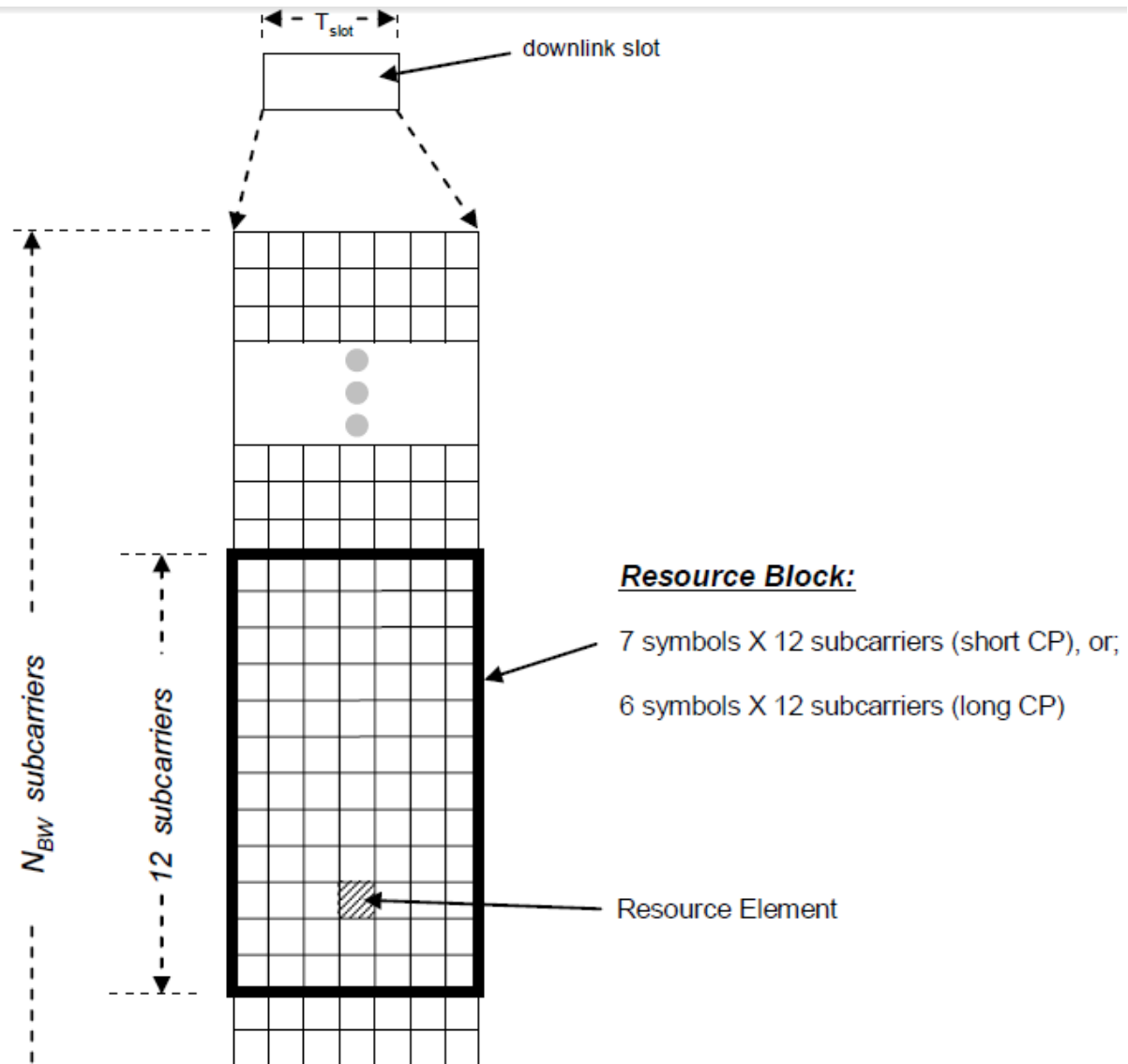
Ordres de modulation 2, 4 et 6

```

790 % CQI 1 is index 1, CQI 2 is index 2, etc...
791 - LTE_config.CQI_params(1).CQI = 1;
792 - LTE_config.CQI_params(1).modulation = 'QPSK';
793 - LTE_config.CQI_params(1).modulation_order = 2;
794 - LTE_config.CQI_params(1).coding_rate_x_1024 = 78;
795 - LTE_config.CQI_params(1).efficiency = 0.1523;
796
827 - LTE_config.CQI_params(7).CQI = 7;
828 - LTE_config.CQI_params(7).modulation = '16QAM';
829 - LTE_config.CQI_params(7).modulation_order = 4;
830 - LTE_config.CQI_params(7).coding_rate_x_1024 = 378;
831 - LTE_config.CQI_params(7).efficiency = 1.4766;
832
857 - LTE_config.CQI_params(12).CQI = 12;
858 - LTE_config.CQI_params(12).modulation = '64QAM';
859 - LTE_config.CQI_params(12).modulation_order = 6;
860 - LTE_config.CQI_params(12).coding_rate_x_1024 = 666;
861 - LTE_config.CQI_params(12).efficiency = 3.9023;
862

```

Dans le domaine fréquentiel, la bande passante est divisée en sous porteuses de 15Khz chacune. 12 sous porteuses consécutives sur un slot (0.5msec ou 7 symboles OFDM) consiste en un bloc ressources (RB). Le standard définit pour chaque bande passante un nombre de blocs ressources.



Réponse 7: Donnez le nombre de RBs disponible dans chaque secteur pour la bande passante correspondante à votre simulation.

Nombre de RBs disponible :

```

648 - switch LTE_config.bandwidth
649 -     case 1.4e6
650 -         LTE_config.N_RB = 6;

657 -     end
658 - case 3e6
659 -     LTE_config.N_RB = 15;
660 -     LTE_config.fft_points = 256;
661 -     switch LTE_config.cyclic_prefix
662 -         case 'normal'

```

```

667 - case 5e6
668 -     LTE_config.N_RB = 25;
669 -     LTE_config.fft_points = 512;

case 10e6
    LTE_config.N_RB = 50;
case 15e6
    LTE_config.N_RB = 75;
case 20e6
    LTE_config.N_RB = 100;
    LTE_config.fft_points = 2048;

```

L'unité d'allocation de l'ordonnanceur est le bloc ressources(RB). On va étudier et comparer deux ordonnanceurs : round robin et bestCQI. Un ordonnanceur est entièrement défini par sa politique d'attribution des ressources.

Réponse 8: Quelles sont les politiques d'attribution de ressources de ces deux ordonnanceurs ?

roundRobinScheduler, bestCqiScheduler

Vous pouvez lancer des simulations en mode débogage et regarder ce qui se passe dans les fichiers de ces deux ordonnanceurs : roundRobinScheduler et bestCqiScheduler.

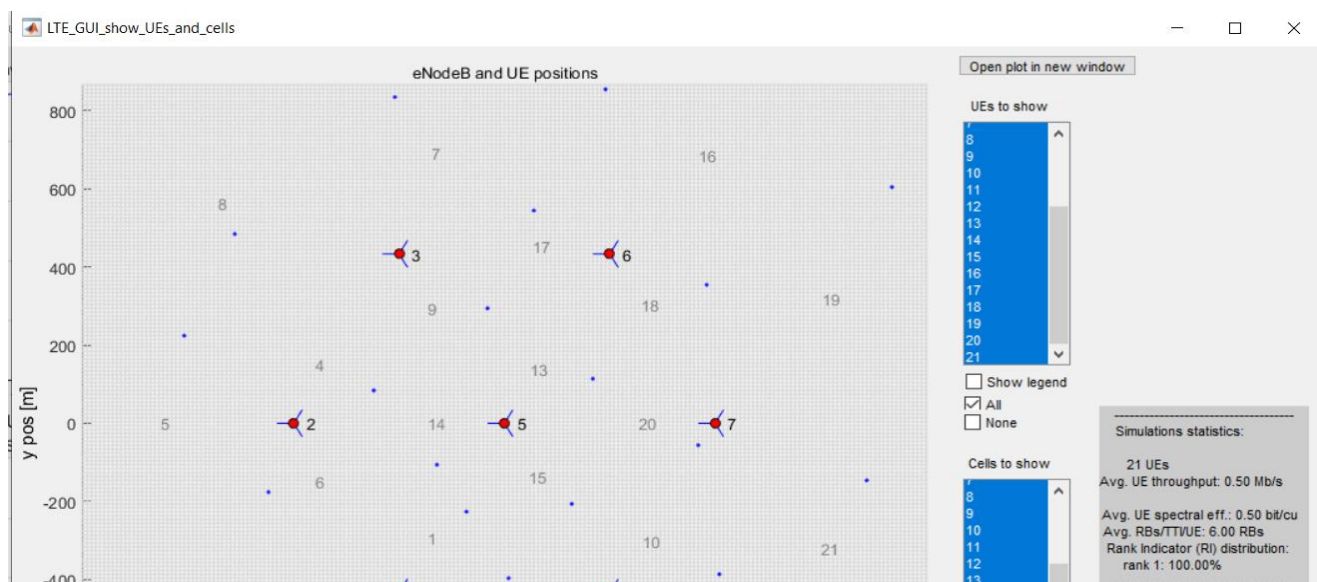
Réponse 9: Faites deux simulations pour comparer ces deux ordonnanceurs. Lequel a les meilleures performances ? Pourquoi ?

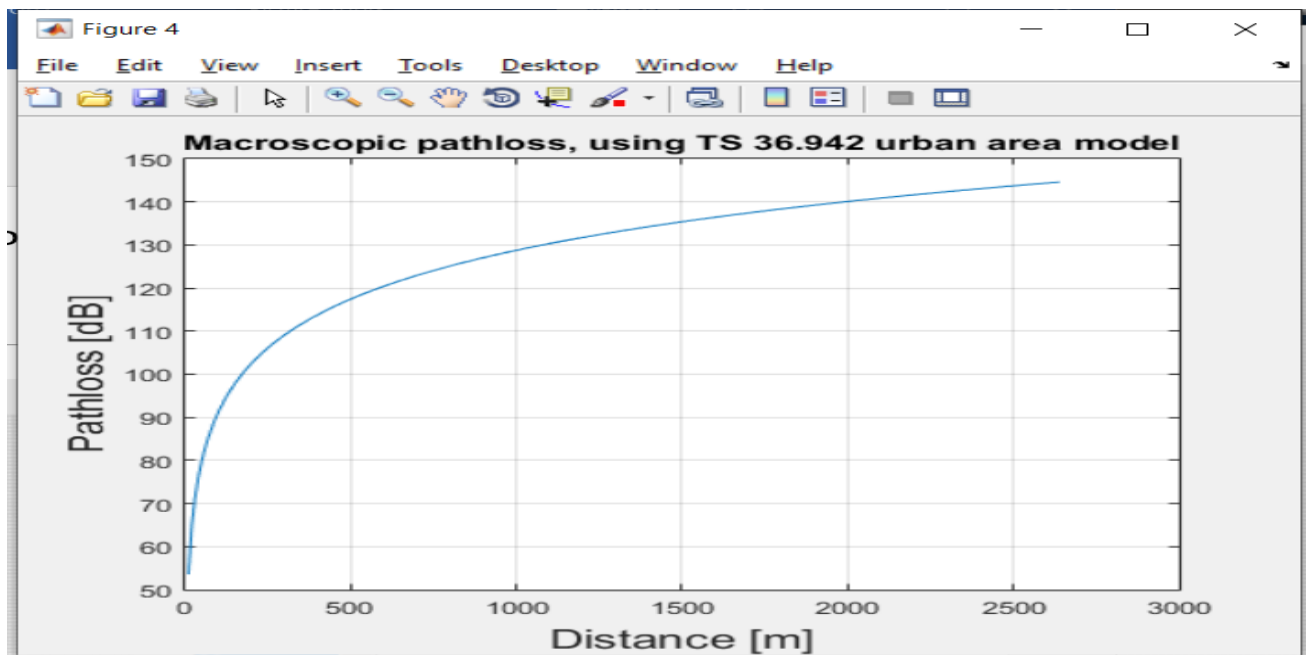
```

27 - LTE_config.scheduler = 'best cqi'; % prop fair Sun % round robin par defau
28 - %LTE_config.scheduler = 'round robin';

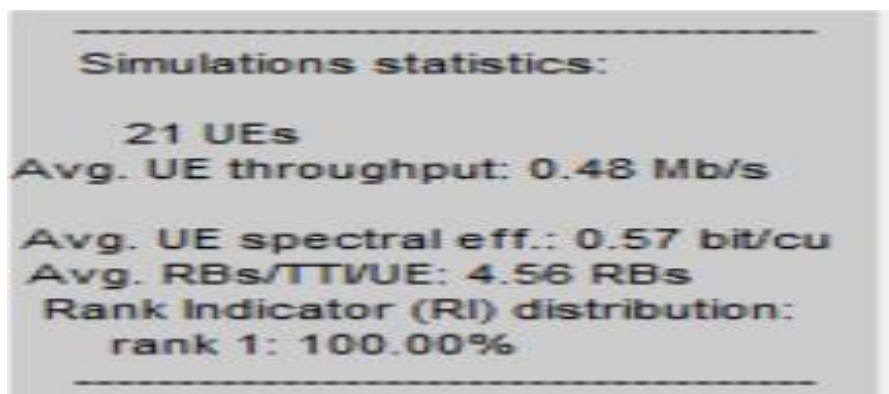
```

Par RoundRobin





Best CQI



Le mode par défaut dans le simulateur est **RoundRobin** et il est meilleur par rapport à **Best CQI**

Round Robin assure l'attribution du même qualité de signal à tous les utilisateurs.

Fractional Frequency Reuse (FFR)

Pour limiter les interférences dans les réseaux cellulaires, on évite la réutilisation fréquentielle d'ordre 1, c'est-à-dire l'utilisation de la même fréquence dans les cellules voisines, ce qui pourrait engendrer des pertes de ressources. On adopte donc la réutilisation d'ordres 3 ou 7. C'est la solution utilisée très généralement, elle limite les interférences entre les cellules. Mais elle diminue l'efficacité spectrale car la bande passante est divisée, par exemple en 7 pour la réutilisation d'ordre 7.

La nouvelle méthode que nous allons voir est la réutilisation fractionnelle. Que ce soit une réutilisation 3 ou 7, la bande passante est divisée comme le montre la figure ci-dessous. La fréquence centrale f_c est utilisée dans les centres des cellules tandis que les fréquences f_1 , f_2 et f_3 sont utilisées en bordure de cellules.

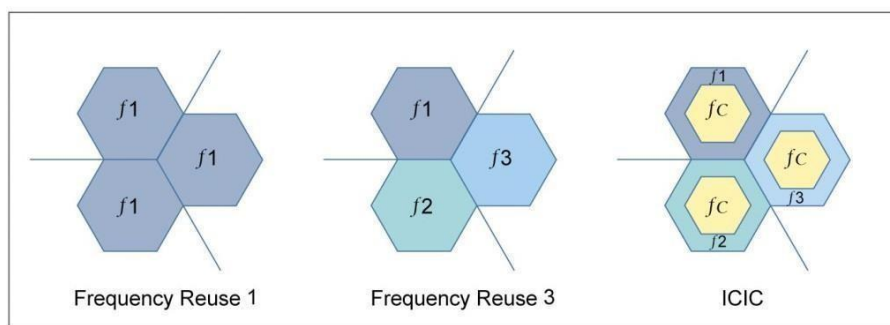
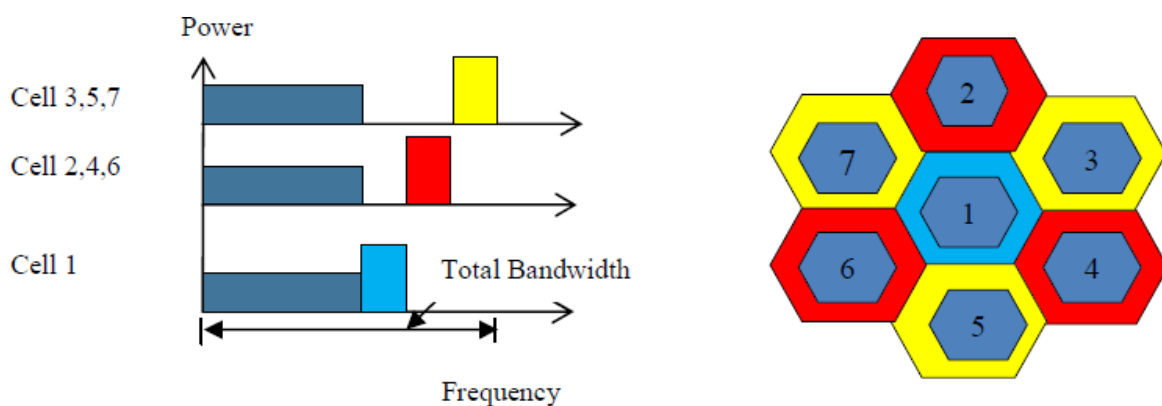


Figure 1. Networking based on different frequency reuses.



Pour utiliser la réutilisation partielle de fréquences, on va devoir ajouter quelques lignes de code.

```
LTE_config.FFR_active=true;
LTE_config.scheduler
    = 'FFR';
LTE_config.scheduler_params.FR_scheduler.scheduler
```

```
= 'round robin';  
LTE_config.scheduler_params.PR_scheduler.scheduler  
= 'round robin';  
LTE_config.FFR_params.beta_FR = 1;  
LTE_config.FFR_params.SINR_threshold_value = 7;
```

Ajoutez ces lignes de code dans le fichier `hex_grid_tilted`. Ensuite dans le fichier `LTE_sim_main_launcher_demo_basic.m` ajoutez les lignes suivantes :

```
LTE_config.scheduler = 'FFR'; %peut être commenté  
LTE_config.shadow_fading_type = 'none';  
% 'claussen' -> 'none' LTE_config.target_sector =  
[11];
```

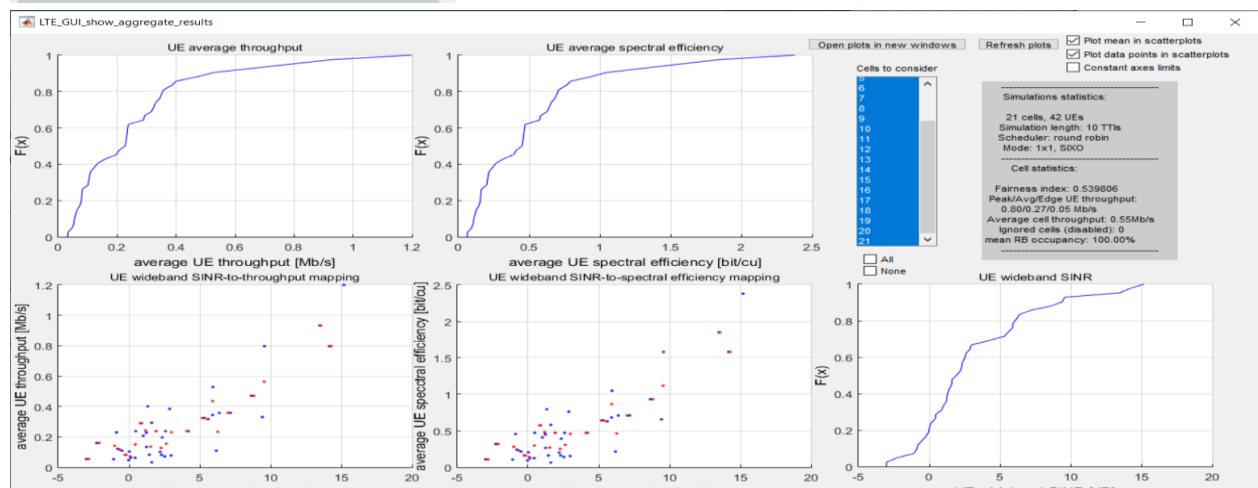
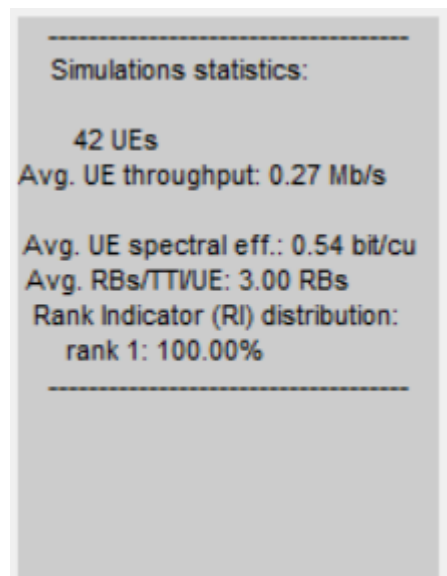
Il faut plus d'une cellule pour la réutilisation fractionnelle. A la fin de la simulation, les utilisateurs qui utilisent le full reuse (fc) sont représentés par des points tandis que ceux utilisant le partial reuse (f1, f2, f3) sont représentés par des croix.

```

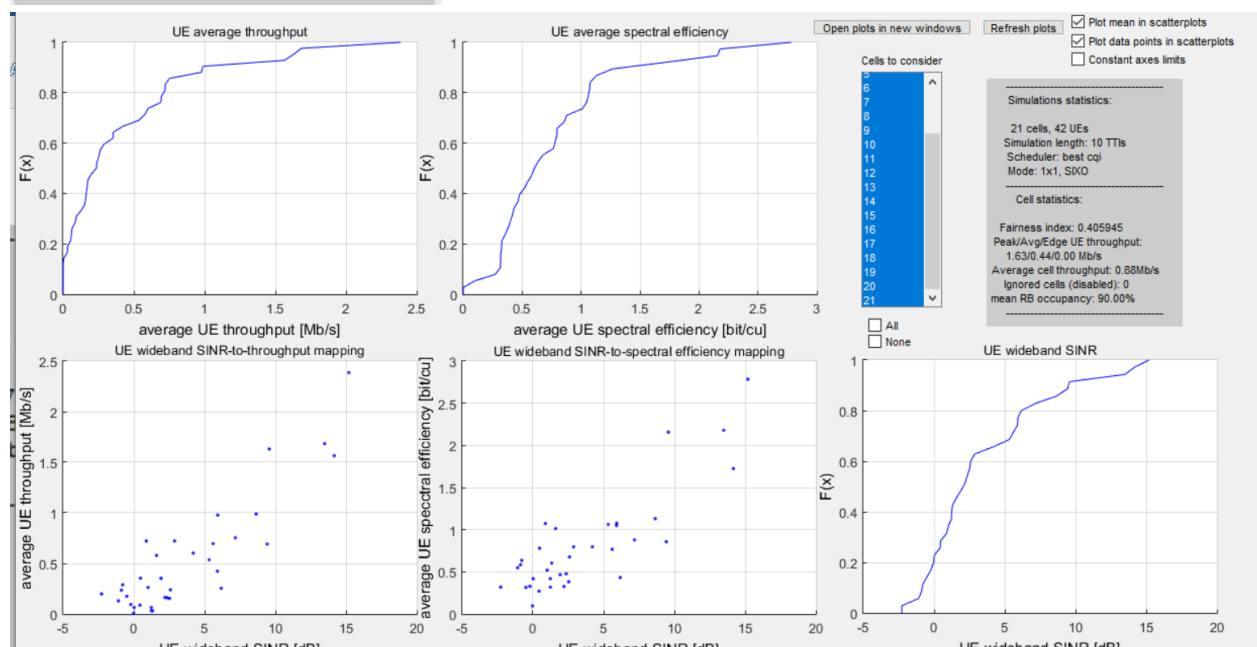
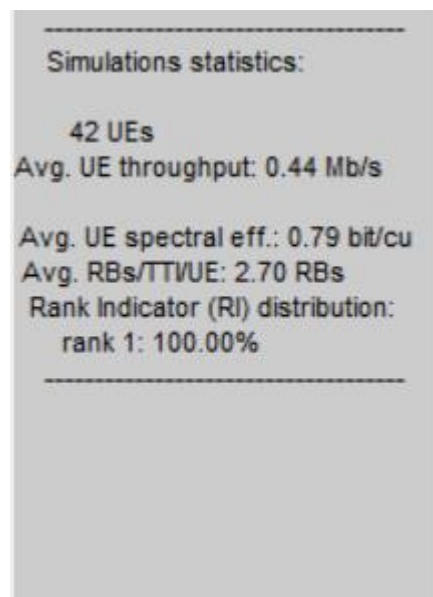
6 % www.nt.tuwien.ac.at
7 LTE_config.scheduler = 'FFR'; %peut être commenté
8 LTE_config.shadow_fading_type = 'none'; %'claussen'-'>'none'
9 LTE_config.target_sector = [11];
10 %& Debug options
11
12 % www.nt.tuwien.ac.at
13 LTE_config.scheduler = 'FFR'; %peut être commenté
14 LTE_config.shadow_fading_type = 'none'; %'claussen'-'>'none'
15 LTE_config.target_sector = [1 1];
16 LTE_config.FFR_active=true; LTE_config.scheduler = 'FFR';
17 LTE_config.scheduler_params.FR_scheduler.scheduler = 'round robin';
18 LTE_config.scheduler_params.PR_scheduler.scheduler = 'round robin';
19 LTE_config.FFR_params.beta_FR = 1;
20 LTE_config.FFR_params.SINR_threshold_value=7;

```

Réponse 10: Faites deux simulations pour montrer l'efficacité de cette technique d'utilisation de fréquences par rapport à la réutilisation classique. Pensez à utiliser le même ordonnanceur pour les deux scénarios.



Simulation 2



Annexe:

Les packages importants :

- +macroscopic_pathloss_models: les modèles de propagation du signal
- +network_elements: les éléments réseaux comme la station de base et les utilisateurs
- +schedulers: les différents types d'ordonnanceur
- +simulation_config: les fichiers de configuration
- +tracing: sauvegarder les résultats de certaines variables
- +traffic_models: les différents types de trafic comme la vidéo, ftp, http...

Les classes et fonctions importantes (hors packages):

LTE_sim_main: la classe principale du simulateur où les fonctions importantes sont appelées
LTE_sim_main_launcher_examples: permet de lancer les simulations
LTE_load_params_dependant: contient les paramètres à ne pas modifier
LTE_load_params: détails sur les options de simulation
LTE_GUI_show_UEs_and_cells: figure montrant les cellules et les utilisateurs
LTE_GUI_show_aggregate_results: figure montrant les résultats de simulation