



Projet : Simulation d'un réseau 4G en vue d'optimiser les ressources spectrale de l'opérateur

Manuel d'utilisateur du logiciel LTE-SIM

Réalisé Par :

ALICHE Sonie
LO Mame Diarra
SAADE Zakaria
SALL Dame
SOHTSINDA Hermann

Commanditaire :

LAUNAY Frédéric

Encadrants :

PERRINE Clency
KAMBOU Samy

Année académique 2012/2013

Sommaire

Abréviations	3
But du document	4
Contenu du document.....	4
I. présentation du logiciel	5
1. Présentation générale.....	5
2. Fonctionnalités	5
3. structure du logiciel	6
II. Simulation de scenario sur LTE-SIM.....	7
1. Présentation des différentes étapes de création des scenarios	7
2. Présentation de l'ensemble des scenarios prédéfinis sur le logiciel	7
3. Description des Paramètres pertinents des scenarios	8
4. Exemple de simulation de scenario	10
III. Interprétation et exploitation des résultats de simulation	11
1. Interprétation des résultats de la simulation	11
2. exploitation des résultats	11

Abréviations

AMC: Adaptive Modulation and Coding

eNB: evolved NodeB

EPS: Evolved Packet System

E-UTRAN: Evolved UTRAN

EXP: Exponential PF

LTE: Long Term Evolution

MIMO: Multiple Input Multiple Output

M-LWDF: Modified Largest Weighted Delay First

MME/GW: Mobility Management Entity/Gateway

PF: Proportional Fair

QOS: quality of service

TTI: Transmission Time Interval

UE: User Equipment

But du document

Ce document a pour objectif d'expliquer de manière facile et compréhensible à l'utilisateur l'ensemble des étapes importantes qui lui permettront de prendre en main rapidement le logiciel et de pouvoir effectuer des simulations.

Contenu du document

La première partie de ce document présente tout d'abord de manière générale le logiciel LTE-SIM , ses fonctionnalités et sa structuration .Ensuite nous décrivons sur la deuxième partie comment effectuer des simulations avec une description de l'ensemble des scénarios qui sont prédéfinis sur le logiciel et une explication des paramètres pertinents. Enfin nous décrivons comment interpréter les résultats obtenus lors des simulations et comment les exploiter afin de pouvoir effectuer des études sur ces résultats.

I. présentation du logiciel

1. Présentation générale

Pour faire face à la demande sans cesse croissante des utilisateurs de la téléphonie mobile, la 3GPP a introduit la LTE (Long Term Evolution) comme la prochaine étape de la 3.5G, réseaux cellulaires actuels. Plus de 20 opérateurs de téléphonie mobile dans le monde entier, représentant plus de 1,8 milliards de dollars au total de 3,5 milliard d'abonnés mobiles dans le monde ont déjà déclaré un engagement vers le LTE. En France, l'ouverture du réseau se veut progressive, actuellement quelques villes (Lyon, Marseille, Lille, Nantes) sont en phase d'expérimentation avec une volonté de couvrir le top 14 des plus grandes villes de France en 2014 (50% de la population). De ce fait l'optimisation de tous les aspects LTE vaut un sujet de recherche pour les industries et les milieux universitaires. A l'heure actuelle, il n'existe pas de simulateur complet gratuit du réseau LTE. En fait, la plupart des fournisseurs d'équipements de communication mobiles ont mis en œuvre leurs propres simulateurs. Par ailleurs, d'autres simulateurs, développés dans les coopérations universitaires-industriel, peuvent être achetés au moyen d'une licence commerciale, et leurs codes sources ne sont pas accessibles au public. Un simulateur LTE basé sur Matlab a été proposé avec la mise en œuvre d'une liaison descendante conforme à la couche physique de la norme LTE, la modulation adaptative, plusieurs utilisateurs, transmission MIMO mais il ne tient pas compte des aspects pertinents de simulation LTE. Le manque d'un simulateur commun de référence pose de sérieux problèmes dans la comparaison des résultats présentés par différents groupes de recherche. Pour combler cette lacune, LTE-SIM a été créé pour simuler les réseaux LTE et fournir une vérification complète de la performance des systèmes LTE. LTE-Sim englobe plusieurs aspects de réseaux LTE, incluant à la fois l'accès universel Evolved Radio Terrestre (E-UTRAN) et le Système Evolved Packet (EPS).

2. Fonctionnalités

- Environnement mono et multicellulaire (macro, micro, femto).
- Gestion de QOS.
- Environnement multiutilisateurs.
- Mobilité
- UDP en dans la couche transport
- TDD, FDD.
- Algorithme d'ordonnancement PF EXP, et M-LWDF.
- Modulation AMC.

Cette liste n'est pas exhaustive.

3. structure du logiciel

Le simulateur est composé de 4 grandes classes Simulator, NetworManager, Flows Manager, FrameManager.

Simulator:

Cette classe permet la gestion des événements .elle contient 4 méthodes importantes :

Schedule() Creates : permet la création et l'insertion de nouveaux événements sur le calendriers des événements.

RunOneEvent() : permet l'exécution des événements.

Run() / Stop() : permet le démarrage et l'arrêt de la simulation .

FrameManager :

La mise en œuvre effective de la structure de trame LTE est garantie par cette composante . Il est en charge de la programmation correcte des trames et sous-trames (c'est-TTI) et de la synchronisation de tous les eNBs.

Elle est composée de deux méthodes importantes :

StartSubFrame() : gère le début des sous trames LTE.

StopSubFrame() : gère la fin des sous trames LTE.

FlowManager :

Permet la gestion des applications. Elle est composée d'une seule méthode :

CreateApplication() .

NetworkManager :

Cette composante permet la création des équipements, gestion de la position des UE, la mobilité, et la gestion des techniques de réutilisation des fréquences. Elle est composée de 5 importantes méthodes:

CreateUserEquipment() : permet de créer un équipement.

CreateCell() : permet de créer les cellules.

UpdateUserPosition() : permet la mise à jour de la position de l'utilisateur.

HandOverProcedure() : permet la gestion des procédures d'Handover.

RunFrequencyReuse() : implémente les techniques de réutilisation de fréquence.

II. Simulation de scenario sur LTE-SIM

1. Présentation des différentes étapes de création des scenarios

Un scénario de simulation est constitué par plusieurs objets, modélisant les principaux éléments d'un système LTE.

Dans LTE-Sim, un scénario LTE peut être créé en tant que fonction statique dans un fichier en-tête C++, qui doit être stocké dans le dossier scénarios. Il convient d'ajouter cette fonction dans le programme principal. De cette façon, l'utilisateur est capable de simuler un scénario approprié LTE, en le sélectionnant directement à partir du programme principal.

En créant:

a- des instances Simulator, NetworkManager, FlowManager, FrameManager.

b- des cellules, des eNodeB et des UE en utilisant les méthodes de la classe NetworkManager

c- des applications et pour chacune d'elles définir le type de donnée radio Bearer, les paramètres IP, début, fin, les paramètres de qualité de service.

En Définissant la durée de la simulation et lancer la simulation par la méthode Simulator:RUN ().

2. Présentation de l'ensemble des scenarios prédéfinis sur le logiciel

6 scenarios sont déjà définis sur LTE-SIM:

- single-cell-with-streets
- single-cell-without-interference
- single-cell-with-interference
- single-cell-with-femto
- multi-cell-sinrplot
- multi-cell

dont les signatures :

```
static void SingleCellWithoutInterference (double radius, int nbUE, int nbVoIP,  
int nbVideo, int nbBE, int nbCBR, int sched_type, int frame_struct,  
int speed, double maxDelay, int videoBitRate, int seed)
```

Cette fonction permet la simulation d'un réseau LTE dans un environnement monocellulaire avec des interférences.

```
static void MultiCell (int nbCell, double radius, int nbUE, int nbVoIP, int nbVideo,  
int nbBE, int nbCBR, int sched_type, int frame_struct, int speed,  
double maxDelay, int videoBitRate, int seed)
```

Cette fonction permet la simulation d'un réseau LTE dans un environnement multi cellulaire.

FDD (Frequency Division Duplex): FDD est une technique de duplexage qui consiste à allouer certaines bandes de fréquence pour la liaison descendant et d'autres pour la liaison montante. Cette technique permet d'émettre et de recevoir simultanément.

TDD (Time Division Duplex): TDD est une technique de duplexage qui consiste à séparer les communications montantes et descendantes en les allouant des tranches de temps.

Paramétrage de type vidéo:

3 débits binaires disponibles pour le vidéo en kbps 128, 242, 440

Paramétrages de type de bâtiment

0 -> 5x5 grid,

1 -> dualStripe

Paramétrage de type modèle de mobilité

- CONSTANT_POSITION - RANDOM_DIRECTION - RANDOM_WALK
- RANDOM_WAYPOINT - MANHATTAN

- ✚ CONSTANT_POSITION : Dans ce modèle les nœuds sont immobiles.
- ✚ RANDOM_DIRECTION : Ce modèle fournit un nombre constant de voisins dans toute la simulation. Les nœuds mobiles choisissent une direction aléatoire suivant laquelle ils se déplacent à la frontière de la simulation dans cette direction. Une fois que la frontière est atteinte, le nœud mobile fait une pause pendant le temps indiqué, choisit une autre direction angulaire continue alors le processus.
- ✚ RANDOM_WALK : Ce modèle est développé pour imiter un mouvement imprévisible. Un nœud mobile dans ce modèle se déplace de son endroit courant à un nouvel endroit en choisissant aléatoirement une direction et une vitesse suivant lesquelles il se déplace. La nouvelles vitesse et direction toutes les deux sont choisies dans des gammes prédéfinies entre $[0, 2\pi]$ respectivement. Un nœud mobile atteignant la frontière de simulation, rebonds avec l'angle déterminé par la direction entrante et puis continue le long du nouveau chemin. Par défaut, la distance parcourue est égale à 200, 400, 1000 m lorsque la vitesse de l'utilisateur est égal à 3, 30 et 120 kilomètres par heure, respectivement.
- ✚ RANDOM_WAYPOINT : Dans ce modèle la mobilité des nœuds est typiquement aléatoire et tous les nœuds sont distribués uniformément dans l'espace de simulation. En effet il consiste en :
 - Le placement d'un certain nombre de mobiles dans une zone carrée de laquelle ils ne peuvent sortir.
 - L'affectation d'une position, d'une vitesse et d'une destination initiale à chaque mobile. Le déroulement proprement dit de la simulation, où à chaque fois que les mobiles atteignent leur destination dans le carré, ils repartent vers une autre destination choisie aléatoirement après un éventuel temps de pause.

- ✚ MANHATTAN : Le modèle de mobilité de Manhattan est utilisé pour émuler le modèle de circulation des nœuds mobiles dans des rues définies par des cartes. Une carte est composée d'un certain nombre de rues horizontales et verticales. Chaque rue a deux voies dans chaque direction (les directions Nord et Sud en rues verticales, l'Est et l'Ouest en rues horizontaux). Le nœud mobile est autorisé à se déplacer selon la grille des rues horizontales et verticales sur la carte. A l'intersection d'une rue horizontale et d'une rue verticale, le nœud mobile peut tourner à gauche, à droite ou aller tout droit.

Paramétrages de type speed

0, 3, 30 et 120 km/h équivalent respectivement à des scénarios statiques, des piétons, des véhicules.

4. Exemple de simulation de scenario

Pour faire une simulation d'un scenario il faut appeler une fonction portant leur nom en passant les paramètres de cette fonction.

Exemple:

```
static void SingleCellWithoutInterference (double radius, int nbUE, int nbVoIP, int nbVideo,
int nbBE, int nbCBR, int sched_type, int frame_struct, int speed,
double maxDelay, int videoBitRate, int seed)
```

```
./LTE-Sim SingleCell radius nbUE nbVoIP nbVideo nbBE nbCBR sched_type frame_struct speed maxDelay videoBitRate
./LTE-Sim SingleCell 1 1 0 0 1 0 1 1 3 0.1 128
```

radius = rayon de couverture en km.

nbUE = nombre des équipements utilisateurs.

nbVoIP : nombre des applications voix sur IP.

nbVideo : nombre des applications vidéo.

nbBE: nombre des applications "best Effort".

nbCBR: nombre des applications concernant les fichiers archivés.

sched_type = type de l'algorithme d'ordonnancement.

frame_struct = structure de trame.

Speed = vitesse de déplacement.

maxDelay = délai maximale

III. Interprétation et exploitation des résultats de simulation

1. Interprétation des résultats de la simulation

Les résultats de simulations sont fournis sous forme de trace voici un exemple de trace d'une simulation :

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
RX INF_BUF ID 41217 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 D 0.001 27
RX INF_BUF ID 41218 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 D 0.001 27
RX INF_BUF ID 41219 B 3 SIZE 914 SRC 103 DST 1 D 0.001 27
RX INF_BUF ID 41212 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 D 0.001 27
RX INF_BUF ID 41213 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 D 0.001 27
RX INF_BUF ID 41214 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 D 0.001 27
RX INF_BUF ID 41215 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 D 0.001 27
RX INF_BUF ID 41216 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 D 0.001 27
RX INF_BUF ID 41217 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 D 0.001 27
RX INF_BUF ID 41218 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 D 0.001 27
RX INF_BUF ID 41219 B 3 SIZE 914 SRC 103 DST 1 D 0.001 27
TX INF_BUF ID 41220 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 T 4.999 27
TX INF_BUF ID 41221 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 T 4.999 27
TX INF_BUF ID 41222 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 T 4.999 27
TX INF_BUF ID 41223 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 T 4.999 27
TX INF_BUF ID 41224 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 T 4.999 27
TX INF_BUF ID 41225 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 T 4.999 27
TX INF_BUF ID 41226 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 T 4.999 27
TX INF_BUF ID 41227 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 T 4.999 27
TX INF_BUF ID 41228 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 T 4.999 27
TX INF_BUF ID 41229 B 3 SIZE 1490 SRC 103 DST 1 T 4.999 27
TX INF_BUF ID 41230 B 3 SIZE 221 SRC 103 DST 1 T 4.999 27
SIMULATOR_DEBUG: Stop < >
C:\Users\bamba\workspace\LTE-SIM\Debug>
  
```

N° champ	Description du champ
1	TX, RX sont associés à des paquets qui ont été envoyés, reçus .
2	décrit le type de paquet dont la trace se réfère
3	ID = identificateur. Il identifie le paquet unique
4	B = ID porteur. Il identifie le support utilisé pour cartographier le paquet.
5	SRC = ID Source. Il identifie le nœud qui envoie le paquet
6	DES= ID Destination. Il identifie le nœud qui reçoit le paquet
7	T = temps. Elle représente l'instant où le paquet a été créé.
8	D = Délai. Il représente le retard du paquet reçu

2. exploitation des résultats

Pour récupérer les résultats afin de pouvoir tracer des courbes, il faut utiliser des scripts et enregistrer les résultats sous forme de document texte et par la suite on peut utiliser ces données sous Matlab ou n'importe qu'elle autre logiciel de tracé de courbe afin de pouvoir faire des études sur ces données.

Sous Linux, il existe des scripts écrites pour récupérer les résultats et les transformer en graphe en utilisant le logiciel "gnuplot".

Exemple :

Dans le script doSim.sh, on invoque les autres scripts qui calcule le taux de paquets perdus (compute_plr.sh), le délai (compute_delay.sh), l'efficacité spectrale (compute_spectral_efficiency.sh), le débit (compute_throughput.sh). Indice de l'équité (fairnessIndex_comp.sh). Ensuite le Graph.sh invoque le logiciel GNUPLOT pour tracer les graphes.

LTE-Sim offre de Shell Scripts trouvées dans le dossier RUN permet de lancer une simulation et de récupérer les résultats dans des fichiers de type texte.

Ci-dessous un exemple de comparaison des trois algorithmes (PF , MLWDF ,EXP) en fonction des différents paramètres (le taux de paquets perdus ,du délai, l'efficacité spectrale ,le débit) par rapport aux nombres d'utilisateurs.

Dans le dossier "do_Simulations"
fichier "doSim1.sh"

Dans ce fichier on règle les paramètres selon le scenario.

-FILE = " " # NOM DU FICHIER DE SORTIE

-NUMSIM = " " # Nombre de simulation // le nombre de simulation pour chaque scenario et chaque Algorithme.

-FILENAME = " " # NOM DU TYPE D'APPLICATION//

-COUNT = 1 // Ne touchez pas ça!

-CELS = 1 # NOMBRE DE CELLULES

-TOTALNAME = " " // Ne touchez pas ça!

-MINUSERS = 5 # Début du nombre d'utilisateur

-INTERVALLE = 5 # pas des nombres d'utilisateurs

-MAXUSERS = 20 # le nombre maximal d'utilisateur

Params de LTE-SIM // ce sont les paramètres normales que vous définissez lorsque vous exécutez une simulation simple.

-RADIUS = 1 # Rayon en Km

-NBUE = 0 # Nombre d'UE de // ne touchez pas ça!

-NBVOIP = 1 # Nombre de Voip flux

-NBVIDEO = 1 # Nombre de vidéo

-NBBE = 1 # Nombre de flux Best Effort

```

-NBCBR = 0 # Nombre de flux CBR

# Planificateur de type PF = 1, MLWDF = 2 EXP = 3

-FRAME_STRUCT = 1 # FDD ou TDD

-SPEED = 3 # vitesses Utilisateur

-MaxDelay = 0, 1

-VIDEOBITRATE = 242
NBUE=$MINUSERS

until [ $NBUE -gt $MAXUSERS ]; do
# bash until loop
until [ $COUNT -gt $NUMSIM ]; do

TOTALNAME=$FILE"_"$COUNT"_"$FILENAME"_PF_"$NBUE"U"$CELS"C"".sim"

../LTE-Sim SingleCellWithI $CELS $RADIUS $NBUE $NBVOIP $NBVIDEO $NBBE $NBCBR
1 $FRAME_STRUCT $SPEED $MAXDELAY $VIDEOBITRATE $COUNT > $TOTALNAME

echo FILE $TOTALNAME CREATED!

let COUNT=COUNT+1

done

COUNT=1

until [ $COUNT -gt $NUMSIM ]; do
TOTALNAME=$FILE"_"$COUNT"_"$FILENAME"_MLWDF_"$NBUE"U"$CELS"C"".sim"

../LTE-Sim SingleCellWithI $CELS $RADIUS $NBUE $NBVOIP $NBVIDEO $NBBE $NBCBR
2 $FRAME_STRUCT $SPEED $MAXDELAY $VIDEOBITRATE $COUNT > $TOTALNAME

echo FILE $TOTALNAME CREATED!

let COUNT=COUNT+1

done

COUNT=1

until [ $COUNT -gt $NUMSIM ]; do
TOTALNAME=$FILE"_"$COUNT"_"$FILENAME"_EXPPF_"$NBUE"U"$CELS"C"".sim"

../LTE-Sim SingleCellWithI $CELS $RADIUS $NBUE $NBVOIP $NBVIDEO $NBBE $NBCBR
3 $FRAME_STRUCT $SPEED $MAXDELAY $VIDEOBITRATE $COUNT > $TOTALNAME

echo FILE $TOTALNAME CREATED!

let COUNT=COUNT+1

```

done

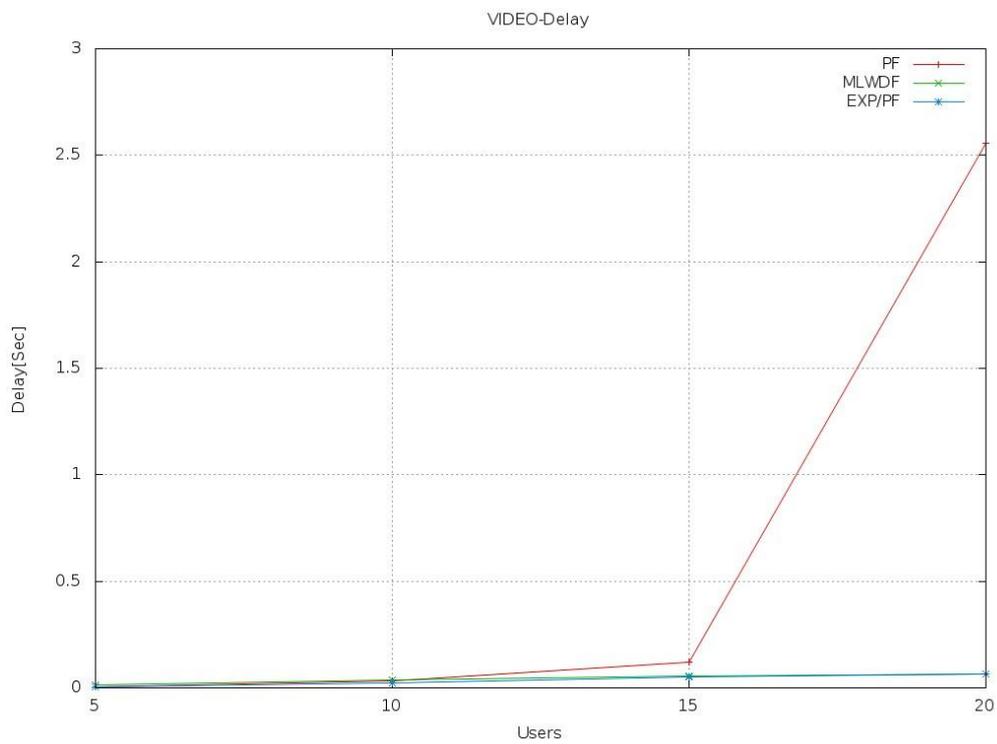
COUNT=1

let NBUE=NBUE+INTERVAL

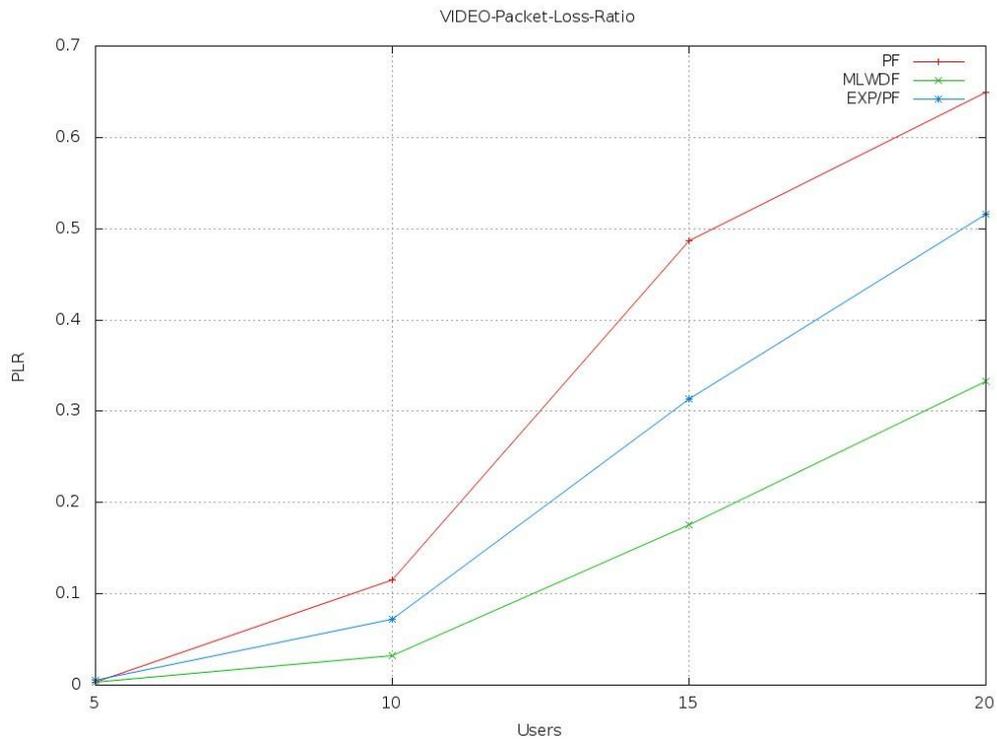
done

echo SIMULATION FINISHED!

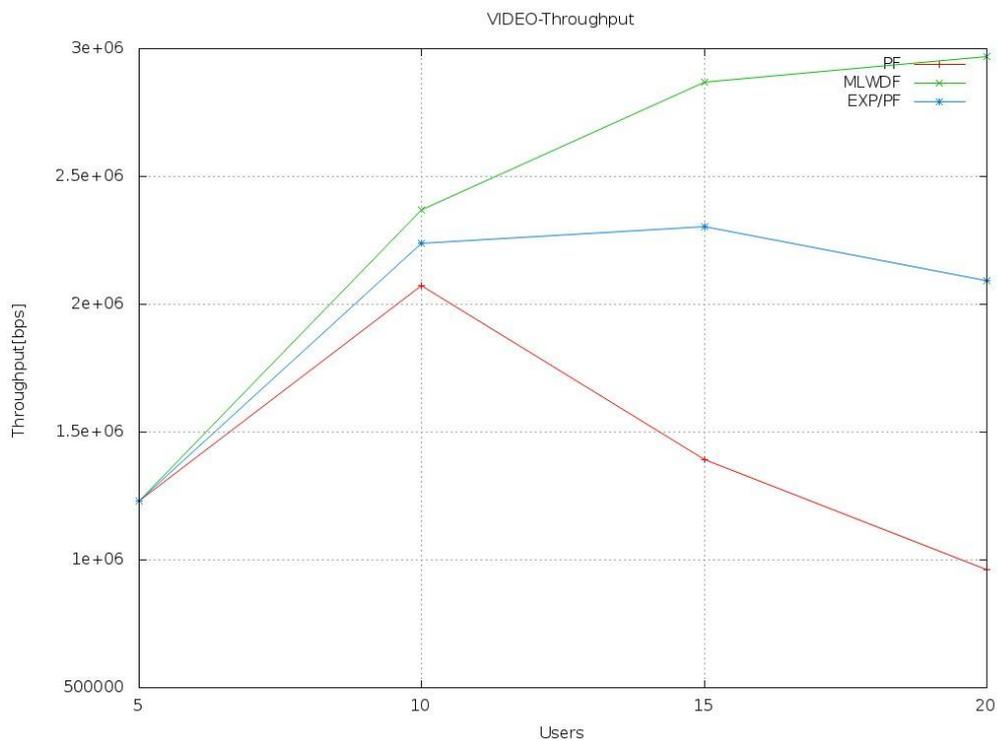
Courbes obtenues :



Dans cet exemple nous avons la courbe du délai en fonction du nombre d'utilisateurs pour les trois algorithmes utilisés.



Dans cet exemple nous avons la courbe du taux de paquet (PLR) en fonction du nombre d'utilisateurs pour les trois algorithmes utilisés.



Dans cet exemple nous avons la courbe du débit en fonction du nombre d'utilisateurs pour les trois algorithmes utilisés.