



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de génie électrique

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies  
Electronique  
Réseaux et télécommunications

Réf. :

---

Présenté et soutenu par :  
**KECHAM Nour El Houda**

Le : Septembre 2020

## Etude générale de la troisième génération radio mobile UMTS

---

### Jury :

|                  |                         |     |                      |           |
|------------------|-------------------------|-----|----------------------|-----------|
| M <sup>r</sup> . | BOUKREDINE Salah Eddine | MAA | Université de Biskra | Président |
| D <sup>r</sup> . | HENDAOUI Mounira        | MCB | Université de Biskra | Encadreur |
| M <sup>r</sup> . | BARKAT Aicha            | MAA | Université de Biskra | Examineur |

République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Electrique  
Filière : Electronique  
Option : Réseaux et télécommunications

Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme:

**MASTER**

*Thème*  
**Etude générale de la troisième génération radio  
mobile UMTS**

**Présenté par :**

*KECHAM Nour El Houda*

**Avis favorable de l'encadreur :**

*HENDAOUI Mounira*

**Avis favorable du Président du Jury**

*BOUKREDINE Salah Eddine*

**Cachet et signature**

## *Remerciements*

En premier lieu, nous remercions Dieu pour nous avoir donné le courage et la force pour terminer ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Mademoiselle HENDAOU MOUNIRA, Docteur à l'université de BISKRA, pour ses précieux conseils, ses incessants encouragements et surtout sa grande disponibilité tout au long de la réalisation de ce travail. Je le remercie pour la confiance qu'il m'a témoignée.

Mes remerciements les plus vifs, vont également à pour ma famille Qui m'ont donné un environnement idéal durant toute mon enfance et ils m'ont enseigné l'humilité et l'honnêteté avec lesquelles j'ai essayé de mener à terme ce travail scientifique.

J'adresse également je remerciement aux honorables membres du jury qui ont bien voulu accepter d'évaluer notre présent travail.

Je remercie tous les enseignants qui ont participé à ma formation au Département d'électronique et tout collègues (Master 2 Réseaux et Télécommunications) et Je remercie ma chère amie Najla Al-Zubairi pour ses remarque et

Les documents que vous m'avez fournis.

Et mes copines que je n'oublierai jamais.

# *Dédicace*

Je dédie ce projet de fin d'études, aux personnes qui me sont les plus chères :  
À ma famille, c'est elle qui m'a donné une éducation généreuse, leur amour a fait  
de moi ce que je suis aujourd'hui.

Surtout pour Mon très cher père, pour tous ses conseils et pour toute la confiance  
qu'il a mis en moi et pour son dévouement pour mon bonheur.

À ma très chère mère, qui a toujours été présente pour moi, dans les moments les  
plus difficiles et qui sans cesse veille sur moi avec ses prières, pour ses grands  
sacrifices et tout l'amour qu'elle me porte, " Vous avez tout sacrifié pour vos  
enfants. Vous m'avez donné un magnifique modèle de persévérance. Je suis  
redevable d'une éducation dont je suis fier ".

À mon chère frère Samir (Oussama) et à mon âme sœur Amina (Selma) qui  
m'ont énormément soutenu dans les moments les plus difficiles.

À mon encadreur Mademoiselle HENDAOU MOUNIRA Pour avoir bien voulu  
encadrer ce travail ainsi que pour sa riche contribution et ses précieux conseils.

À mes chères cousines (chahla , marwa). À mes amis et collègues Hakima, Zineb,  
Madjda, chikha, Bouthaina, Ibtisam, ryme, Marwa pour leur sincère amitié et  
confiance. À mes professeurs de l'Université Muhammad KHIDHER BISKRA.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect.

NOUR EL HOUDA.

## **Résumé**

Le réseau de téléphonie mobile est un réseau téléphonique qui permet l'utilisation simultanée de millions de téléphones sans fil, immobiles ou en mouvement, y compris lors de déplacements à grande vitesse et sur une grande distance. Le système mobile universel de télécommunication UMTS (Universal Mobile Télécommunications System) est un système de troisième génération (3G) développé par UIT dans la famille IMT2000, l'objectif principal de l'UMTS est d'intégrer tous les réseaux de 2G du monde entier en un seul réseau, d'améliorer la vitesse de transmission (haut débit pour les données, Internet), d'augmenter le nombre d'abonnés par unité de surface, de développer une meilleure couverture radio, d'améliorer la convergence des téléphones fixes et mobiles.

Dans ce travail, nous avons effectué une étude détaillée du réseau UMTS et ses caractéristiques ; on a utilisé le modulateur OPNET 14.5 pour faire une simulation de ce réseau, et on a appliqué des protocoles de services particuliers.

Nos résultats de simulation montrent que le réseau UMTS divise intelligemment le débit entre les différents services, et il s'adapte avec l'augmentation de nombre d'utilisateur et très et développé pour la deuxième génération GSM (GPRS).

Finalement on peut dire que la technologie UMTS est très développée et très importante, elle a fait une transition remarquable dans le réseau de la téléphonie mobile en permettant aux usagers d'utiliser le multimédia et l'internet par mobile.

## **Abstract**

The mobile telephone network is a telephone network which enables the simultaneous use of millions of cordless telephones, stationary or in motion, including when traveling at high speed and over great distances. The Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) is a third generation (3G) system developed by UIT in the IMT2000 family, the main objective of UMTS is to integrate all 2G networks around the world in a single network, to improve the transmission speed (high speed for data, Internet), to increase the number of subscribers per unit area, to develop better radio coverage, to improve the convergence of fixed telephones and mobiles.

In this work, we performed a detailed study of the UMTS network and its characteristics; the OPNET 14.5 modulator was used to simulate this network, and special service protocols were applied.

Our simulation results show that the UMTS network intelligently divides the throughput between different services, and it adapts with the increase of user numbers.

Finally, we can say that UMTS technology is very developed and very important, it has made a remarkable transition in the mobile phone network, allowing users to use multimedia and Internet by mobile.

## ملخص

شبكة الهاتف المحمول هي شبكة هاتفية تتيح الاستخدام المتزامن لملايين الهواتف اللاسلكية ، الثابتة أو المتحركة ، بما في ذلك عند السفر بسرعة عالية ومسافات طويلة. النظام العالمي للاتصالات المتنقلة (UMTS) هو نظام من الجيل الثالث (3G) تم تطويره بواسطة UIT في عائلة 200IMT ، والهدف الرئيسي من UMTS هو دمج جميع شبكات (2G) حول العالم في شبكة واحدة ، لتحسين سرعة الإرسال (النطاق العريض للبيانات ، الإنترنت) ، لزيادة عدد المشتركين لكل وحدة مساحة ، لتطوير تغطية راديو أفضل ، لتحسين التقارب بين الهواتف الثابتة والهواتف المحمولة.

في هذا العمل ، أجرينا دراسة تفصيلية لشبكة UMTS وخصائصها ؛ استخدمنا نموذج OPNET 14.5 لمحاكاة هذه الشبكة ، وقمنا بتطبيق خدمات معينة.

تظهر نتائج المحاكاة لدينا أن شبكة UMTS تقسم بشكل ذكي معدل النقل بين الخدمات المختلفة ، وتتكيف مع زيادة أعداد المستخدمين .

أخيرًا يمكننا القول أن تقنية UMTS متطورة جدًا ومهمة جدًا ، فقد حققت تحولًا ملحوظًا في شبكة الهاتف المحمول مما يسمح للمستخدمين باستخدام الوسائط المتعددة والإنترنت عبر الهاتف المحمول.

## *Liste des abréviations*

### A

|       |   |
|-------|---|
| -ADSL | Asymmetric Digital Subscriber Line                        |
| -AMPS | Advanced Mobile Phone System                              |
| -AUC  | Authentication Center                                     |
| -ATM  | Asynchronous Transfer Mode (Mode de transfert asynchrone) |

### B

|      |                         |
|------|-------------------------|
| -BS  | Base Station            |
| -BTS | Base Tranceiver Station |
| -BSS | Base Station Sub-System |
| -BSC | Base Station Controller |

### C

|       |                               |
|-------|-------------------------------|
| -CDMA | Code Division Multiple Access |
| -CN   | Core Network                  |
| -CS   | Circuit Switched              |

### D

|      |                            |
|------|----------------------------|
| -DL  | Downlink                   |
| -DCS | Distributed Control System |

### E

|       |  |
|-------|--|
| -EDGE | Enhanced Data Rate for GSM Evolution           |
| -EIR  | Equipment Identity Register                    |
| -ETSI | Européen télécommunications standards institue |

### F

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| -FM   | Frequency Modulation               |
| -FDMA | Frequency Division Multiple Access |
| -FDD  | Frequency Division Duplex          |
| -FDDI | Fiber Distributed Data Interface   |

-FTP File Transfer Protocol (Protocole de transfert de fichiers)

## G

-1G 1ère génération

-2G 2ème génération

-3G 3ème génération

-3GPP Third Generation Partnership Project

-GPRS General Packet Radio Service

-GSM Global System for Mobile Communication

-GGSN Gateway GPRS Support Node

-GMSC Gateway MSC

-GMSK Gaussian Minimum-shift keying

## H

-HO Handover

-HLR Home Location Register

-HSUPA High Speed Uplink Packet Access

-HSDPA High Speed Downlink Packet Access

-HSPA High Speed Packet Access

## I

-IMEI International Mobile Equipment Identity

-IMSI International Mobile Subscriber Identity

-IMEI International Mobile station Equipment Identity

-IMT-2000 International Mobile Telecommunications

## M

-MMS Multimedia Message.

-MSC Mobile-service Switching Center

-MS Mobile Station

-ME Mobile Equipment

-MT Mobile terminaison

## N

-NMT Nordic Mobile Telephone

-NSS Network Sub-System

-NMC Network Management Center

## O

-OSS Operation and maintenance Sub-System

-OMC Opération and Maintenance Center

-OMC-R OMC Radio

-OMC-S OMC Switching

-OPNET Optimum Network Performance

## P

-PS Packet Switched

-PCU Packet Control Unit

-PSTN Public Switched Telephone Network

-PN Pseudo random Noise code

-PDN Packet Data Network

-PSK Phase-shift keying

## Q

-QOS Qualité Of Service

-QPSK Quadrature phase-shift keying

-QAM Quadrature Amplitude Modulation

## R

-RNC Radio Network Controller

-RAN Radio Access Network

-RNIS Réseau Numérique à Intégration de Service

## S

-SMS Short Message Service

-SIM Subscriber Identity Module

-SGSN Serving GPRS Support Node

-SF Spreading Factor

## T

-TACS Total Access Communication System

-TDMA Time Division Multiple Access

-TE Terminal Equipement

-TDD Time Division Duplex

-TCP/IP Transmission Control Protocol/ Internet Protocol

## U

-UMTS Universal Mobile Télécommunication System

-UTRAN UMTS Terrestrial Radio Access Network

-UE User Equipment

-UL Uplink

-USIM UMTS Subscriber Identity Module

## V

-VLR Visitor Location Register

-VOIP (Voice over IP) téléphonie sur le protocole IP.

## W

-WPA Wireless Application Protocol

-W-CDMA Wideband Code Division Multiple Access.

## *Table des matières*

|                           |      |
|---------------------------|------|
| Remerciements             |      |
| Dédicace                  |      |
| Résumé de la mémoire      |      |
| Glossaire .....           | I    |
| Table des matières .....  | V    |
| Liste des figures .....   | VIII |
| Liste des tableaux.....   | X    |
| Introduction général..... | 2    |

### **Chapitre 01 : Les Différentes Générations de Réseau Mobile**

|  |    |
|--|----|
| 1.1. Introduction.....   | 5  |
| 1.2. Historique .....  | 5  |
| 1.3. Les réseaux cellulaires.....  | 8  |
| 1.3.1. Concept cellulaire .....  | 8  |
| 1.3.1.1. Définition fonctionnelle et objectifs du concept cellulaire ..... | 8  |
| 1.3.1.2. Principes du concept cellulaire .....                             | 9  |
| 1.3.2. Type des cellules.....  | 10 |
| 1.4. Evolution des réseaux cellulaires .....                               | 11 |
| 1.4.1. Les réseaux mobiles de 1ère génération.....                         | 11 |
| 1.4.1.1 .Définition de la 1G .....   | 11 |
| 1.4.1.2. Les standards mobiles de 1ère génération.....                     | 11 |
| 1.4.1.3. Les inconvénients de la 1ère génération .....                     | 12 |
| 1.4.2. Les réseaux mobiles de 2ème génération .....                        | 13 |
| 1.4.2.1. Le réseau GSM .....   | 14 |
| 1.4.2.2. Le réseau GPRS (Evolution vers l'GPRS : 2.5G) .....               | 19 |
| 1.4.2.3. Le réseau EDGE .....  | 21 |
| 1.5. L'évolution du réseau GSM vers le réseau UMTS .....                   | 23 |
| 1.6. Conclusion .....  | 24 |

## Chapitre 02 : Etude Détaillé sur le Réseau UMTS

|   |    |
|---|----|
| 2.1. Introduction.....  | 26 |
| 2.2. Présentation.....  | 27 |
| 2.3. Les objectifs de la technologie UMTS .....                 | 27 |
| 2.3.1. La compatibilité avec les systèmes de 2e génération..... | 27 |
| 2.3.2. Un support multimédia varié .....                        | 28 |
| 2.3.3. Des débits plus élevés .....                             | 28 |
| 2.3.4. Proposition de différentes classes de services .....     | 28 |
| 2.4. Caractéristiques techniques.....                           | 30 |
| 2.5. Hierarchie des cellules de L'UMTS.....                     | 31 |
| 2.6. Les services de l'UMTS .....                               | 31 |
| 2.7. Spectre du réseau UMTS.....                                | 32 |
| 2.8. L'architecture globale du système UMTS .....               | 32 |
| 2.8. 1. Domaine de l'équipement usager .....                    | 34 |
| 2.8.1.1. Equipement mobile (ME).....                            | 34 |
| 2.8.1.2. La carte USIM (UMTS Subscriber Identity Module).....   | 35 |
| 2.8.2. Domaine du réseau d'accès UTRAN .....                    | 35 |
| 2.8.2.1. Nœud B (Node-B).....                                   | 37 |
| 2. 8.2.2. Le contrôleur RNC (Radio Network Controller).....     | 38 |
| 2.8.2.3. Les interface de communications de réseaux UTRAN.....  | 39 |
| 2.8. 3. Domaine du réseau cœur (CN) .....                       | 40 |
| 2.8.3.1. Eléments communs .....                                 | 41 |
| 2.8.3.2. Le domaine à commutation de circuits (CS) .....        | 42 |
| 2.8.3.3. Le domaine à commutation de paquet PS .....            | 42 |
| 2.9. Interface radio UMTS.....                                  | 43 |
| 2.9.1. Méthodes de duplexage en WCDMA .....                     | 43 |
| 2.9.1.1. Le mode TDD (Time Division Duplex).....                | 44 |
| 2.9.1.2. Le mode FDD (Frequency Division Duplex).....           | 45 |
| 2.9.2. La technique d'accès multiple WCDMA .....                | 46 |
| 2.9.2.1. Avantage du W-CDMA .....                               | 47 |
| 2.9.2.2. CDMA.....  | 47 |
| 2.9.2.3. Principe de l'étalement de spectre .....               | 48 |
| 2.10. Le Handover dans le réseau UMTS .....                     | 49 |
| 2.10.1. Handover .....  | 49 |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 2. 10.2. Les cause du Handover ..... | 49 |
| 2.10.3 .Les types de Handover .....  | 50 |
| 2. 10.3.1. Le Softer Handover .....  | 50 |
| 2.10.3.2. Le Soft Handover .....     | 50 |
| 2.10.3.3. Le Hard Handover.....      | 51 |
| 2.11. Qualité de service .....       | 52 |
| 2.12. L es évolution de l'UMTS ..... | 52 |
| 2.12.1. La technologie HSDPA.....    | 52 |
| 2.12.2. La technologie HSUPA.....    | 53 |
| 2.12.3. La technologie HSPA+ .....   | 53 |
| 2.13. Conclusion .....               | 54 |

## **Chapitre 03 : Simulation des performances d'un réseau UMTS par OPNET**

|  |    |
|--|----|
| 3.1. Introduction.....   | 56 |
| 3.2. Choix du simulateur .....   | 56 |
| 3.3.Simulation.....  | 57 |
| 3.3.1. Outil de simulation (OPNET modeler) .....                                       | 57 |
| 3.3.2. Modèles utilisés .....  | 58 |
| 3.3.3. Éditeur de projet (Project Editor) .....  | 59 |
| 3.3.4. Éditeur de modèle de réseau (Network Model Editor). .....                       | 59 |
| 3.3.5. Éditeur de modèle de nœud (Node Model Editor).....                              | 60 |
| 3.4. Model de description .....  | 61 |
| 3.4.1. Projet 1 : Topologie UMTS avec 3 usagers .....                                  | 61 |
| 3.4.2. Projet 2 : Topologie UMTS avec 38 usagers (Nombre d'utilisateurs) .....         | 61 |
| 3.5. Résultats de simulations et discussion.....                                       | 62 |
| 3.5.1 Comparaison entre le Topologie 1 et le Topologie 2 (Nombre d'utilisateurs) ..... | 62 |
| 3.5.2. Résultat de topologie 2.....  | 65 |
| 3.6. Comparaison entre le réseau GPRS (2G) et le réseau UMTS (3G) .....                | 83 |
| 3.6.1. Projet 1 : Topologie GPRS .....   | 83 |
| 3.7. Conclusion .....  | 86 |
| Conclusion général.....  | 88 |
| Bibliographique.....   | 91 |

## *Liste des figures*

|   |     |
|---|-----|
| Figure 1.1 : Les types des cellules.  | P10 |
| Figure 1.2 : Architecture GSM. [12]   | P14 |
| Figure 1.3 : La technique FDMA.   | P15 |
| Figure 1.4 : La technique TDMA.   | P16 |
| Figure 1.5 : Architecture réseau GSM.   | P17 |
| Figure 1.6 : Components of the mobile station. [15]   | P17 |
| Figure 1.7 : Architecture GPRS.   | P21 |
| Figure 1.8 : Architecture d'un réseau EDGE.   | P22 |
| Figure 1.9 : Diagramme d'évolution des réseaux mobiles.   | P23 |
| Figure 2.1 : Le 3GPP est un partenariat mondial de six SDO régionaux. [28]                        | P27 |
| Figure 2.2 : Les classes de service UMTS.   | P30 |
| Figure 2.3 : Hiérarchie des cellules de l'UMTS.   | P31 |
| Figure 2.4 : Les besoins en débit des services de l'UMTS.   | P32 |
| Figure 2.5 : Architecture simplifiée le réseau UMTS. [29]   | P33 |
| Figure 2.6 : Architecture globale du réseau UMTS.   | P33 |
| Figure 2.7 : Les trois domaines de l'architecture du réseau UMTS.                                 | P34 |
| Figure 2.8 : Architecture de l'équipement utilisateur.  | P34 |
| Figure 2.9 : Architecture du réseau d'accès de l'UMTS : UTRAN.                                    | P36 |
| Figure 2.10 : UTRAN architecture [31]   | P37 |
| Figure 2.11 : UTRAN. [32]   | P37 |
| Figure 2.12 : NodeB avec antennes sectorielles.   | P38 |
| Figure 2.13 : NodeB avec antenne omnidirectionnelle.  | P38 |
| Figure 2.14 : Les interfaces du réseau d'accès UTRAN.   | P39 |
| Figure 2.15 : Architecture du réseau cœur de l'UMTS.  | P41 |
| Figure 2.16 : Les échanges du commutateur MSC.  | P42 |
| Figure 2.17 : UL (Uplink) et DL (Downlink).   | P43 |
| Figure 2.18 : Duplex TDD.   | P44 |
| Figure 2.19 : Mode TDD.   | P44 |
| Figure 2.20 : Duplex FDD.   | P45 |
| Figure 2.21 : Mode FDD.   | P45 |
| Figure 2.22 : La technique CDMA.  | P48 |
| Figure 2.23 : Principe de l'étalement de spectre.   | P49 |
| Figure 2.24 : Softer Handover [39]  | P50 |
| Figure 2.25 : Soft Handover [39]  | P51 |
| Figure 3.1 : Opnet Modeler  | P58 |
| Figure 3.2 : Project editor   | P59 |
| Figure 3.3 : Palette des objets OPNET   | P60 |
| Figure 3.4 : Node Model Editor  | P60 |
| Figure 3.5 : Scénario UMTS avec 3 usagers et 3 stations de base.                                  | P61 |
| Figure 3.6 : Scénario UMTS avec 38 usagers et 3 stations de base.                                 | P62 |
| Figure 3.7 : Nombre d'usagers   | P62 |
| Figure 3.8 : Les deux scénarios représentent (3 et 38) UE   | P63 |
| Figure 3.9 : Le Débit global des deux topologies.   | P63 |
| Figure 3.10 : Le Débit reçu dans un usager (UE3) des deux topologies                              | P64 |
| Figure 3.11 : Une cellule du réseau UMTS  | P64 |
| Figure 3.12 : Le trafic reçu dans les services FTP et HTTP d'un usager (UE2) des deux topologies. | P65 |
| Figure 3.13 : Le débit du réseau UMTS   | P65 |
| Figure 3.14 : Le trafic envoyé et reçu dans le service Email.                                     | P66 |
| Figure 3.15 : Le trafic envoyé et reçu dans le service FTP.                                       | P66 |

|  |     |
|--|-----|
| Figure 3.16 : Le trafic envoyé et reçu dans le service HTTP.                           | P67 |
| Figure 3.17 : Le trafic envoyé et reçu dans le service VOICE.                          | P67 |
| Figure 3.18 : Le trafic reçu dans les deux services FTP, HTTP.                         | P68 |
| Figure 3.19 : Le trafic reçu dans les deux services EMAIL, VOICE.                      | P68 |
| Figure 3.20 : Définition d'application de Services VOICE (Low Quality Speech)          | P69 |
| Figure 3.21 : Le trafic reçu dans les quatre services FTP, HTTP, EMAIL et VOICE        | P69 |
| Figure 3.22 : Définition d'application de Services VOICE (IP Telephony)                | P70 |
| Figure 3.23 : Le trafic reçu dans les quatre services FTP, HTTP, EMAIL et VOICE        | P71 |
| Figure 3.24 : jitter dans UMTS Voice application                                       | P71 |
| Figure 3.25 : Trafic envoyé et reçu du réseau UMTS                                     | P72 |
| Figure 3.26 : Le retard (delay) du réseau UMTS   | P72 |
| Figure 3.27 : Trafic envoyé et reçu du GGSN  | P73 |
| Figure 3.28 : Le retard (delay) du GGSN  | P73 |
| Figure 3.29 : Trafic envoyé et reçu du RNC   | P74 |
| Figure 3.30 : Downlink ,Uplink Trafic envoyé et reçu du RNC                            | P74 |
| Figure 3.31 : Downlink ,Uplink Trafic envoyé et recevé du SGSN                         | P75 |
| Figure 3.32 : Le retard (delay) du SGSN  | P75 |
| Figure 3.33 : Trafic envoyé du GGSN, SGSN, RNC   | P76 |
| Figure 3.34 : Le débit du base station (NB1 ,NB2,NB3)                                  | P76 |
| Figure 3.35 : Les trios cellules représentent (14,13 et 11) UE                         | P77 |
| Figure 3.36 : Le débit du 3 station de base  | P77 |
| Figure 3.37 : Trafic envoyé et reçu des serveurs EMAIL et http.                        | P78 |
| Figure 3.38 : Trafic reçu et envoyé du trois UE  | P79 |
| Figure 3.39 : Trafic reçu dans les quatre services FTP, EMAIL, VOICE et http du client | P80 |
| Figure 3.40 : Définition de trajectoire dans 3 usagers (UE1, UE2 et UE3)               | P81 |
| Figure 3.41 : le débit total reçu de (UE1, UE2 et UE3)                                 | P81 |
| Figure 3.42 : Throughput vs. Load de UMTS UE   | P82 |
| Figure 3.43 : Le débit du RNC, BTS et UE   | P83 |
| Figure 3.44 : Scénario GPRS (2G).  | P83 |
| Figure 3.45 : Le débit de la station de base dans les deux réseaux.                    | P84 |
| Figure 3.46 : Comparaisons entre Le débit de la station de base dans les deux réseaux  | P84 |
| Figure 3.47 : le débit total reçu de (UE) dans les deux réseaux .                      | P85 |
| Figure 3.48 : Comparaisons entre le débit total reçu de (UE) dans les deux réseaux.    | P85 |
| Figure 3.49 : Comparaisons entre le réseau GPRS et UMTS.                               | P86 |

## *Liste des tableaux*

|  |     |
|--|-----|
| Tableau 1.1 : <b>Exemples de systèmes cellulaires de 1G.</b>                                     | P12 |
| Tableau 1.2 : <b>Exemples de réseaux numériques 2G.</b>  | P13 |
| Tableau 1.3 : <b>Caractéristiques principales de technologie 2G.</b>                             | P23 |
| Tableau 2.1 : <b>les interfaces de réseau UMTS.</b>  | P40 |
| Tableau 2.2 : <b>Modes d'accès FDD et TDD.</b>   | P46 |
| Tableau 2.3 : <b>Comparaison des technologies GSM, UMTS Release 99, HSPA et HSPA+ Release 8.</b> | P54 |
| Tableau 3.1 : <b>Les modelés OPNET utilisés au UMTS.</b>   | P58 |
| Tableau 3.2 : <b>Les modelés OPNET utilisés au GPRS.</b>   | P58 |

---

# Introduction générale

---

### Introduction générale

La mobilité est la clé du succès des réseaux mobiles. Le roaming a étendu la définition de la mobilité au delà de la technologie, des réseaux et des frontières des pays. Fascinant de pouvoir établir et recevoir des appels, émettre et recevoir des SMS et accéder à Internet depuis n'importe quelle partie du monde en utilisant le même mobile et la même identité. Avec le déploiement généralisé des technologies GSM et GPRS et 3G/3G+, les usagers ont la flexibilité d'utiliser leurs services voix, données et SMS. [1]

Les réseaux mobiles ont beaucoup évolué depuis leur apparition dans les années 1970 à nos jours. La première génération des réseaux cellulaires (1G) : Elle est apparue vers le début des années 1970 avec un mode de transmission analogique et des appareils de taille relativement volumineuse. Les standards les plus utilisés à l'époque étaient l'AMPS (Advanced Mobile Phone System), le TACS (Total Access Communication System) et le NMT (Nordic Mobile Telephone).

La deuxième génération des réseaux mobiles (2G) : Elle est apparue au début des années 90 avec le mode de transmission numérique. Il devient ainsi possible de transmettre, en plus de la voix, des données numériques de faible volume telles que les SMS (Short Message Service) et les MMS (Multimedia Message Service). Les standards 2G les plus utilisés sont le GSM qui est basé sur le codage TDMA et FDMA, l'IS-95 (Interim Standard-95) qui est basé sur le codage CDMA (Code Division Multiple Access) et l'IS-136 (Interim Standard-136) qui se base sur le codage TDMA (Time Division Multiple Access). Le GSM est cependant le standard ayant connu la plus grande percée avec l'utilisation de la bande des 1900MHz en Amérique du Nord et au Japon et de la bande des 900MHz et 1800Mhz sur les autres continents. C'est d'ailleurs sur ce standard que se basent les réseaux GPRS (General Packet Radio Service : 2.5G) et EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution : 2.75G) qui sont venus corriger les faibles débits du GSM (environ 9,6 kbps). Le GPRS propose un débit théorique de 114 kbps permettant ainsi la transmission simultanée de la voix et de données. L'utilisation des applications multimédias est rendue possible par EDGE qui offre des débits allant jusqu'à 384 kbps. [2]

L'UMTS est identifié à la troisième génération des réseaux mobiles (3G) est apparue pour établir des normes internationales afin de garantir une compatibilité mondiale, une mobilité globale, la compatibilité avec les réseaux 2G et des débits de 2 Mbps pour une mobilité faible et allant jusqu'à 144 kbps pour une mobilité forte. Les principales normes 3G

sont le CDMA2000 et l'UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). La norme CDMA2000 est une amélioration de la norme IS-95 et n'est pas compatible avec le GSM. D'autres améliorations ont été apportées plus tard en terme de débita l'UMTS donnant lieu aux normes HSDPA (High Speed Downlink Packet Access : 3.5G) qui offre un débit théorique maximum de 14.4 Mbps en ligne descendante et HSUPA (High Speed Uplink Packet Access : 3.75G) offrant un débit théorique maximum en ligne ascendante de 5.76 Mbps. Ces deux normes sont regroupées sous le nom de HSPA (High Speed Packet Access).[2]

Ce mémoire se divise en trois chapitres ,est organisé comme suit :

Dans le premier chapitre, nous présentons les différentes générations de réseau mobile (1G, 2G) .il comprend une discussion sur certaines caractéristiques importantes et sons architecture réseau.

Le second chapitre est destiné une étude détaillé du de la technologie UMTS .Fournit les fonctionnalités et les technologies utilisées dans ce réseau.

Le troisième chapitre on a simulé un réseau UMTS par un simulateur OPNET et exposé les résultats obtenus de caractéristiques et capacité du réseau UMTS.

L'objectif de notre travail est de modélisé et évalué les performances de réseau UMTS on utilisant le simulateur OPNET Modeler qui est un outil de simulation avènements discrets qui permet de spécifier graphiquement des modèles. Il permet d'étudier les performances des systèmes existant sous des conditions variables. Et nous avons finalisé notre mémoire par une conclusion générale qui présente une récapitulation de tous ce que nous avons traité dans ce mémoire.



# Chapitre 01

---

## Les Différentes Générations de Réseau Mobile

---

## 1.1. Introduction

Depuis plusieurs années le développement des réseaux mobiles n'a pas cessé d'accroître, plusieurs générations ont vues le jour (1G, 2G, 3G,) et connues une évolution remarquable, en apportant un débit exceptionnel et qui ne cesse d'augmenter, une bande passante de plus en plus large et un des avantages d'une telle bande passante est le nombre d'utilisateurs pouvant être supportés. [2]

Dans ce chapitre, nous allons définir en premier lieu le concept cellulaire des systèmes radio mobile puis en abordant leurs principes de fonctionnement et l'évolution de ce dernier conduisant, ensuite présenter l'architectures ces différentes générations de Réseau mobiles, Afin d'apporter un éclairage sur l'avènement de la technologie UMTS et la différence entre le réseau GSM et le réseau UMTS.

## 1.2. Historique

Les ondes électromagnétiques ont été utilisées comme moyen de communication pour la première fois à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Le premier système sans fil a été inventé par la compagnie Bell Systems dans les années 1940 aux Etats-Unis puis il a apparu en Europe dans les années 1950.

Les cellulaires étaient très contraignants par leur mobilité restreinte, leur faible capacité, leurs services limités et leur qualité d'écoute très faible. Ils étaient également très lourds, très gros, très chers et très sensibles aux interférences. Pour toutes ces raisons on ne comptait donc que moins d'un million d'abonnés dans les années 1980. [3]

Dans les années 70/80, les premiers terminaux sans fil, les radiotéléphones analogiques, font leur apparition dans les voitures ou à transporter dans des valises. Ils sont énormes, dispendieux avec couverture limitée. S'appuyant sur une technique de modulation radio proche de celle utilisée par les stations de radio FM, ces réseaux, qui ne permettaient pas de garantir la confidentialité des communications, sont par ailleurs vite devenus saturés.[4]

Chaque pays ou presque développe son propre système : **AMPS** aux États-Unis (Advanced Mobile Phone System, 1978), **NMT** en Scandinavie (Nordic Mobile Telephone, 1981), **TACS** en Grande-Bretagne et au Japon (Total Access Communication System, 1983), **Radiocom 2000** en France (1986). Ces réseaux sont incompatibles entre eux, et se font parfois concurrence à l'intérieur d'un même pays : la Société française du radio-téléphone



contre le Radiocom de France Télécom dès 1987 avec un réseau... NMT ! Ces réseaux sont encore utilisés majoritairement en voiture (90 % des abonnés Radiocom). [5]

**2G :** La seconde génération sera donc numérique. Outre une meilleure qualité d'écoute, elle s'accompagne de la réduction de la taille des combinés et assure une certaine confidentialité. Au début des années 90, la norme GSM pour la communication sans fil (Global System for Mobile Communication) est adoptée en Europe. Depuis, elle s'est imposée à peu près partout, sauf au Japon, en Amérique du Nord et du Sud, où elle est présente de manière minoritaire. En France, le GSM fonctionne sur les fréquences 900 et 1800 MHz. L'avènement des premiers réseaux de seconde génération (sous l'impulsion de France Télécom, sous la marque Itinériss, et SFR, puis Bouygues Telecom) et de terminaux portables, plus petits et légers, révolutionne l'accès à la téléphonie mobile et la vie quotidienne. Cette nouvelle manière de téléphoner devient peu à peu accessible à tous. Si bien qu'en 2004, plus de 70% de la population française est équipée d'un mobile, selon l'Autorité de régulation des télécommunications. [4]

**2,5G :** En 2001, une évolution importante de la norme GSM fait son apparition : le GPRS (pour General Packet Radio Service). Le GSM avec un débit qui ne dépasse pas 9,6 kbps (équivalent à celui utilisé pour les fax) se destine principalement aux appels vocaux et peu à l'acheminement de données : les premiers services WAP sur GSM n'ont d'ailleurs convaincu personne. À mi-chemin entre le GSM (2G) et l'UMTS (3G), le GPRS, souvent appelé 2,5G, permet d'obtenir des vitesses de transfert trois fois supérieures au GSM, soit de 20 à 30 kbps. Cela autorise un accès plus confortable aux services WAP et à un internet allégé (e-mails sans pièce jointe et navigation sur le web). Concrètement, le GPRS n'étant qu'une amélioration du réseau existant, la voix continue de transiter sur le réseau GSM, tandis que les données circulent via le GPRS, selon le principe de transmission par paquets. [4]

**2,75G :** Une autre évolution de la norme GSM est en passe d'être déployée notamment dans l'Hexagone : l'EDGE (*Enhanced Data Rate for GSM Evolution*). Étape intermédiaire entre le GPRS et l'UMTS, ses débits pourraient, en théorie, atteindre 250 kbps. Certains voient en ce standard un concurrent de l'UMTS, d'autres un complément. En France, il est déployé en priorité par Bouygues Telecom qui n'offrira pas de services UMTS avant 2006, et par Orange dans le but de proposer une alternative moins onéreuse à ses services 3G. [4]



**3G** : À l'automne 2004, la téléphonie mobile de troisième génération fait son apparition en France. Ce n'est pas une révolution de la même ampleur que la 2G dans les années 90, mais elle pourrait grandement faire évoluer les usages : accès haut débit à l'internet sans fil, visiophonie et messages vidéo ainsi que la réception de la télévision sur le téléphone...

Après de nombreux atermoiements, le déploiement de la téléphonie de troisième génération en Europe a enfin débuté. La norme UMTS/W-CDMA a été retenue sur le Vieux Continent par l'association 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) regroupant les principaux acteurs des télécommunications. Elle implique, pour chaque opérateur mobile qui souhaite se lancer dans l'aventure, l'achat d'une licence émise par l'État et la mise en place d'infrastructures en parallèle du réseau GSM/GPRS. Ce qui représente une facture de plusieurs milliards d'euros.

La norme UMTS exploite le nouveau protocole de communication W-CDMA et de nouvelles bandes de fréquences situées entre 1900 et 2200 MHz. À la différence du GSM qui fait passer les données par une cellule (antenne) divisée en canaux de fréquences différentes, elles-mêmes réparties selon des créneaux de temps, le W-CDMA permet d'envoyer simultanément toutes les données, par paquets et dans le désordre (sur n'importe quelle fréquence), reste au téléphone à réceptionner les paquets de données et les rassembler.

Cette technologie permet de faire transiter davantage de données simultanément et offre un débit bien supérieur à ceux permis par les GSM et GPRS. En théorie, il peut atteindre 2 Mbps à partir d'un lieu fixe et 384 kbps en mouvement. Bien qu'on soit encore loin de la promesse initiale, le maximum en Europe a été fixé à 384 kbps (kilobits par seconde) : soit 64 à 128 kbps en émission et 128 à 384 kbps en réception, même en mouvement (train, voiture). Ce "haut débit" mobile n'est pas si éloigné des vitesses de transmission proposées dans le cadre des premières offres d'accès à l'internet par l'ADSL ou le câble.

L'UMTS présente des avantages qui s'appliquent autant aux communications vocales qu'aux transferts de données. Comme la technologie exploite une bande de fréquences plus large, elle permet de passer trois fois plus d'appels. En théorie, l'UMTS devrait donc remédier à la saturation des réseaux existants et proposer des services de meilleure qualité. Le débit cinq à dix fois plus rapide laisse apparaître le développement de nouvelles applications, notamment dans le domaine du multimédia (visiophonie, diffusion de contenu vidéo et audio, MMS vidéo ou audio, etc.). Le haut débit mobile facilite aussi l'accès aux données, web et e-mails, en situation de mobilité. [4]



### 1.3. Les réseaux cellulaires

Le marché des services de communication mobiles s'est développé au-delà de toutes les attentes. Ces services mobiles sont offerts grâce à différents types de systèmes : systèmes cellulaires, systèmes sans cordon, radiomessagerie, radiocommunication professionnelle et systèmes par satellites. Parmi ces systèmes, les systèmes cellulaires constituent le principal marché et leurs croissances sont les plus importantes. [6]

#### 1.3.1. Concept cellulaire

La transmission sans fil consiste à définir une zone de couverture et installer une antenne relais qui servait d'un point d'accès aux utilisateurs évoluant dans cette zone, la puissance d'émission doit être importante et capable d'atteindre la périphérie de la zone de couverture mais l'atténuation du signal limite cette zone en termes de puissance et de capacité, ce qui a permis de développer un concept cellulaire.

Le principe consiste à diviser une région en un certain nombre de cellules, la cellule est un modèle théorique représenté par un hexagone et qui ressemble le plus au cercle, la juxtaposition des cellules permet de couvrir une zone géographique sans laisser d'espaces vides. [7]

##### 1.3.1.1. Définition fonctionnelle et objectifs du concept cellulaire

Du point de vue des usagers, les réseaux cellulaires se différencient des autres réseaux téléphoniques par la capacité à fournir un service téléphonique mobile à un grand nombre d'utilisateurs et de permettre à ces utilisateurs de se déplacer librement et rapidement durant une communication sans dégradation significative de la qualité de service, ceci presque sans limite géographique. Un système cellulaire est alors défini comme un système capable de satisfaire un grand nombre d'utilisateurs dans une zone géographique donnée en utilisant une portion limitée du spectre des fréquences. La capacité est obtenue en utilisant un grand nombre de stations émettrices basse N puissance (notées BS pour Base Station dans la suite) pour servir des zones géographiques appelées "cellules". La réutilisation des fréquences d'une cellule à une autre permet de multiplier le nombre de canaux de fréquences utilisables dans une zone. De plus, lorsque la demande augmente, les cellules peuvent être divisées en cellules plus petites de manière à augmenter encore le taux de réutilisation des fréquences dans une zone. Lorsque les utilisateurs se déplacent, ils sont commutés de manière instantanée et transparente d'une station à une autre par l'intermédiaire



d'un mécanisme appelé "handover" (noté HO dans la suite). Un système informatique automatisé et centralisé dirige l'ensemble du réseau, identifiant les mobiles et établissant les connexions. [8]

### 1.3.1.2. Principes du concept cellulaire

Le concept cellulaire est basé sur quatre principes fondamentaux

**-La réutilisation de fréquences :** il s'agit de l'utilisation de canaux radios de mêmes fréquences pour couvrir différentes zones d'un même réseau tout en contrôlant l'interférence. Cette idée n'était pas nouvelle en soi, mais elle est devenue critique pour la radiotéléphonie à cause du faible ratio entre bande de fréquence disponible et quantité d'information à transmettre. [8]

**-Le fractionnement cellulaire :** il consiste à diviser une cellule en plusieurs cellules plus petites qui auront ainsi moins de trafic à écouler. On parle aussi de densification dans le sens où il s'agit d'une application récursive du concept cellulaire sur lui-même. Le fractionnement cellulaire intervient lorsqu'une cellule est saturée en trafic. Il oblige une maîtrise de la puissance d'émission des stations pour ne pas augmenter l'occupation du spectre en un point. C'est cette maîtrise qui donne la limitation en densification (et donc en capacité) d'un système. [8]

**-La géométrie cellulaire :** elle doit permettre de se donner une représentation simple du système cellulaire. De plus, l'absence d'une structure géométrique régulière dans un motif cellulaire rend difficile l'adaptation à une augmentation de trafic. Le spectre risque ainsi d'être utilisé de manière inefficace et trop d'équipements seront déployés. Cela oblige également beaucoup d'improvisation et une grande maîtrise empirique des systèmes radios pour assurer la croissance du système. Seuls trois polygones réguliers permettent d'effectuer un pavage parfait du plan. Il s'agit du triangle équilatéral, du carré et de l'hexagone. C'est l'hexagone qui a été retenu pour la géométrie cellulaire car c'est la figure la plus proche du cercle en surface, le cercle étant la forme d'une couverture obtenue à partir d'une antenne isotrope dans un milieu sans obstacle. [8]

**-La gestion globale du réseau :** elle doit permettre non seulement la communication entre usagers mobiles, mais aussi entre usagers mobiles et usagers du réseau commuté. Elle doit également permettre l'itinérance, c'est à dire la possibilité d'utiliser un terminal de télécommunication en un point quelconque du réseau, mais aussi le transfert intercellulaire, c'est à dire le mécanisme grâce auquel un mobile peut



transférer, de manière transparente pour l'utilisateur, sa connexion d'une BS vers une autre, assurant ainsi la mobilité. [8]

### 1.3.2. Type des cellules

La taille d'une cellule varie en fonction d'un ensemble de contraintes telle que : la topologie du terrain, la densité d'abonnés et la nature de l'environnement, c'est ainsi que les opérateurs ont recours à ces 3 types de cellules :

- **Macro cellules** : sont des cellules dont leurs zones d'action s'étendent jusqu'à 30 km, desservant un trafic moins élevé.
- **Micro cellules** : sa portée maximale est de 500 m environ, couvrant ainsi des zones urbaines est desservant un trafic moyennement dense.
- **Pico cellules** : ces pico cellule sont placée dans des endroits ou le trafic est considérable. [7]

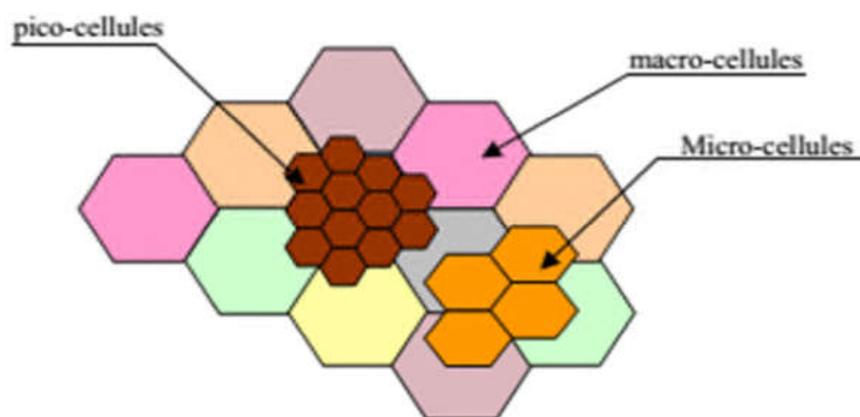


Figure 1.1 : Les types des cellules.

Le passage d'une cellule à l'autre (transfert intercellulaire ou "Handover") devra se faire de façon transparente pour l'utilisateur, c'est-à-dire sans coupure perceptible ni perte de données. [6]

## 1.4. Evolution des réseaux cellulaires

L'industrie radio mobile ne cesse d'évoluer. Elle a connu un développement considérable en termes de technologie et de nombre d'abonnés. Avec l'apparition de nouvelles technologies en télécommunications, les normes modernes deviennent de plus en plus strictes en termes de qualité de service rendue aux clients. Mais sur le plan

technologique en particulier, les réseaux de transmission ont vu leur capacité s'accroître, notamment concernant le débit supporté et le nombre d'utilisateurs.

De plus, l'intégration des services et la diversité des données échangées (voix, vidéo haute définition, consultation interactive de base de données, Internet haut débit...) exigent des systèmes de plus en plus rapides pour traiter des volumes d'informations en augmentation constante. [6]

### 1.4.1. Les réseaux mobiles de 1ère génération

#### 1.4.1.1 .Définition de la 1G

Les premiers systèmes radio mobiles de cette génération ont été créés dans les années 1970. En effet, la liaison téléphonique entre le téléphone et le réseau téléphonique est relié par l'intermédiaire d'un relai. Chaque relai couvre une zone géographique appelée cellule.

La première génération utilise d'un point de vue technique, un codage et une modulation en fréquence analogique. Les réseaux analogiques utilisaient uniquement l'accès multiple à répartition de fréquences FDMA, mécanisme dans lequel un usager en cours de communication se voit attribuer un couple de fréquences qui lui est réservé pour toute la durée de l'appel, dans une bande de fréquences autour de 900 MHz pour les systèmes déployés aux états unis et 450 MHz pour ceux déployés en France. [9]

#### 1.4.1.2. Les standards mobiles de 1ère génération

La première génération des systèmes cellulaires (1G) utilisait les standards suivants :

- **AMPS**, lancé aux Etats-Unis par AT&T.
- **NMT**, utilisé par SFR en France, spécifié par les administrations des télécommunications nordiques à partir de 1970.
- **Radiocom2000** mis en place par France Télécom en 1986. [9]

| Standards | Bande de fréquences DL(MHz) | Bande de fréquences UL (MHz) | Largeur de bandes d'un canal (kHz) |
|-----------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| AMPS      | 869-849                     | 824-849                      | 30                                 |
| TACS      | 935-960                     | 890-915                      | 25                                 |
| E-TACS    | 917-950                     | 872-905                      | 25                                 |
| NMT450    | 463-467.5                   | 453-457.5                    | 25                                 |
| NMT900    | 935-960                     | 890-915                      | 12.5                               |
| C450      | 460-465.74                  | 450-455.74                   | 10                                 |
| RMTS      | 460-465                     | 450-455                      | 25                                 |
| NTT       | 870-885                     | 925-940                      | 25/6.25                            |

**Tableau 1.1 :** Exemples de systèmes cellulaires de 1G.

#### 1.4.1.3. Les inconvénients de la 1ère génération

Certes les systèmes de première génération offraient un service en mobilité, cependant ils ne parvenaient pas réellement d'une part, à franchir les frontières internationales du fait de l'incompatibilité de ces systèmes développés dans chaque pays, d'autre part, il n'y avait pas de continuité en se déplaçant d'une cellule à une autre donc la mobilité était fort limitée à une seule cellule.

Ajoutons à cela que les fréquences sont une ressource rare, ce qui veut dire que la capacité de ces systèmes reste très dépendante de ces dernières donc très limitée. En parallèle, le nombre d'utilisateurs était restreint par le coût élevé des terminaux et des tarifs des communications ainsi que la portabilité limitée à cause des dimensions imposantes de ces terminaux, de plus, un grand nombre de standards n'étaient pas économiques et considérablement coûteux pour les constructeurs. Tous ces inconvénients appellent à l'obligation de la mise en place d'une deuxième génération qui comblera les lacunes techniques, fonctionnelles et économiques des systèmes 1G. [9]



### 1.4.2. Les réseaux mobiles de 2ème génération

Au début des années 90, la deuxième génération de réseaux mobiles a fait son apparition. A l'instar de la première génération qui est analogique, les systèmes de la 2G sont tous numériques. Ce passage offre plusieurs avantages, dont une augmentation de la capacité, une meilleure sécurité contre les fraudes ainsi que de nouveaux services, comme la messagerie texte SMS (*Short Message Service*). L'un des standards les plus répandus de la 2G est sans doute le GSM (*Global System for Mobile Communications*). Le GSM a été lancé en 1991 et a été développé en tant que standard ayant pour but d'être utilisé partout à travers les pays d'Europe dont la plupart utilisaient des systèmes 1G différents. Comme nous pouvons le constater à partir du tableau 1.2, la majorité des systèmes 2G utilisent la technique TDMA. Cependant, au même moment, un système appelé IS-95 (ou CDMA One) à base de CDMA fait son apparition en Amérique du nord. On annonçait, avec le CDMA, non seulement des gains en termes de nombre d'utilisateurs, mais aussi une qualité supérieure de la voix ainsi qu'une simplification de la planification du système. Les systèmes de deuxième génération offrent plusieurs avantages par rapport aux systèmes analogues, mais restent néanmoins concentrés sur l'optimisation d'un seul service : la voix. [10]

| Réseau | Bandes de fréquence DL et UL(MHz) | Méthodes d'accès | Largeurs du canal | Utilisateurs Par canal | Régions     |
|--------|-----------------------------------|------------------|-------------------|------------------------|-------------|
| GSM    | 935-960 et 890-915                | TDMA             | 200 KHz           | 8                      | Europe/Asie |
| IS-136 | 869-894 et 824-848                | TDMA             | 30 KHz            | 3                      | E.U.A       |
| IS-95  | 869-849 et 824-849                | CDMA             | 1.25 MHz          | 64                     | E.U.A/Asie  |
| IDEN   | 851-866 et 806-821                | TDMA             | 25 KHz            | 3/6                    | E.U.A       |
| PDC    | 935-960 et 980-915                | TDMA             | 25 KHz            | 3/6                    | Japon       |

**Tableau 1.2 :** Exemples de réseaux numériques 2G.

Le débit de transfert de données n'a pas été une priorité et reste assez limité à l'ère des communications multimédia. Pour palier à cette situation, une technologie de transition, souvent dénotée par 2.5G, a été développée. Cette évolution avait pour but de permettre aux opérateurs de réseaux mobiles de déployer des services de données plus efficaces tout en gardant la même infrastructure de leurs réseaux 2G.



Ces services se basent sur la technique de commutation de paquets utilisée dans le réseau Internet. Le GPRS (*General Packet Radio Service*) est une solution qui a été introduite dans les réseaux GSM à la fin des années 90. Ce système propose des débits maximums (*peak rate*) de l'ordre de 115 kbps. Une seconde étape de cette évolution, du nom D' EDGE (*Enhanced Data for Global Evolution*), est proposée en conjonction avec GPRS. Celle-ci permet, en théorie, de tripler le débit obtenu avec le GPRS, soit un maximum de 473.6 kbps. Cependant, ces débits étaient loin d'être atteints avec un nombre d'utilisateurs constamment en augmentation. [10]

#### 1.4.2.1. Le réseau GSM

Nous allons nous intéresser dans les sections suivantes à la norme GSM et ses extensions GPRS et EDGE. [10]

##### A. Présentation de la norme GSM

Le GSM est la première norme de téléphonie cellulaire de seconde génération qui soit pleinement numérique, c'est la référence mondiale pour les systèmes radio mobiles. Avec plus de 400 millions d'utilisateurs à la fin de l'année 2000 dans le monde, soit la moitié du nombre total d'utilisateurs de téléphonie mobile, Le réseau GSM offre à ses abonnés des services qui permettent la communication entre les stations mobiles de bout en bout à travers le réseau. La téléphonie est la plus importante des services offerts. Ce réseau permet la communication entre deux postes mobiles où entre un poste mobile et un poste fixe. Les autres services proposés sont la transmission de données à faibles débits et la transmission de messages alphanumériques courts. [11]

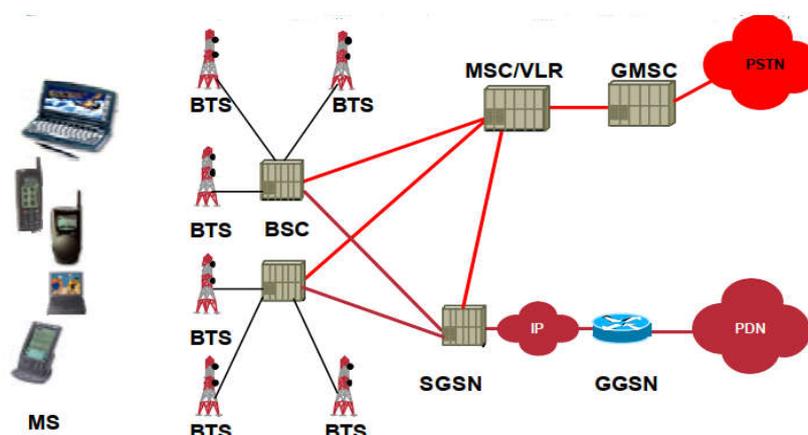


Figure 1.2 : Architecture GSM [12]



## B. Les caractéristiques du GSM

La téléphonie mobile par GSM occupe deux bandes de fréquences aux alentours des 900Mhz. de 890 à 915 [Mhz] pour la transmission du terminal vers le réseau (Up Link), de 935 à 960 [Mhz] pour la transmission en sens inverse (Down Link).

La largeur de bande de chaque sens est divisée en 124 canaux de 200 Mhz de largeur. Ces canaux ne sont pas suffisants dans les grandes villes, donc, il s'est avéré nécessaire d'attribuer une bande supplémentaire aux alentours des 1800 Mhz. C'est le système DCS1800 dont les Caractéristiques sont quasi identiques au GSM en termes de protocoles et de service. Les communications montantes en faisant alors entre 1710 et 1785 [Mhz] et les communications descendantes entre 1805 et 1880 [Mhz]. Pour augmenter la capacité du réseau, GSM utilise les deux techniques de multiplexage FDMA (Frequency Division Multiple Access) et TDMA (Time Division Multiple Access).[11]

### ✓ La FDMA

La FDMA est la méthode d'accès multiple la plus utilisée. Cette technique est la plus ancienne, elle permet de différencier les utilisateurs par une simple différenciation fréquentielle. L'implémentation de cette technologie est assez simple. En effet, pour écouter l'utilisateur N, le récepteur ne considère que la fréquence FN associée. [11]

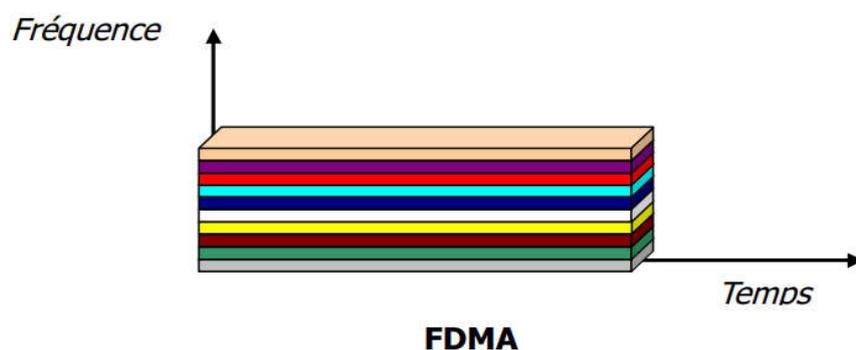


Figure 1.3 : La technique FDMA.

### ✓ La TDMA

La TDMA est une méthode d'accès qui se base sur la répartition de ressources dans le temps. Chaque utilisateur émet ou transmet dans un intervalle de temps concret dont la

périodicité est définie par la durée de la trame. Dans ce cas, pour écouter l'utilisateur N, le récepteur n'a qu'à considérer l'intervalle de temps N associé à cet utilisateur. [11]

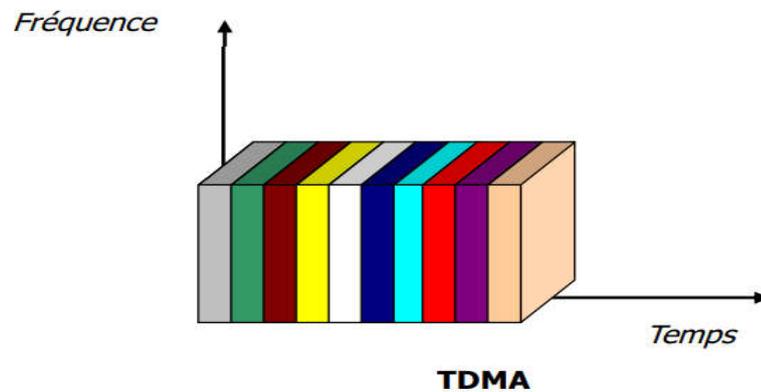


Figure 1.4 : La technique TDMA.

### C. Principe de fonctionnement

Dans un réseau GSM, le terminal de l'utilisateur est appelé station mobile (MS). Une station mobile est composée d'une carte SIM (Subscriber Identity Module), permettant d'identifier l'utilisateur de façon unique et d'un terminal mobile, c'est-à-dire l'appareil de l'utilisateur (la plupart du temps un téléphone portable). Les terminaux (appareils) sont identifiés par un numéro d'identification unique de 15 chiffres appelé IMEI (International Mobile Equipment Identity). Chaque carte SIM possède également un numéro d'identification unique (et secret) appelé IMSI (International Mobile Subscriber Identity). La carte SIM permet ainsi d'identifier chaque utilisateur, indépendamment du terminal utilisé lors de la communication. La communication entre une station mobile et la station de base se fait par l'intermédiaire d'un lien radio, généralement appelé interface air (interface Um).

Le réseau cellulaire ainsi formé est prévu pour supporter la mobilité grâce à la gestion du handover, c'est-à-dire le passage d'une cellule à une autre et aussi l'itinérance (en anglais roaming), c'est à-dire le passage du réseau d'un opérateur à un autre. Enfin, les différents réseaux téléphoniques nationaux sont interconnectés entre eux par l'intermédiaire des centres de transit nationaux (CTI). Et pour identifier les différents réseaux le CCITT a défini un plan de numérotation international dans la recommandation E.164. Chaque pays est donc repéré par un indicatif à 1,2 ou 3 chiffres. [13]

## D. Schéma fonctionnel

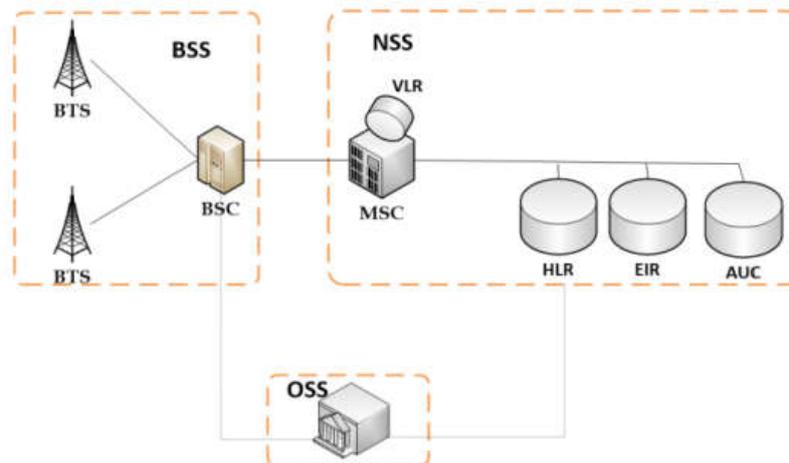


Figure 1.5 : Architecture réseau GSM.

### a. Station mobile

La station mobile (MS) se compose de l'équipement mobile (le terminal) et d'une carte à puce appelée le module d'identité d'abonné (SIM). La carte SIM offre une mobilité personnelle, afin que l'utilisateur puisse avoir accès aux services souscrits indépendamment d'un terminal spécifique. En insérant la carte SIM dans un autre terminal GSM, l'utilisateur peut recevoir des appels sur ce terminal, passer des appels depuis ce terminal et recevoir d'autres services souscrits. [14]

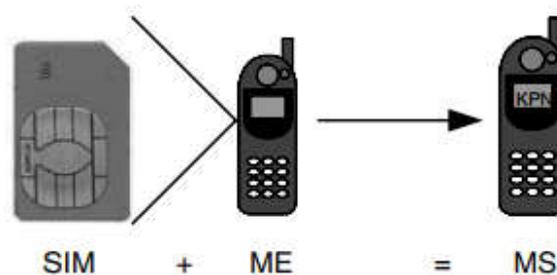


Figure 1.6: Components of the mobile station. [15]

### b. Le sous-système radio BSS (Base Station Sub-System )

Le BSS comprend les BTS qui sont des émetteurs-récepteurs ayant un minimum d'intelligence et les BSC qui contrôlent un ensemble de BTS et permettent une première concentration des circuits.

La BTS (Base Transceiver Station) : assure la réception des appels entrants et sortants des équipements mobiles. [16] est un ensemble d'émetteurs-récepteurs qui gère la transmission radio, le multiplexage temporel (une fréquence radio est subdivisée en 8 time slots dont 7 sont alloués aux utilisateurs), modulation, démodulation, égalisation, codage, correcteur d'erreur. Le placement et le type des BTS déterminent la forme des cellules. Elle réalise aussi des mesures radio pour vérifier qu'une communication en cours se déroule correctement (évaluation de la distance et de la puissance du signal émis par le terminal de l'abonné) : Ces mesures sont directement transmises à la BSC.

Un ensemble des stations de base d'un réseau cellulaire est relié à un contrôleur de stations (en anglais Base Station Controller, noté BSC), chargé de gérer la répartition des ressources et aussi le transfert intercellulaire des communications (Handover). L'ensemble constitué par le contrôleur de station et les stations de base connectées constitue le sous-système radio (en anglais BSS pour Base Station Sub-system).[13]

### **c. Le sous-système d'acheminement NSS (Network Sub-System )**

Le MSC (Mobile-service Switching Center) c'est un commutateur qui gère l'établissement, le contrôle (signalisations) et les flux de voix des communications entre MS. Il est souvent couplé au VLR. Il peut posséder une fonction passerelle GMSC (Gateway MSC) qui gère les interconnexions avec d'autres réseaux comme X25...

Le VLR (Visitor Location Register) c'est une base de données qui contient les informations sur les abonnés présents dans une zone géographique. Il est souvent rattaché au MSC.

Le HLR c'est une base de données qui gère les abonnés d'un réseau donné. Dans un HLR, chaque abonné est décrit par un enregistrement contenant le détail des options d'abonnement et des services complémentaires accessibles à l'abonné. Il contient son numéro d'annuaire MSI SDN, l'identité internationale utilisée sur le réseau et le profil d'abonnement. De plus il enregistre aussi le numéro du VLR dans lequel se trouve l'abonné. Le HLR contient par ailleurs la clé secrète de l'abonné qui permet au service d'authentifier l'abonné. [13]

L'AuC Le centre d'authentification AUC (Authentication Center) mémorise pour chaque abonné une clé secrète utilisée pour authentifier les demandes de services et pour chiffrer (crypter) les communications. L'AUC de chaque abonné est associé au HLR. Pour

---

autant le HLR fait partie du « sous-système fixe » alors que l'AUC est attaché au « sous-système d'exploitation et de maintenance ». [17]

L'EIR contient l'IMEI.

#### **d. Le sous-système d'exploitation et de maintenance OSS (Operation and maintenance Sub-System)**

L'OSS est connecté aux différents éléments du NSS ainsi qu'au BSC. Il permet donc à l'exploitant d'administrer son réseau en ayant une vue d'ensemble sur le réseau. L'OSS est constitué de centres d'exploitation et de maintenance (OMC) et si l'importance du réseau le justifie de NMC. [13]

- **Opération and Maintenance Center OMC**

L'OMC permet de gérer et d'exploiter le réseau. Elle regroupe la gestion administrative des abonnés et la gestion technique des équipements. On distingue deux catégories d'OMC qui sont :

- **OMC-R (OMC Radio)**

Ce centre gère le BSS et assure la gestion de la configuration et de la performance, la supervision des alarmes émises par les équipements.

- **OMC-S (OMC Switching)**

Ce centre contrôle le NSS et assure la gestion des abonnés (création, modification, suppression) et la facturation des appels.

- **Network Management Center NMC**

Le NMC permet de centraliser les deux Centres d'exploitation et de maintenance pour une gestion globale du réseau. [13]

#### **1.4.2.2. Le réseau GPRS (Evolution vers l'GPRS : 2.5G)**

Le service GPRS nécessite quelques modifications du réseau radio éléments comme dans la station de base et dans les contrôleurs de station de base. [18]

Le General Packet Radio Service (GPRS) est une technologie introduite pour palier le problème lié à la réservation de ressource en mode circuit. Le GPRS ne concerne que les couches supérieures du GSM (utilisation commune des équipements du BSS).



Techniquement, on introduit un nouveau cœur en plus du cœur circuit (CS, Circuit Switched) c'est le cœur paquet (PS, Packet Switched) qui est constitué de deux éléments :

Le SGSN (Serving GPRS Support Node) qui permet de gérer les données des abonnés (détection et enregistrement des utilisateurs présents, facturation, cryptage, etc).

Le GGSN (Gateway GPRS Support Node) : cette passerelle assure l'interconnexion du réseau mobile GPRS aux réseaux IP externes (par exemple un réseau d'ISP ou encore un intranet d'entreprise). [13] Le GGSN est connecté aux réseaux externes comme Internet et le X.25. Du point de vue des réseaux externes, le GGSN est un routeur vers un sous-réseau, car le GGSN «cache» l'infrastructure GPRS aux réseaux externes. Lorsque le GGSN reçoit des données adressées à un utilisateur spécifique, il vérifie si l'adresse est active. Si tel est le cas, Le GGSN transmet les données au SGSN desservant la MS, mais si l'adresse est inactive, les données sont supprimées. Les paquets d'origine mobile sont acheminés vers le bon réseau par le GGSN. Le GGSN suit le MS avec une précision de SGSN. [19] Par ailleurs, la transmission des données entre BSC et SGSN nécessite l'ajout d'un Packet Control Unit (PCU).

Malgré ces avancées technologiques le GPRS souffre toujours de l'allocation de plusieurs time-slots à un même usager, restreignant le nombre d'utilisateurs pouvant accéder en même temps que lui au réseau. De plus, le GPRS qui devrait en théorie offrir 171.2 Kbits/s, dans la pratique, à cause des codages CS -1 et CS-2 utilisés n'en offre qu'entre 30 et 40 Kbits/s. [13]



La nouvelle architecture des réseaux télécom devient donc : [13]

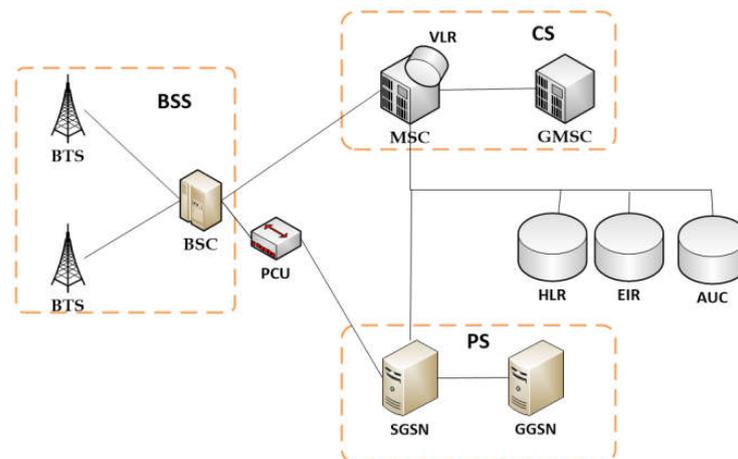


Figure 1.7 : Architecture GPRS.

### 1.4.2.3. Le réseau EDGE

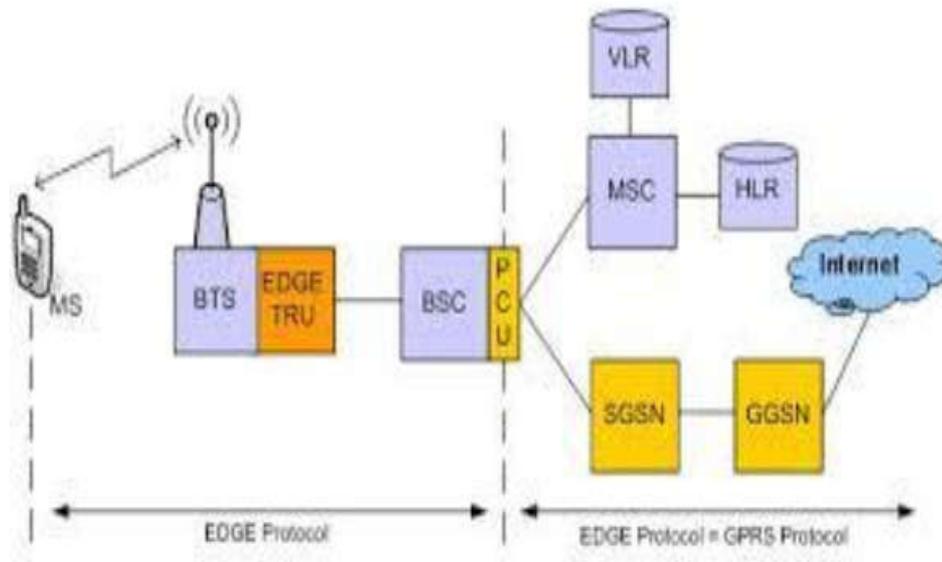
Afin d'améliorer le débit, l'EDGE est une évolution de la norme GSM, modifiant le type de modulation. Tout comme le GPRS, le standard EDGE est utilisé comme transition vers la 3G mobile. On désigne le standard EDGE par 2.75G. Il utilise une modulation différente de la modulation utilisée par le GPRS, ce qui implique une modification des stations de base et des terminaux mobiles. Il permet aussi de multiplier par un facteur de 3 le débit des données avec une couverture plus réduite. Dans la théorie, EDGE permet d'atteindre des débits allant jusqu'à 384kbit/s pour les stations fixes et jusqu'à 144kbit/s pour les stations mobiles. [10]

#### ➤ Architecture EDGE

L'EDGE est une extension de réseau GPRS. Seule le sous-système radio est sensiblement modifié.

Le déploiement de l'EDGE nécessite :

- La mise à jour du BSC et de la BTS.
- L'ajout d'un émetteur –récepteur au niveau de la BTS, capable de supporter la modulation 8-PSK . [10]



**Figure 1.8 :** Architecture d'un réseau EDGE.

#### ➤ L'interface radio du réseau

La norme EDGE a l'avantage de pouvoir rapidement s'intégrer au réseau GSM existant. En émission, un mobile EDGE émettra dans une bande qui s'étend de 880 à 915 Mhz et en réception dans la bande 925 à 960 Mhz. Ainsi, pour une communication il y aura 45 Mhz de séparation entre le canal d'émission et le canal de réception. La technologie EDGE utilise une modulation 8-PSK qui est une méthode linéaire dans laquelle trois bits consécutifs sont codés dans un symbole. Son principe des schémas de codage est étendu sur 9MCS, les quatre premiers (de MCS1 à MCS4) utilisent la modulation GMSK et le reste (de MCS5 à MCS9) utilisent la modulation 8-PSK.

Le système est fondé sur un accès par répartition en code tel que CDMA. Cette évolution va vraisemblablement permettre de répondre aux exigences des utilisateurs rapidement et a un coût modéré. Néanmoins, à plus long terme, opérateurs, constructeurs et utilisateurs devront investir dans une véritable 3<sup>ème</sup> génération. [10]

Le Tableau 1.3 donne un résumé des différents éléments caractéristiques de chaque technologie

| Standard | Réseau orienté paquet ou circuit | Modulation(s) employée(s) | Débit maximal pratique |
|----------|----------------------------------|---------------------------|------------------------|
| GSM      | circuit                          | GMSK                      | 12 kbps                |
| GPRS     | paquet                           | GMSK                      | ~ 50 kbps              |
| EDGE     | paquet                           | GMSK et 8-PSK             | ~ 220 kbps             |

Table 1.3 : Caractéristiques principales de technologie 2G.

### 1.5. L'évolution du réseau GSM vers le réseau UMTS

L'évolution du GSM vers l'UMTS se traduira par une augmentation sensible du débit, comme illustre la figure 1.9 :

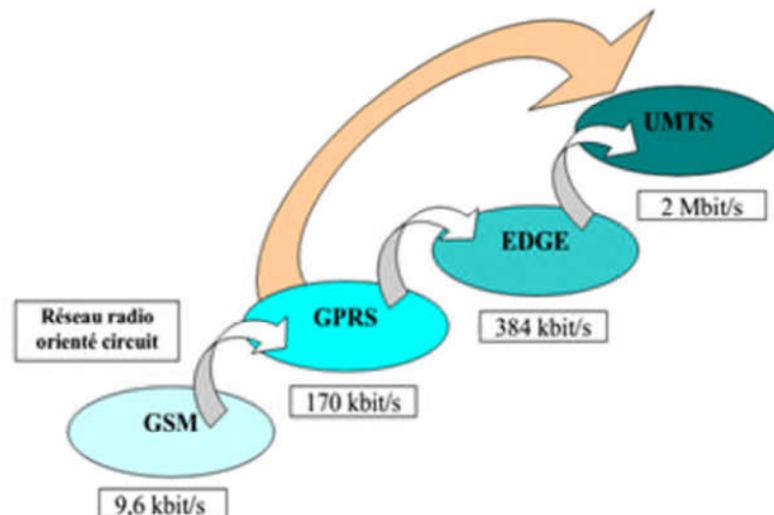


Figure 1.9 : Diagramme d'évolution des réseaux mobiles.

A la différence du système GSM qui a été optimisé pour la voix et sur lequel il a été possible de transporter des données par paquet, l'UMTS lui est optimisée pour le transport des données par paquet et sur lequel il est possible de véhiculer la voix. [6]

## 1.6. Conclusion

Les technologies 2G ont certainement subi le plus grand nombre de modifications et d'améliorations dans l'histoire des technologies cellulaires actuelles. En passant d'un réseau orienté circuit à un réseau orienté paquet, la 2G a posé les bases pour les générations futures.[20]

Son principe, est de passer des appels téléphoniques, s'appuyant sur les transmissions numériques permettant une sécurisation des données (avec cryptage), il a connu un succès et a permis de susciter le besoin de téléphoner en tout lieu avec la possibilité d'émettre des messages (SMS, limités à 80 caractères). Ainsi qu'il autorise le roaming entre pays exploitant le réseau GSM. [6] Enfin, avec EDGE, des débits suffisants ont été atteints pour émettre une utilisation convenable de certains services Internet. [20]

# Chapitre 02

---

## Etude Détaillé sur le Réseau UMTS

---

## 2.1. Introduction

Après les systèmes analogiques de première génération dans les années 1980 et le GSM dans les années 1990, les radiocommunications cellulaires sont en 2000 à l'aube du déploiement de systèmes de troisième génération. [21] L'UMTS (Universal Mobile Télécommunication System) une version européenne, développée au sein de l'organisme 3GPP (Third Generation Partnership Project). Elle est retenue dans la famille dite IMT-2000 (International Mobile Télécommunications) comme norme pour les systèmes de télécommunications mobile dits de troisième génération, qui remplacent progressivement le standard actuel : le GSM (Global System for Mobile).

En effet, elle permet des services de communications plus rapides notamment pour la voix, la télécopie, l'Internet de n'importe quel endroit et à tout moment avec une qualité de service (QoS) plus améliorée. [22]

L'UMTS est une technologie de téléphonie cellulaire dont la partie radio (UTRAN) repose sur la technique d'accès multiple W-CDMA, une technique dite à étalement de spectre, alors que l'accès multiple pour le GSM se fait par une combinaison de multiplexage temporel TDMA et de multiplexage fréquentiel FDMA.

Une amélioration importante de l'UMTS par rapport au GSM consiste, grâce à une nouvelle technique de codage, en la possibilité de réutiliser les mêmes fréquences dans des cellules radio adjacentes et en conséquence d'affecter une largeur spectrale plus grande à chaque cellule (5 MHz), alors qu'en GSM, les cellules radio adjacentes doivent utiliser des bandes de fréquences différentes (facteur de réutilisation variant de 1/3 à 1/7) ce qui implique (en GSM) de diviser et répartir les fréquences attribuées à un opérateur entre plusieurs radio. La disparition de cette contrainte permet en UMTS d'avoir plus de bande passante et donc plus de débit (ou plus d'abonnés actifs) dans chaque cellule. [23] Ainsi, les objectifs de capacité support pour la troisième génération ont été définis comme:

- 384 kb / s pour une couverture complète de la zone.
- 2 Mb / s pour la couverture de la zone locale. [24]

Dans ce présent chapitre, nous allons définir les principes de base du réseau UMTS, de façon à comprendre le fonctionnement du tel réseau.

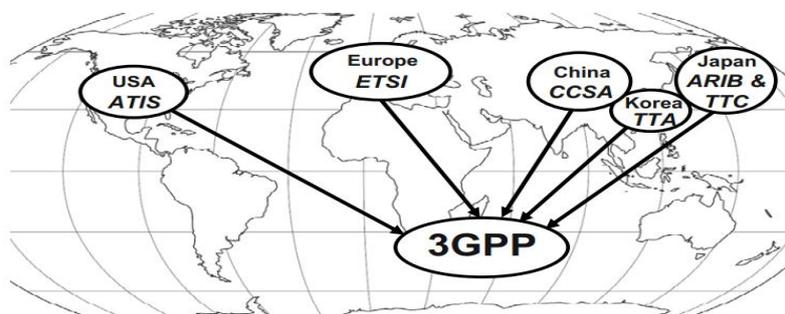


Figure 2.1 : Le 3GPP est un partenariat mondial de six SDO régionaux. [25]

## 2.2. Présentation

Il existe plusieurs technologies 3G dans le monde. Chacune d'elles suivent les recommandations IMT2000. Suivant les continents, la norme utilisée est différentes : Europe : UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) Amérique : CDMA-2000 Japon et Corée : W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) Chine : TD-SCDMA Ces normes permettent de transporter les données sans-fil à haut débit sur la même connexion. La particularité des technologies 3G est d'avoir un réseau cœur IP.

L'UMTS est donc la norme de télécommunications de troisième génération utilisée en Europe et est basée sur la technologie W-CDMA (utilisée au Japon et Corée). Elle a été développée à partir de 2004 avec la Release 99 (R99). Sa bande de fréquence de fonctionnement est 1900MHz-2000MHz. Les spécifications techniques de cette norme sont développées au sein de l'organisme 3GPP. L'UMTS est compatible avec tous les réseaux du monde du fait de la possibilité de roaming au niveau mondial. Le réseau UMTS ne remplace pas le réseau GSM existant puisque la coexistence entre ces deux réseaux est possible. [26]

## 2.3. Les objectifs de la technologie UMTS

Le système UMTS devait satisfaire les quatre points suivants :

### 2.3.1. La compatibilité avec les systèmes de 2e génération

L'UMTS devait assurer une certaine compatibilité avec les systèmes existants, pour permettre aux opérateurs de la technologie GSM d'économiser leurs investissements et

d'assurer ainsi aux utilisateurs une continuité de service lors de la migration vers la nouvelle technologie. [27]

### 2.3.2. Un support multimédia varié

Par définition le multimédia dans la norme UMTS est la capacité d'accepter (pour un terminal) ou de délivrer (pour le réseau) simultanément des services de natures différentes, par exemple : voix, visiophonie, transfert de fichiers ou navigation sur le Web, ce qui doit être en mesure de proposer une combinaison de plusieurs de ces services, voire d'ajouter ou de supprimer sans perturber le déroulement de l'application en cours de fonctionnement . [27]

### 2.3.3. Des débits plus élevés

L'UMTS devait proposer une gamme de débits allant au-delà de l'offre de 2<sup>ème</sup> génération. Il a été décidé que l'UMTS serait conçu de manière à assurer les débits suivants :

- a) 144 kbit/s en environnement rural extérieur.
- b) 384 kbit/s en environnement urbain extérieur.
- c) 2 Mbit/s pour des faibles distances à l'intérieur d'un bâtiment couvert (c'est-à-dire mobilité réduite). [27]

### 2.3.4. Proposition de différentes classes de services

Dans le but de couvrir l'ensemble des besoins présents et futurs des services envisagés pour l'UMTS, quatre classes ont été définies afin de regrouper les services en fonction de délai de transfert de l'information, la variation du délai de transfert des informations et la tolérance aux erreurs de transmission. [27]

#### a) Classe A : mode conversation (conversational)

La classe A regroupe les applications en mode phonie et visiophonie, c'est-à-dire les conversations entre deux ou plusieurs personnes. Pour ces applications, la quasi-instantanéité du transfert de l'information est le paramètre essentiel. [27]

- **Exemple** : La téléphonie, la visiophonie ou des jeux vidéo constituent des services de classe A. [21]



**b) Classe B : mode flux de données (streaming)**

La classe B est la classe des applications asymétriques correspondant à une Communication entre un utilisateur et un serveur. Principalement, l'utilisateur interroge le serveur par une requête limitée en quantité d'information et en débit, le serveur transmettant au contraire une quantité importante d'informations, si possible à un débit élevé. Par rapport à La classe A, le retard dans le transfert des données peut être plus importante sans que la qualité de service perçue par l'utilisateur en soit affectée. [27]

- **Exemple** : Des services de la classe B sont la vidéo à la demande, la diffusion de programmes musicaux ou des transferts d'images. [21]

**c) Classe C : mode interactif (interactive)**

Comme pour la classe B, les services de classe C impliquent un utilisateur et un serveur, mais cette fois, le dialogue est interactif et il s'agit d'un serveur de données ou d'applications informatiques, comme des pages Internet, par exemple. L'absence de signaux de parole ou vidéo conduit à relâcher la contrainte sur la transmission en temps réel. La réponse à la demande de l'utilisateur doit juste lui parvenir dans un délai psychologiquement acceptable. [27]

- **Exemple** : Il s'agit ici de la navigation sur Internet, du transfert de fichiers, des applications de commerce électronique.[21]

**d) Classe D : mode tâche de fond (background) :**

La classe D est similaire à la classe C, mais les informations transmises ont un moindre degré de priorité. Le délai de transmission peut être plus long. [27]

- **Exemple** : C'est le cas d'une transmission de fax ou de messages courts. [21]

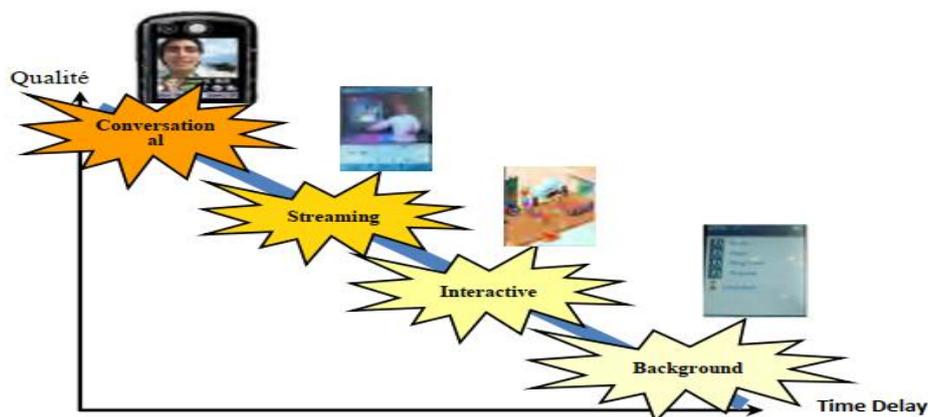


Figure 2.2: Les classes de service UMTS.

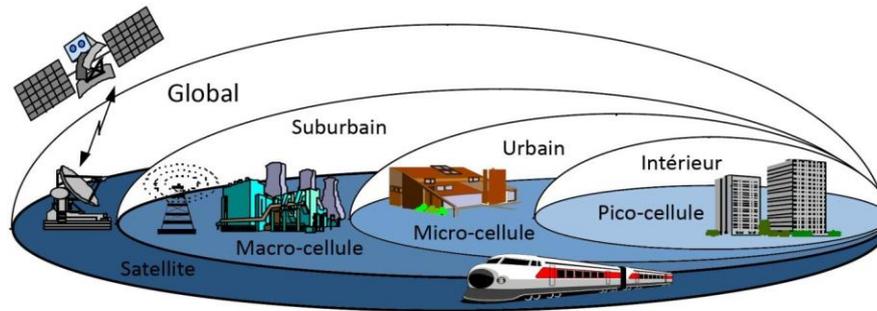
## 2.4. Caractéristiques techniques

Selon l'UIT, les 6 réseaux d'accès radio terrestre, dont l'UMTS fait partie, doivent satisfaire aux caractéristiques techniques suivantes :

- Garantir des services à haut débit avec un maximum de 144Kbps dans tout type d'environnement et jusqu'à 2Mbps dans des environnements intérieurs et avec une mobilité réduite.
- Transmettre des données symétriques (même débit montant et descendant) et asymétriques.
- Fournir des services à commutation de circuits (idéal pour la voix) et à commutation de paquets (idéal pour la transmission de données).
- Qualité de parole comparable à celle des réseaux câblés.
- Capacité et efficacité spectrale doivent être supérieures à celles des systèmes cellulaires de deuxième génération.
- Possibilité d'offrir des services multimédias lors d'une même connexion avec des qualités de services différentes (débit, taux d'erreurs, ...) pour les différents types de médias (voix, audio, données).
- Compatibilité avec les réseaux d'accès radio de deuxième génération.
- Itinérance entre les différents systèmes de troisième génération, c'est-à-dire la compatibilité entre eux.
- Couverture universelle en associant des satellites aux réseaux terrestres. [11]

## 2.5 .Hiérarchie des cellules de L'UMTS

Tout comme le réseau GSM, l'UMTS est divisé en plusieurs cellules de tailles variables. Chacune d'entre elles est présente en fonction de la densité de population à servir et de la vitesse de mobilité. L'accès par satellite est une extension.



**Figure 2.3 :** Hiérarchie des cellules de l'UMTS.

- **Une pico-cellule** permet des débits de l'ordre de 2 Mbits/s lors d'un déplacement de l'ordre de 10 km/h (marche à pied, déplacement en intérieur, etc.).
- **Une micro-cellule** permet des débits de l'ordre de 384 Kbits/s lors d'un déplacement de l'ordre de 120 km/h (véhicule, transports en commun, etc.).
- **Une macro-cellule** permet des débits de l'ordre de 144 Kbits/s lors d'un déplacement de l'ordre de 500 km/h (Train à Grande Vitesse, etc.).[26]

## 2.6. Les services de l'UMTS

Le schéma ci-après présente les différents services que propose l'UMTS. Sur l'axe des ordonnées se trouve le débit demandé pour le service en question. Chacun des services est regroupé par leur type de connexion (bidirectionnel, unidirectionnel, diffusion point / multipoint. [26]

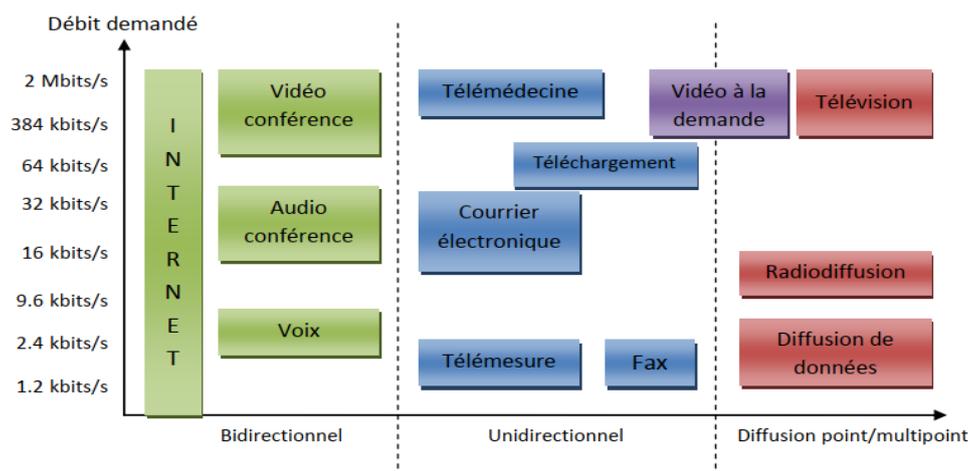


Figure 2.4 : Les besoins en débit des services de l'UMTS.

## 2.7. Spectre du réseau UMTS

Les bandes de fréquences utilisées par le réseau UMTS sont :

- De 1900 MHz à 2024 MHz : (Voie montante).
- De 2110 MHz à 2200 MHz : (Voie descendante). [28]

## 2.8. L'architecture globale du système UMTS

L'architecture d'un réseau d'UMTS est répartie en deux groupes (voir figure 2.5). Le premier groupe correspond au réseau d'accès radio (RAN, *Radio Access Network* ou *UTRAN*, *UMTS Terrestrial RAN*) qui supporte toutes les fonctionnalités radio. Le deuxième groupe, il correspond au réseau cœur (CN, *Core Network*) qui responsable de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes. Pour compléter le système, on définit également le terminal utilisateur (*UE*, *User Equipment*) qui se trouve entre l'utilisateur proprement dit et le réseau d'accès radio. [27]

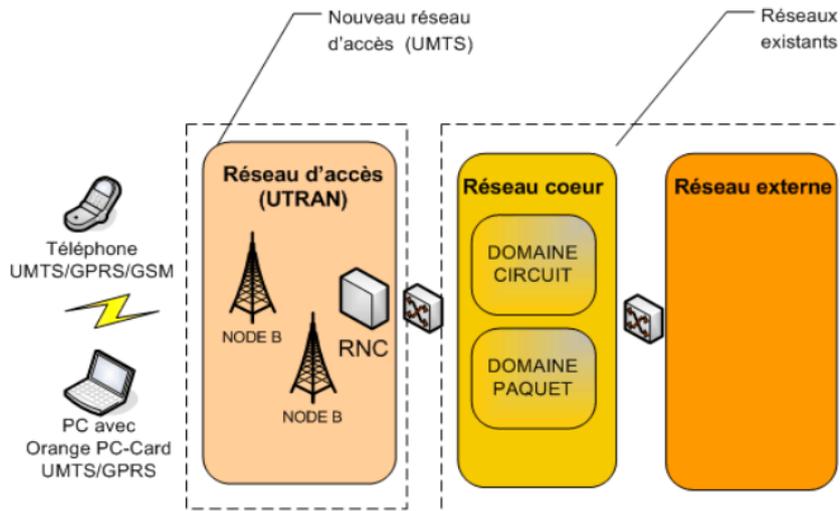


Figure 2.5 : architecture simplifiée le réseau UMTS [29]

Le schéma de l'architecture générale du réseau 3G est illustré dans la figure :

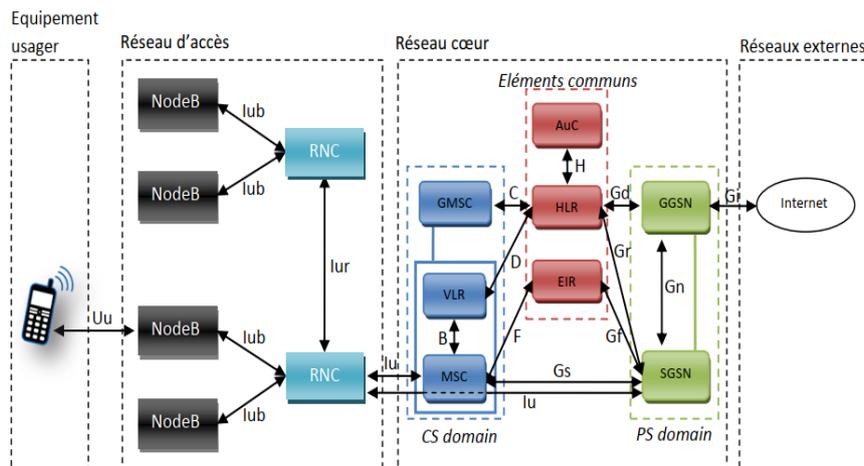
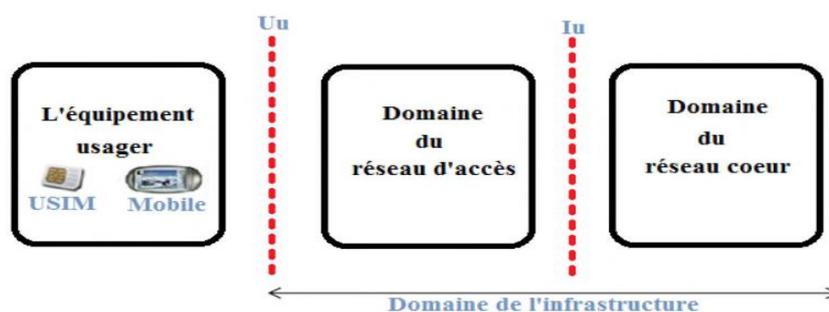


Figure 2.6 : Architecture globale du réseau UMTS.

Et aussi on peut dire que l'architecture du réseau UMTS est composée de trois domaines, comme le montre la figure 2.7. Ces trois domaines sont séparés par des points de référence Uu et Iu qui jouent le rôle d'interface. Chacun d'eux contient des équipements qui réalisent des opérations spécifiques et qui s'interconnectent entre eux avec des interfaces qui seront présentés dans les figures qui suivent. [22]



**Figure 2.7 :** Les trois domaines de l'architecture du réseau UMTS.

### 2.8. 1. Domaine de l'équipement usager

Le domaine de l'équipement usager (UE) comprend tous les équipements terminaux [30], est utilisé pour désigner la station mobile dans un réseau UMTS. Il représente le vecteur qui permet à l'abonné d'accéder au réseau et donc, à ses services, en utilisant le canal de propagation radio comme interface. Il est composé, du point de vue fonctionnel, de deux parties comme illustre la figure 2.8: [6]



**Figure 2.8 :** Architecture de l'équipement utilisateur.

#### 2.8.1.1. Equipement mobile (ME)

Les mobiles UMTS ne seront plus de simples téléphones mais des terminaux multimédia capables d'offrir simultanément des services de transmission de données, d'audio et de vidéo en tout moment [30]. L'équipement mobile est chargé de la transmission radio et des procédures associés. Il est encore divisé en deux parties : la terminaison mobile MT et l'équipement terminal TE.

- **La terminaison mobile MT** : assure de manière fiable la transmission de l'information vers le réseau d'accès à travers l'interface radio et applique les fonctions de modulation, correction d'erreur et d'étalement de spectres.
- **L'équipement terminal TE** : est une partie de l'UE où réside l'application codeur /décodeur vidéo et c'est dans cette partie du terminal que les données usager sont générées en émission ou traitées en réception. La communication entre l'équipement terminal et la terminaison mobile se fait par l'intermédiaire d'un adaptateur. [10]

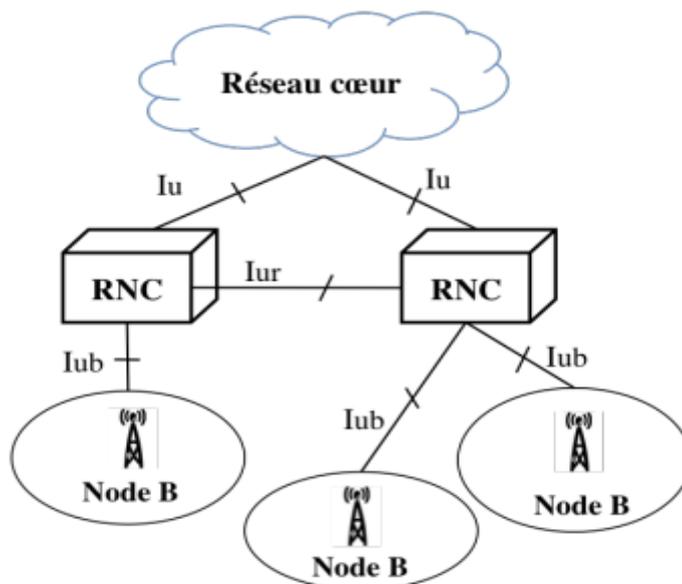
### 2.8.1.2. La carte USIM (UMTS Subscriber Identity Module)

Est une carte à puce qui stocke l'identité de l'abonné, les algorithmes et les clefs d'authentification, les clefs de chiffrement, ainsi que certaines données relatives à l'abonnement de l'utilisateur qui sont nécessaires au niveau du terminal. [27]

### 2.8.2. Domaine du réseau d'accès UTRAN

L'UTRAN est la partie de réseau UMTS qui s'interface entre la station mobile et le réseau cœur [7]. Le réseau d'accès UTRAN est composé de plusieurs éléments :

- Une ou plusieurs stations de base appelées NodeB. [9]
- Plusieurs RNS qui sont des sous-systèmes réseau radio, dont chaque RNS est constitué d'un RNC, équivalent du BSC des réseaux GSM, ils servent à contrôler un ensemble de Node B, équivalent de la BTS, et des interfaces de communication entre les différents éléments du réseau UMTS. [7]



**Figure 2.9 :** Architecture du réseau d'accès de l'UMTS : UTRAN.

Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur. Il constitue une passerelle entre l'équipement usager et le réseau cœur via les interfaces Uu et Iu.

Cependant, il est chargé d'autres fonctions:

- **Sécurité :** il permet la confidentialité et la protection des informations échangées par l'interface radio en utilisant des algorithmes de chiffrement et d'intégrité.
- **Mobilité :** regroupe tout ce qui est Handover et Roaming, de plus une estimation de la position géographique est possible à l'aide du réseau d'accès UTRAN.
- **Gestion des ressources radio :** le réseau d'accès est chargé d'allouer et de maintenir des ressources radio nécessaires à la communication.
- **Synchronisation :** l'UTRAN est en charge du maintien de la base de temps de référence dans chaque cellule sur laquelle tout terminal mobile doit s'aligner pour transmettre et recevoir des informations. [22]

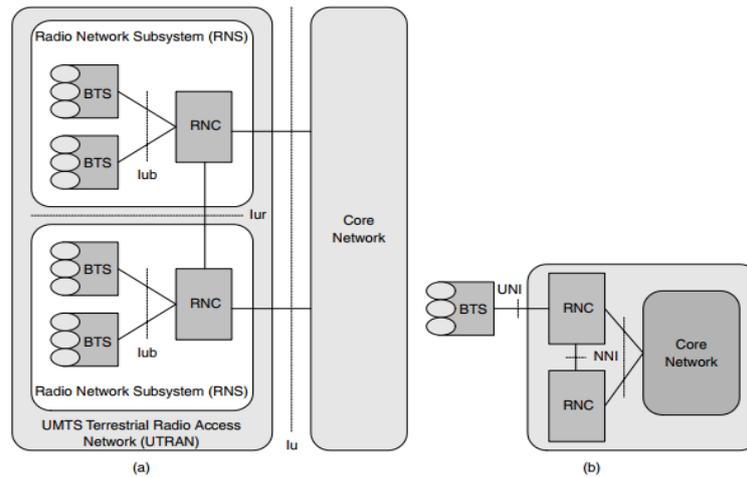


Figure 2.10: UTRAN architecture [31]

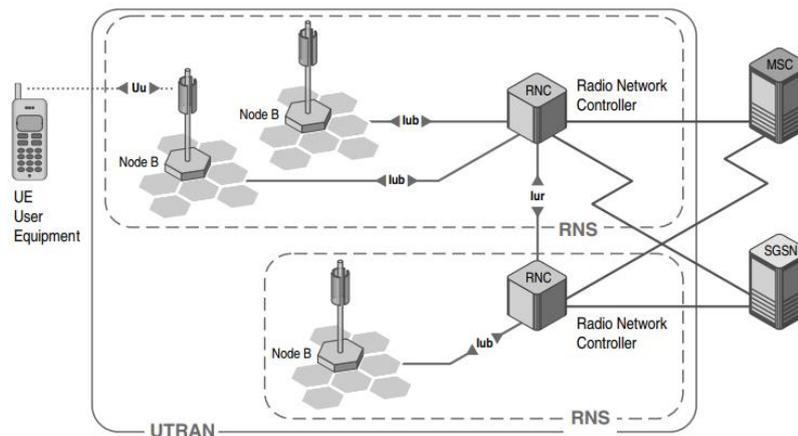


Figure 2.11 : UTRAN. [32]

### 2.8.2.1. Nœud B (Node-B)

Le Nœud-B (Node-B) assure la transmission et la réception radio entre l'UTRAN et les équipements usagers qui se trouvent dans la cellule (équivalent à la BTS des réseaux GSM), ainsi il doit appliquer des procédures telles que l'entrelacement, le codage et le décodage canal pour la correction d'erreurs, l'adaptation du débit, l'étalement du spectre, la modulation/démodulation, le filtrage et l'amplification, etc.

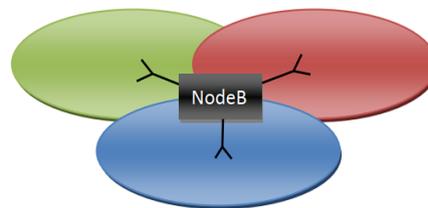
Le Node-B avec l'aide du RNC est l'élément qui fait le contrôle de puissance dans le but de minimiser les interférences intracellulaires tout en augmentant l'autonomie de la batterie du l'UE. [33]

Le Node-B peut en principe cohabiter avec une station de base GSM pour minimiser les coûts d'infrastructure.

A ce titre, le Node-B assure les fonctions suivantes :

- Le codage du canal.
- L'adaptation des messages à transmettre à l'interface radio.
- Etalement et désétalement du spectre.
- Les modulation/démodulation (QPSK ou QAM).
- Combinaison des signaux issus de plusieurs secteurs du même Node-B. [6]

La figure suivante montre les 2 types d'antennes prépondérantes dans les Node-B.



**Figure 2.12 :**NodeB avec antennes sectorielles.



**Figure 2.13 :**NodeB avec antenne omnidirectionnelle.

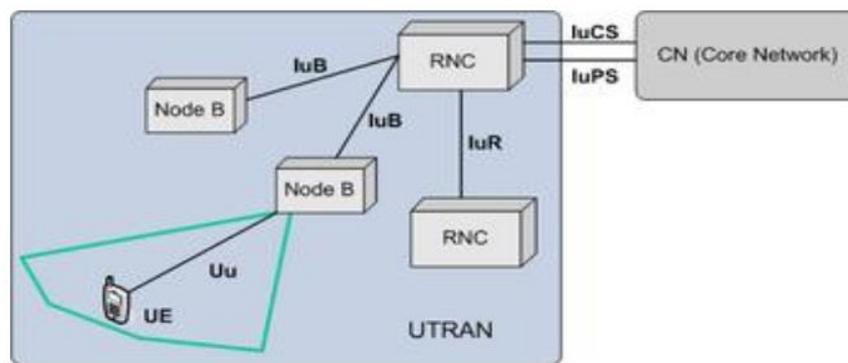
### 2. 8.2.2. Le contrôleur RNC (Radio Network Controller)

Le RNC possède et contrôle les ressources radio des Node B auxquels il est connecté. Le RNC est le point d'accès au service pour tous les services que l'UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) fournit au réseau de base. Le RNC et les Node B sont connectés entre eux et au réseau de base par trois interfaces comme montré à la figure 2.14. [34]



Il est équivalent au contrôleur de stations de base utilisé en GSM (BSC pour Base Station Controller), chargé des fonctions suivantes :

- ✓ Le contrôle de puissance en boucle externe.
- ✓ Le contrôle du handover.
- ✓ L'allocation des codes en CDMA.
- ✓ Le séquençement de la transmission de données en mode paquet.
- ✓ La combinaison/distribution des signaux provenant ou allant vers différents Nœud B dans une situation de macro diversité. [33]



**Figure 2.14 :** Les interfaces du réseau d'accès UTRAN.

### 2.8.2.3. Les interface de communications de réseaux UTRAN

Plusieurs types d'interfaces de communication coexistent au sein du réseau UMTS :

- Uu : l'interface logique Uu sert à connecter le terminal mobile à la station de base par l'intermédiaire d'une liaison radio.
- Iu : C'est l'interface logique d'interconnexion entre le réseau d'accès radio et le réseau cœur. [35] Elle permet au contrôleur radio RNC de communiquer avec le SGSN
- Iur : Interface qui permet à deux contrôleurs radio RNC de communiquer.
- Iub : Interface qui permet la communication entre un NodeB et un contrôleur radio RNC. [30]

| Interface | Extrémités | Fonction  |
|-----------|------------|---|
| Uu        | UE-ETRAN   | Elle permet la communication avec le réseau d'accès UTRAN                 |
| Iu        | ETRAN-CN   | Elle permet au contrôleur radio RNC de communiquer avec SGSN              |
| Iur       | RNC-RNC    | Permet de gérer la connexion simultanée du terminal mobile entre deux RNC |
| Iub       | Node B-RNC | Permet la communication entre le contrôleur radio RNC et le Node B.       |

**Tableau 2.1:** les interfaces de réseau UMTS.

### 2.8. 3. Domaine du réseau cœur (CN)

Le réseau cœur CN (Core Network) regroupe l'ensemble des équipements assurant les fonctions telles que le contrôle d'appels, le contrôle de la sécurité et la gestion de l'interface avec les réseaux externes. Ces derniers se scindent en deux catégories : celle des réseaux circuits (Réseau Numérique à Intégration de Service RNIS) et celle des réseaux paquets (réseau Internet). [33]

Le réseau cœur (CN) permet à l'utilisateur de communiquer à l'intérieur d'un même réseau de téléphonie mobile et assure l'interconnexion de ce dernier avec des réseaux internes ou externes, fixes ou mobiles, numériques ou analogiques et alloue les ressources radio et regroupe l'ensemble des équipements assurant les fonctions telles que :

- ✓Gestion des appels (établissement, fin, modification).
- ✓Gestion des services souscrits par un abonné.
- ✓Mémoire optimisation d'un réseau d'accès.
- ✓Contrôle de sécurité (authentification, intégrité, etc).
- ✓Gestion des interfaces avec les réseaux externes (communication).

✓ Il regroupe deux sous-réseaux ou « domaines » on a le domaine CS pour (Circuit-Switched) et le domaine PS pour (Packet Switched). [33]



Le réseau cœur est composé de trois parties :

- Le domaine CS (Circuit Switched) utilisé pour la téléphonie.
- Le domaine PS (Packet Switched) qui permet la commutation de paquets.
- Les éléments communs aux domaines CS et PS. [30]

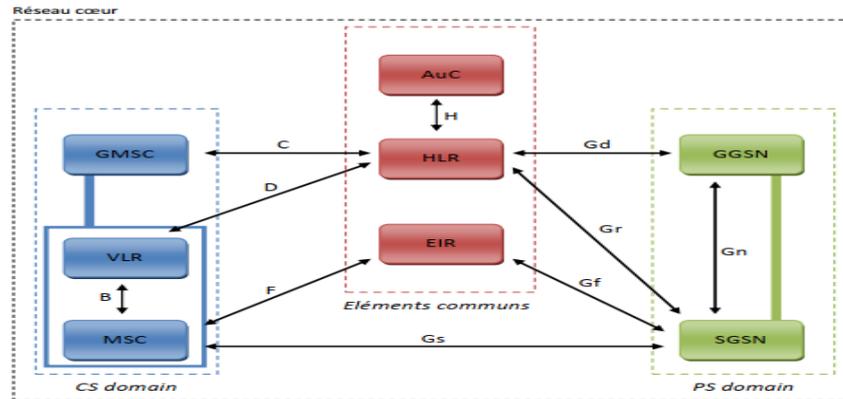


Figure 2.15 : Architecture du réseau cœur de l'UMTS.

### 2.8.3.1. Eléments communs

Ce sont des éléments partagés par le domaine de commutation de paquet et le domaine de commutation de circuit, ces éléments sont :

- **HLR (Home Location Register) :** est une base de données qui contient toutes les informations relatives aux abonnés : l'identité de l'équipement usager, le numéro d'appel de l'usager, les informations relatives aux possibilités de l'abonnement souscrit par l'usager. [30]
- **Le AuC (Authentication Center) :** est en charge de l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication. Si une de ces deux fonctions n'est pas respectée, la communication est rejetée. Le Auc se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'usager et pour ainsi créer une clé d'identification. [26]
- **EIR L'EIR (Equipment Identity Register) :** est en charge de la gestion des vols des équipements usagers. Il est en possession d'une liste des mobiles black listés par un numéro unique propre à chaque équipement usager, le numéro IMEI (International Mobile station Equipment Identity). [33]

### 2.8.3.2. Le domaine à commutation de circuits (CS)

Le domaine circuit permettra de gérer les services temps réels dédiés aux conversations téléphoniques (vidéo-téléphonie, jeux vidéo, streaming, applications multimédia). Ces applications nécessitent un temps de transfert rapide.

Le domaine CS est composé des éléments suivant : [30]

- **MSC (Mobile Switching Server)** : assure l'échange du trafic et de la signalisation avec la RNC, il est responsable de la gestion de mobilité, la gestion de sécurité, traitement du Handover et le contrôle d'appel. [ 22]

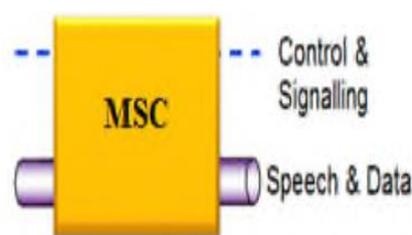


Figure 2.16 : Les échanges du commutateur MSC.

- **Le VLR (Visitor Location Register)** : est une base de données, assez similaire à celle du HLR, attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR garde en mémoire des informations sur la position de l'abonné et son déplacement dans la zone de localisation reliée à un ou plusieurs MSC. [30]
- **GMSC** : qui est une passerelle entre le réseau UMTS et le réseau téléphonique commuté PSTN. Si un équipement usager contacte un autre équipement depuis un réseau extérieur au réseau UMTS, la communication passe par le GMSC qui interroge le HLR pour récupérer les informations de l'utilisateur, ensuite, il route la communication vers le MSC dont dépend l'utilisateur destinataire. [9]

### 2.8.3.3. Le domaine à commutation de paquet PS

Le domaine paquet permet de gérer les services temps réels. Ils s'agit principalement de la navigation sur l'internet, de la gestion de jeux en réseaux et de l'utilisation des emails, ces applications sont moins sensibles au temps de transfert, c'est la raison pour laquelle les données transiteront en mode paquet. Le débit du domaine paquet sera sept fois plus rapide que le mode circuit, environ 2Mbits/s.

Le domaine PS est composé des éléments suivants : [30]

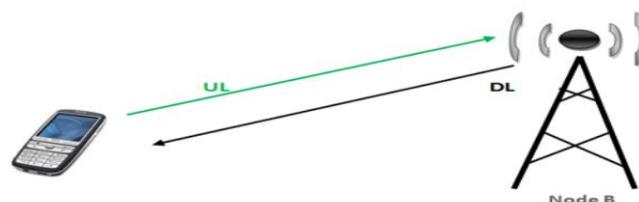
- **Le SGSN (Serving GPRS Support Node )** : Le SGSN (ou Routeur IP gérant les terminaux pour une zone) est la fonctionnalité du service dans le centre de commutation (MSC), qui permet de gérer les services offerts à l'utilisateur. Le SGSN est l'interface logique entre l'abonné GSM et un réseau de données externe. Ses missions principales sont, d'une part la gestion des abonnés mobiles actifs (mise à jour permanente des références d'un abonné et des services utilisés) et d'autre part le relais des paquets de données. Quand un paquet de données arrive d'un réseau PDN (*Packet Data Network*) externe au réseau GSM, le GGSN reçoit ce paquet et le transfert au SGSN qui le retransmet vers la station mobile. Pour les paquets sortants, c'est le SGSN qui les transmet vers le GGSN. [28]
- **Le GGSN (Gateway GPRS Support Node)** : est une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs tels que l'Internet. [26]

## 2.9. Interface radio UMTS

### 2.9.1. Méthodes de duplexage en WCDMA

Un système de radiocommunications bidirectionnel doit transmettre des signaux dans le sens mobile vers réseau, dit sens montant, et dans le sens réseau vers mobile, dit sens descendant.[21]

- UL (uplink) de la station mobile à la station de base et la transmission.
- DL (downlink) de la station de base au mobile. [22]



**Figure 2.17** : UL (Uplink) et DL (Downlink).

La norme UMTS propose deux techniques pour La gestion de ces deux à savoir : le duplex fréquentiel TDD (Time Division Duplex), et le duplexe temporel FDD (Frequency Division Duplex). [36]

### 2.9.1.1. Le mode TDD (Time Division Duplex)

Cette technique consiste en un transfert de données de mobile vers la station de base et inversement de la station de base vers mobile sur un même canal de communication avec une largeur spectrale de 5 Mhz, les communications sont duplexées temporellement. Ce mode est privilégié dans les Micro et Pico cellules vu leurs tailles réduites, cela permet aussi de résoudre en quelque sorte le problème de ressources limitées. [7] TDD est particulièrement adapté aux éléments suivants:

- Environnements micro et pico cellules publics.
- Applications sous licence pour usage extérieur et intérieur.
- Applications privées ou d'entreprise sans licence.
- Accès asymétrique dans une seule bande de fréquences.
- Jusqu'à 2 Mbps à mobilité réduite (piéton) et fixe applications.
- Jusqu'à 384 Kbps avec une mobilité jusqu'à 120 km / h. [37]

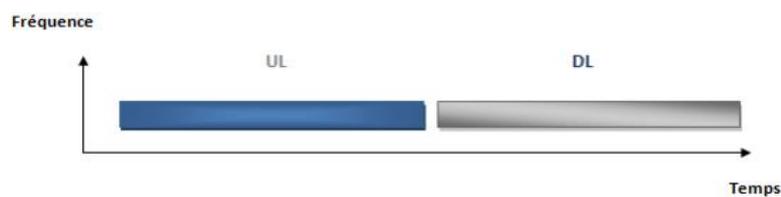


Figure 2.18 : Duplex TDD.

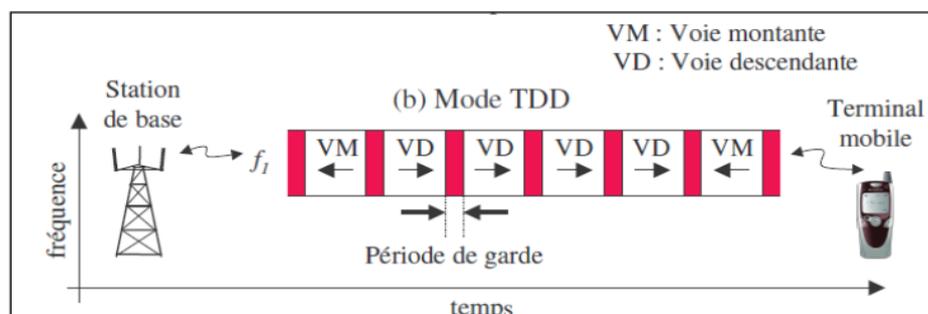


Figure 2.19 : Mode TDD.

### 2.9.1.2. Le mode FDD (Frequency Division Duplex)

La FDD permet une division duplex par fréquence, le UL et DL utilisent chacun une bande de fréquence différente. L'espace entre les deux bandes de fréquence pour l'UL et la DL est appelé distance duplex. [22]

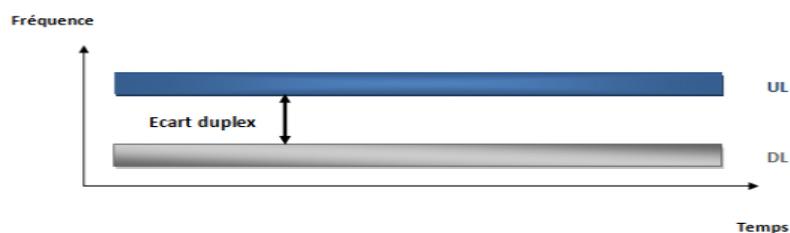


Figure 2.20: Duplex FDD.

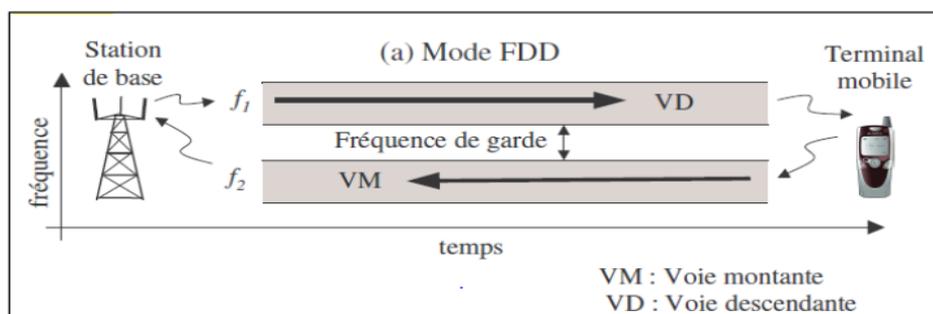


Figure 2.21 : Mode FDD.

Le tableau dressé ci-dessous permet de comparer les deux Méthodes de duplexage FDD et TDD: [22]

| Mode                      | FDD   | TDD                          |
|---------------------------|---|------------------------------|
| Largeur de bande          | 5 MHZ   | 5 MHZ                        |
| Longueur de trame         |   | 15 Slots par trame           |
| Structure Time Slot       | 384 Kbps  | 144 Kbps                     |
| Débit max pour un code    | 1 code/10ms                                       | 1 code/0.667 ms              |
| Duplexage                 | FDD   | TDD                          |
| Codes par trame           | 1 code/10 ms                                      | 1 code/0.667 ms              |
| Déploiement et couverture | Plus particulièrement adapté aux grandes cellules | Limites aux petites cellules |
| Service                   | Voix et données a bas et moyen débit              | Données en mode paquet       |
| Handover                  | Soft handover                                     | Hard handover                |

**Tableau 2.2** : Modes d'accès FDD et TDD.

### 2.9.2. La technique d'accès multiple WCDMA

La principale technologie radio utilisée dans l'UMTS est WCDMA dont les variantes FDD et Time Division Duplex (TDD) ont été sélectionnées par l'Institut européen des télécommunications (ETSI) en 1998 [38] et Comme on l'a cité au paravent, Le système UMTS a été conçu pour les communications multimédia et les informations exploitées par l'utilisateur peuvent atteindre 2 Mbit/s, au lieu d'un débit beaucoup plus inférieur dans les systèmes précédents. Cependant pour atteindre ces résultats il a fallu que la norme UMTS ait adopté un système CDMA nouveau, appelé **W-CDMA** (*Wideband Code Division Multiple Access Evaluation*), ou bien le Multiplexage par code large bande. Afin de comprendre les concepts du W-CDMA, il est important de comprendre la technique du CDMA. [36]



### 2.9.2.1. Avantage du W-CDMA

Par rapport aux systèmes de la deuxième génération, l'UMTS vient d'apporter quelques avantages, le plus important est d'offrir une plus grande bande passante pour l'utilisateur, ainsi qu'une grande souplesse dans l'allocation des ressources nécessaires déployées dans le réseau.

L'orientation du WCDMA vers la transmission de données en mode paquet a permis à l'utilisateur d'établir des communications de bande passante variable, même en cours d'appel, ce qui économise la bande passante.

Une autre contrainte qui est grandement simplifiée est la planification cellulaire, c'est-à-dire le choix des fréquences à mettre en œuvre dans une cellule en tenant compte des cellules voisines est remplacé par les séquences de codage qui différencient les communications, et non pas les fréquences porteuses comme dans les générations précédentes. [6]

### 2.9.2.2. CDMA

L'accès CDMA est une technique différente d'autres techniques, elle permet aux utilisateurs d'accéder au réseau au même temps en utilisant la même bande de fréquence. La séparation entre les utilisateurs est assurée grâce à un code spécifique qui leur est attribué, connu uniquement par l'émetteur et le récepteur.[7]

D'une autre manière Le CDMA (Code Division Multiple Access) est utilisé dans de nombreux systèmes de communication. Il permet d'avoir plusieurs utilisateurs sur une même onde porteuse. Les transmissions sont numérisées, dites à étalement de spectre. L'étalement du spectre rend le signal moins sensible aux fluctuations sélectives en fréquence. Le signal est ainsi transmis sur une bande de fréquences beaucoup plus large que la bande de fréquences nécessaire.

- **Les avantages**

- Efficacité spectrale.
- Sécurité de la transmission : le signal codé est détectable comme étant du bruit.
- Handover.
- Gestion du plan de fréquences.
- Concentration de trafic. [26]



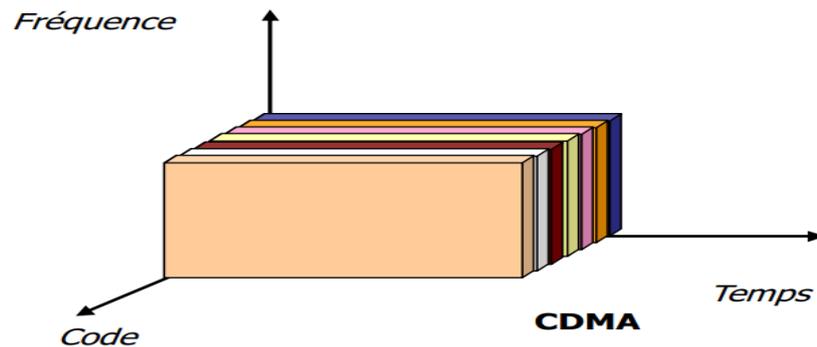
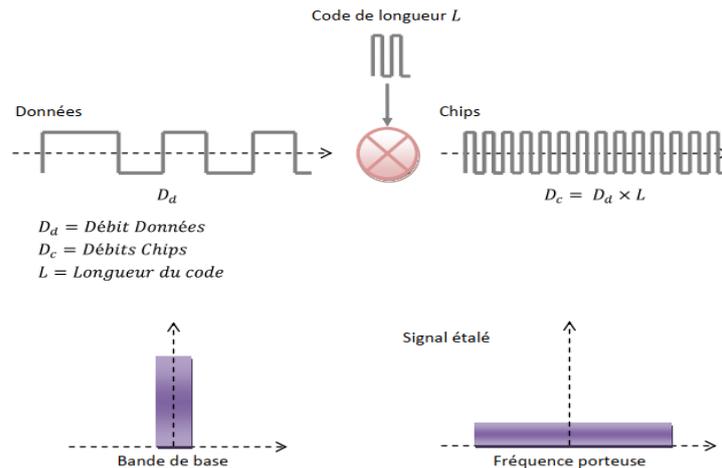


Figure 2.22 : La technique CDMA.

### 2.9.2.3. Principe de l'étalement de spectre

L'étalement de spectre est réalisé selon un procédé de répartition par séquence directe (Direct Sequence). Pour cela, chaque bit de l'utilisateur à transmettre est multiplié (OU exclusif) par un code pseudo aléatoire PN (Pseudo random Noise code) propre à cet utilisateur. [36]

Le résultat est une séquence du code (constituée de "L" éléments appelés "chips"). Cette dernière est propre à l'utilisateur, et constitue la clé de codage. Cette même clé est conservée si le symbole de donnée est égal à 1, sinon elle est inversée. La longueur L du code est appelée facteur d'étalement SF (Spreading Factor). Si chacun des symboles a une durée  $T_b$ , on a 1 chip toutes les  $T_b/L$  secondes. A noter que le nouveau signal modulé a un débit L fois plus grand que le signal initialement envoyé par l'utilisateur et utilisera donc une bande de fréquences L fois plus étendue. [36]



**Figure 2.23 :** Principe de l'étalement de spectre.

Afin de pouvoir lire le message envoyé, le récepteur doit réaliser la même opération dite procédure de désétalement. En effet, le récepteur génère la même séquence d'étalement qu'il multiplie au signal reçu (signal étalé) ce qui permet de retrouver le signal initial. [36]

## 2.10. Le Handover dans le réseau UMTS

### 2.10.1. Handover

Le handover (*HO*) est un mécanisme de transfert automatique intercellulaire qui assure la continuité de service aux mobiles. Il permet d'éviter les coupures de communication en bordure de cellule et réduit significativement l'interférence créée dans le réseau. [27]

### 2. 10.2. Les cause du Handover

Le déclenchement du HO s'appuie essentiellement sur:

- **La qualité du signal :** Le mobile utilise le rapport entre énergie d'un chip et densité spectrale de bruit ( $E_c/I_0$ ) pour décider les quelles des cellules qui l'entourent offrent une meilleure qualité du signal. [27]
- **La mobilité de l'utilisateur :** lorsque le mobile déplaçant d'une cellule à l'autre.
- **Changement de service :** lorsque la cellule rejete la demande d'un mobile pour un service donné, elle lui fait balancer vers une cellule voisine disposant le service demandé. [27]



### 2.10.3 .Les types de Handover

Dans le contexte du WCDMA trois types de handover sont définies : le softer handover, le soft handover et le hard handover. [27]

#### 2. 10.3.1. Le Softer Handover

Le softer handover se produit quand les stations de base sont sectorisées. Ainsi, quand le terminal mobile se trouve dans une zone de couverture commune à deux secteurs adjacents d'une même station de base, les communications avec la station de base empruntent simultanément deux canaux radio, un pour chaque secteur. Deux codes d'étalement doivent alors être utilisés dans le sens DL afin que le terminal mobile puisse distinguer les deux signaux issus des deux secteurs et on a donc deux connexions simultanées pour cet usager Dans le sens UL, les signaux provenant du terminal sont reçus pa les deux secteurs de la station de base et routés vers le même récepteur.

Les signaux sont ainsi combinés au niveau de la station de base. On compte généralement 5 à 10 % des terminaux mobiles d'une cellule qui sont en situation de softer handover. [33]

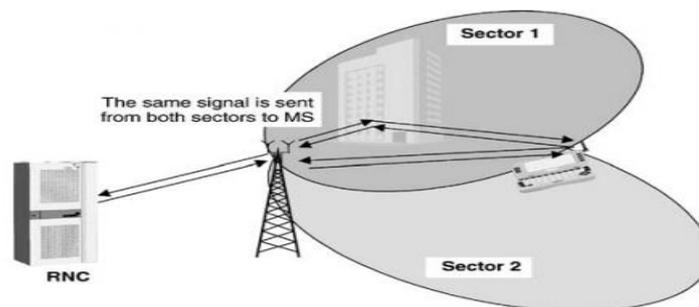


Figure 2.24: Softer Handover [39]

#### 2.10.3.2. Le Soft Handover

Durant un Soft Handover, le terminal mobile se trouve dans la zone de couverture commune à deux stations de base. L'état où un mobile est en liaison avec deux stations de base ou plus est appelé macro diversité. Les communications entre le terminal mobile et les stations de base utilisent simultanément deux canaux radio, un pour chaque station de base. Du point de vue du terminal mobile, il existe très peu de différences entre le softer et le soft Handover .En revanche, dans le sens UL ces deux Handover diffèrent car, dans le cas du soft

Handover, les signaux reçus par les stations de base sont routés et combinés au niveau du RNC. Cela permet à cette dernière de sélectionner la meilleure trame reçue. Un usager mobile peut être en situation de soft Handover avec deux, trois ou quatre stations de base. S'il quitte la zone de couverture commune pour se rapprocher d'une station de base, alors cette dernière le prend en charge. [33]

Le soft Handover permet de limiter la perte de connexion quand un usager se déplace vers une autre cellule. On considère que 20 à 40 % des usagers sont en situation de soft Handover. Il est donc indispensable de prendre en compte les connexions supplémentaires dans une cellule dues au soft Handover lors du dimensionnement du réseau.[33]

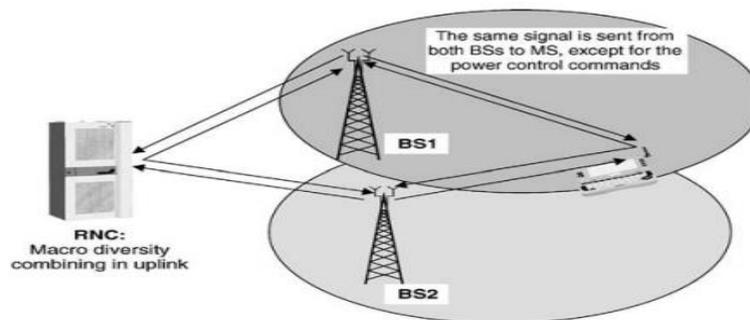


Figure 2.25: Soft Handover [39]

### 2.10.3.3. Le Hard Handover

Dans les réseaux UMTS, le hard handover est employé lorsqu'un mobile passe entre deux cellules utilisant deux fréquences différentes ou employant des modes différents (TDD et FDD). Le hard handover peut être causé par:

- 1- Manque de couverture dans une zone donnée.
- 2- La dégradation de la qualité de communication.
- 3- La charge de la cellule.
- 4- Regroupement des services.
- 5- Equilibrage des charges entre réseaux. . [22]

### - Handover inter-système

Le Handover inter-système consiste à changer le lien radio d'une technologie à une autre. Ce type de Handover nécessite une compatibilité entre les différentes architectures. Les deux réseaux doivent communiquer afin d'échanger les informations d'identités et les messages de Handover. [22]

## 2.11. Qualité de service

L'UMTS propose 4 classes de qualité de services selon les applications :

- La classe Conversational qui permet aux conversations vocales de proposer une bande passante contrôlée avec échange interactif en temps réel avec un minimum de délai entre les paquets.
- La classe Streaming qui permet aux services de streaming de fournir une bande passante continue et contrôlée afin de pouvoir transférer la vidéo et l'audio dans les meilleures conditions.
- La classe Interactive destinée à des échanges entre l'équipement usager et le réseau comme la navigation Internet qui engendre une requête et une réponse par le serveur distant.
- La classe Background, qui affiche la plus faible priorité, permet des transferts de type traitements par lots qui ne demandent pas de temps réel et un minimum d'interactivité (envoi et réception de messages électroniques). [26]

## 2.12. L es évolution de l'UMTS

### 2.12.1. La technologie HSDPA

Le HSDPA a été proposé dans la version 5, appelée 3,5G ou encore 3G+ (Dénomination commerciale). Elle annonce des débits pouvant atteindre au-delà de 10 Mbps pour le Down Link qui permet d'accroître les taux de transfert de données et augmente la capacité des réseaux 3G. Il offre des performances dix fois supérieures à l'UMTS. En revanche, l'inconvénient de l'évolution HSDPA est le débit montant Up Link qui reste inchangé 384 Kbit/s.

L'évolution de cette nouvelle norme se présente comme suit:

- Raccourcissement du TTI (Transmission Time Interval) de 10 ms à 2 ms.
- Utilisation d'un type de modulation 16QAM.

- Répétition du message (retransmission) avec codage modifié.

Avec l'apparition du HSUPA le problème de la liaison montante est résolu. [36]

### 2.12.2. La technologie HSUPA

La technologie HSUPA suit HSDPA, elle permet de transférer des contenus multimédias volumineux. IL porte le débit montan t à 5,8 Mbit/s et offre une voie montante qui assure un transfert plus rapide et plus efficace. Il est caractérisé par :

- La technique de retransmission HARQ.
- Allocation des ressources par le Node\_b.

Au niveau des interfaces radio, HSUPA n'utilise pas de canal partagé les ressources de codes et de puissance sont gérées de manière ce qui autorise une transmission haut-débit.[36]

### 2.12.3. La technologie HSPA+

L'évolution se succède jusqu'à la combinaison de la technologie HSDPA et HSUPA pour permettre l'apparition HSPA (**H**igh **S**peed **P**acket **A**ccess +).Cependant, l'évolution de 'UMTS n'a pas atteint sa fin pour enfin arriver à un débit de 21 Mbit/s avec le HSPA+ connu par 3GPP version 7 et 8. Il permet de :

- Diminuer le temps d'échange des messages entre le RNC et le Node\_b .
- Réduire les coûts de déploiement en réduisant le nombre d'éléments.
- Maximiser le taux de transmission de données en ajustant la modulation et le codage.
- Intégrer des femtocells facilement.
- Améliorer l'efficacité spectrale et le taux maximum de latence. [36]



|                                    | GSM/GPRS/<br>EDGE | UMTS<br>Release<br>99 | HSPA        | HSPA+RELEASE 8                                   |
|------------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------|--|
| Débit maximal UL                   | 118 Kbit/s        | 384 kbit/s            | 5.8 Mbit/s  | 11.5 Mbit/s                                      |
| Débit maximal DL                   | 236 ms            | 384 ms                | 14,4 ms     | 42 Mbit/s  |
| Latence                            | 300 ms            | 250 ms                | 70 ms       | 30 ms  |
| Largeur de canal                   | 200 KHz           | 5 Mhz                 | 5 MHz       | 5 Mhz avec possibilité de deux canaux simultanés |
| Technique d'accès multiples        | FDMA<br>/TDMA     | CDMA                  | CDMA/TDMA   | CDMA/TDMA  |
| Modulation DL                      | GMSK              | QPSK                  | QPSK ,16QAM | QPSK ,16QAM ,64QAM                               |
| Modulation UL                      | 8PSK              | BPSK                  | BPSK ,QPSK  | BPSK,QPSK ,16QAM                                 |
| Bandes de fréquences usuelles(MHZ) | 900/1800          | 900/2100              | 900/2100    | 900/2100   |

**Tableau 2.3** : Comparaison des technologies GSM, UMTS Release 99, HSPA et HSPA+ Release 8.

L'UMTS et son évolution HSPA sont aujourd'hui largement déployés sur tous les continents. Ils ont rencontré un succès commercial croissant en lien avec le développement de nouveaux usages (Internet mobile, TV, vidéo, applications mobiles...) mais aussi grâce à l'arrivée de nouveaux terminaux favorisant ces usages (smartphones, clés 3G+, modules intégrés aux ordinateurs portables). [40]

### 2.13. Conclusion

Le réseau UMTS est complémentaire aux réseaux GSM et GPRS. Le réseau GSM couvre les fonctionnalités nécessaires aux services de type Voix en un mode circuit, le réseau GPRS apporte les premières fonctionnalités à la mise en place de services de type Data en mode paquets, et l'UMTS vient compléter ces deux réseaux par une offre de services Voix et data complémentaires sur un mode paquet. [41] Dans ce chapitre, nous avons étudié le réseau UMTS, ses caractéristiques techniques et ses objectifs et présenter l'architecture générale du se réseau , ainsi que ses différentes entités et interfaces., des deux domaines, a été donnée pour le plan usager. Enfin, nous avons discuté des développements de ce réseau.



## Chapitre 03

---

# Simulation des performances d'un réseau UMTS par OPNET

---

### 3.1. Introduction

OPNET (Optimum Network Performance) est une famille des logiciels de modélisation et de simulation de réseaux s'adressant à différent public tel que les entreprises, les opérateurs et la recherche. OPNET est la version académique de cette famille il offre la possibilité de dessiner et d'étudier des réseaux de télécommunication. OPNET modeler se base sur le fait qu'OPNET est l'un des meilleurs logiciel de simulation de réseaux présent sur le marché.

L'environnement OPNET permet la modélisation et la simulation de réseaux de communication grâce à ses bibliothèques de modèles (routeurs, commutateurs, stations de travail, serveurs) et de protocoles (TCP/IP , FTP , FDDI , Ethernet, ATM ...). Le module Radio OPNET permet la simulation des réseaux de radiocommunication : hertzien, téléphonie cellulaire et satellitaire. [42]

Le but de ce projet de fin d'étude est de réaliser une simulation du réseau UMTS à l'aide du logiciel OPNET Modeler, et d'utiliser les principales interfaces et bibliothèques de modèles implantés dans OPNET (modèles standards, matériels, protocolaires et applicatifs).

### 3.2. Choix du simulateur

L'étude des performances des systèmes de communications au niveau des réseaux représente une tâche complexe où des outils de simulation spécialisés doivent être utilisés.

Dans notre étude de cas, sachant que nous nous intéressons aux systèmes cellulaires, une prise en charge du modèle UMTS est d'une importance primordiale. Nous traiterons par la suite, le choix du simulateur réseau retenu pour produire les résultats et nous exposerons les performances au niveau de ce réseau.

En général, un simulateur de réseau est composé d'un large éventail de technologies et de protocoles réseaux et aide les utilisateurs à construire des réseaux complexes à partir de blocs de construction de base comme des grappes de nœuds et de liens.

Il existe plusieurs simulateurs réseaux, nous allons présenter par la suite quelques :

- **NS-2**

NS-2 bénéficie d'utilisation répandue dans le milieu de la recherche, le code de simulation a été contribué par plus de cent personnes et organisations, et l'utilisation du simulateur est toujours référencé dans de nombreux travaux de recherche en réseau.

Cependant, une lacune majeure de NS-2 est son évolutivité en termes d'utilisation de la mémoire et du temps d'exécution de la simulation. Ceci est particulièrement un problème en ce qui concerne les nouveaux domaines de recherche dans les réseaux informatiques, ou des architectures maillés qui exigent une simulation de réseaux très larges.

Outre NS-2, plus d'une douzaine de simulateurs des réseaux sont actuellement utilisés dans les universités et l'industrie.

- **NS-3**

Le simulateur NS-3 vise à remplacer NS-2, écrit en C++, python et OTel (version orientée objet de Tel), pour tenter de remédier à ses limites (l'utilisation de multiples interfaces sur un nœud...). Il peut être utilisé sur les plateformes Linux/Unix, OS X (Mac) et Windows.

Son développement a d'abord commencé en juillet 2006, et devait durer quatre ans, il est financé par les instituts comme l'université de Washington, Georgia Institute of Technology et le Centre de l'ICSI pour la recherche sur Internet, la première version majeure publique et stable a été publiée en juin 2008. [17]

Parmi les simulateurs les plus connus nous choisissons le simulateur OPNET pour réaliser notre travail.

### **3.3.Simulation**

#### **3.3.1. Outil de simulation (OPNET modeler)**

OPNET est un outil de simulation de réseau axé sur la recherche. C'est un outil logiciel très puissant qui simule le comportement réel des réseaux filaires et sans fil. La version 14.5 d'OPNET Modeler a été utilisée dans ce projet pour simuler des liaisons WMAN UMTS.

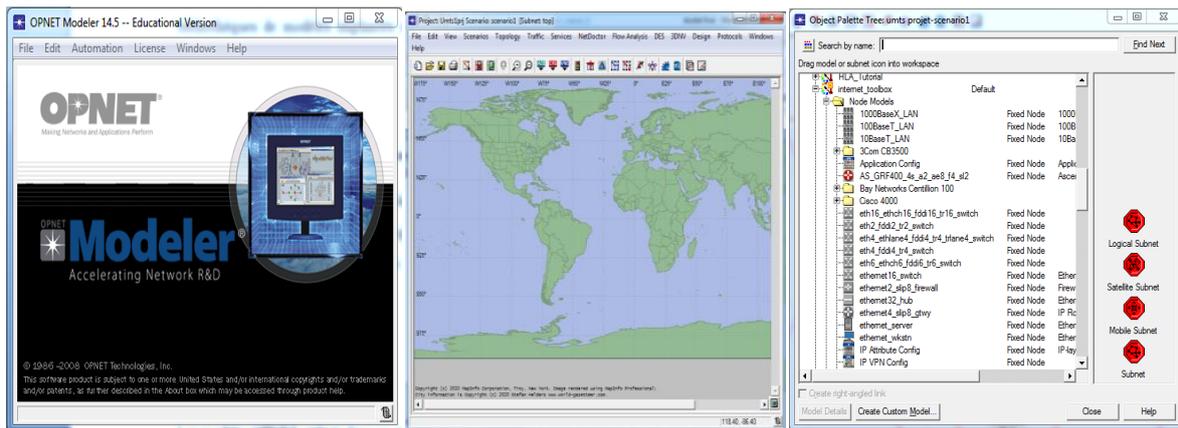


Figure 3.1: Opnet Modeler

### 3.3.2. Modèles utilisés

Les modèles OPNET utilisés dans ce projet (UMTS) sont répertoriés dans le tableau 3.1

| Profile Config | Application Config | Mobile station | Base station | Server | Router | SGSN | RNC | Ethernet Hub |
|----------------|--------------------|----------------|--------------|--------|--------|------|-----|--------------|
|                |                    |                |              |        |        |      |     |              |

Tableau 3.1: Les modelés OPNET utilisés au UMTS

Les modèles OPNET utilisés dans ce projet (UMTS) sont répertoriés dans le tableau 3.2

| Profile Config | Application Config | Mobile station | Base station | Server | FR Switch | CN (SGSN+GGSN) | FR config |
|----------------|--------------------|----------------|--------------|--------|-----------|----------------|-----------|
|                |                    |                |              |        |           |                |           |

Tableau 3.2: Les modelés OPNET utilisés au GPRS

### 3.3.3. Éditeur de projet (Project Editor)

C'est l'interface principale du logiciel. Elle permet d'implanter des modèles issus des bibliothèques OPNET ainsi que des modèles créés par l'utilisateur. C'est aussi à partir du Project Editor que les simulations peuvent être configurées puis lancées et que les résultats issus de ces simulations peuvent être affichés. Les principales fonctions de cette interface sont disponibles sous formes d'icônes. [43]



Figure 3.2 : Project editor

- 1-ouvrir la palette d'objet
- 2-Echouer les objets sélectionnés
- 3-Récupérer les objets sélectionnés
- 4-Retour au réseau supérieur
- 5/6-Zoom + / -
- 7-Lancer la simulation
- 8-Visualiser les graphiques et statistiques collectés
- 9-Visualiser le rapport le plus récent
- 10-Visualiser tous les graphiques

### 3.3.4. Éditeur de modèle de réseau (Network Model Editor).

Permet de représenter la topologie d'un réseau de communication constitué de nœuds et de liens par l'intermédiaire de boîtes de dialogues (palettes et glisser/poser). Cette interface tient compte du contexte géographique (caractéristique physique pour la modélisation. [43]

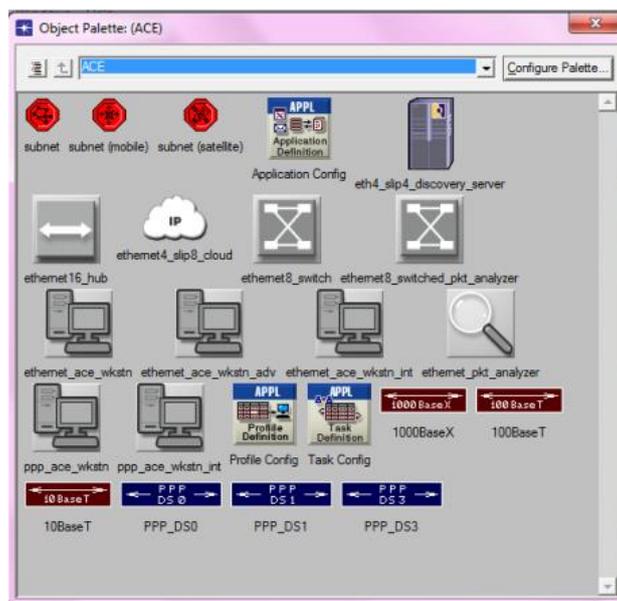


Figure 3.3: palette des objets OPNET

### 3.3.5. Éditeur de modèle de nœud (Node Model Editor)

Affiche une représentation modulaire d'un élément de la bibliothèque ou d'un élément créé par l'utilisateur. Chaque module envoie et reçoit des paquets vers d'autres modules. Les modules représentent des applications, des couches protocolaires ou des ressources physiques. [43]

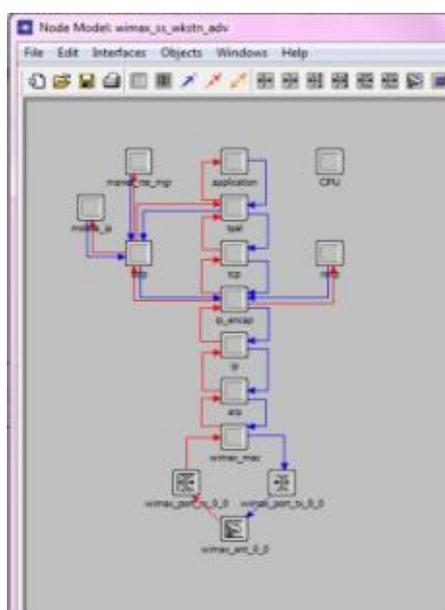


Figure 3.4: Node Model Editor

### 3.4. Model de description

Nous avons créé trois projets

- 1. Topologie UMTS avec 3 utilisateurs.
- 2. Topologie UMTS avec 38 utilisateurs.
- 3. Topologie GPRS.

#### 3.4.1. Projet 1 : Topologie UMTS avec 3 usagers

Dans cette topologie on a configuré un réseau UMTS dans un scénario nommé : umts\_3 usagers où on a utilisé 3 usagers qui véhiculent entre 3 stations de base selon un trajet (UE1,UE2,UE3) bien déterminé , on a appliqué les services suivants : FTP,HTTP,EMAIL,VOICE .Ils Sont représentés sur la figure 3.5 :

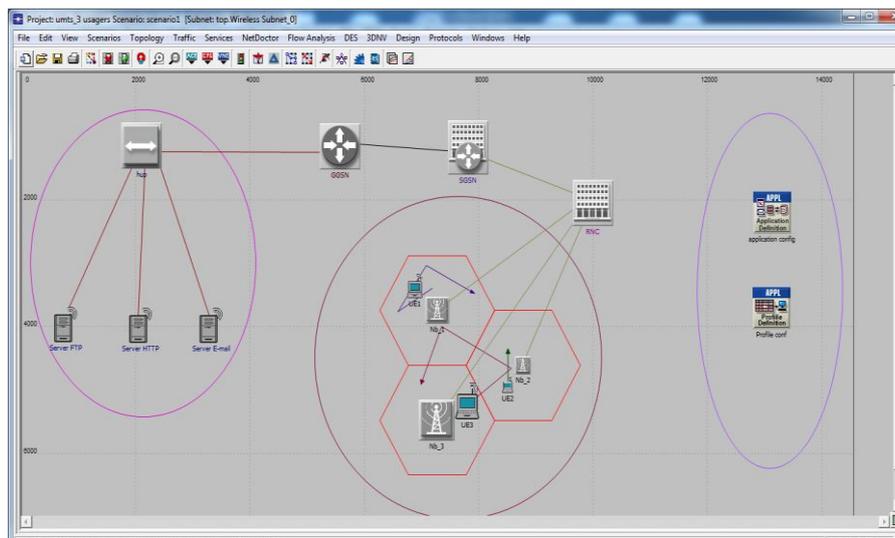


Figure 3.5 : Scénario UMTS avec 3 usagers et 3 stations de base.

#### 3.4.2. Projet 2 : Topologie UMTS avec 38 usagers (Nombre d'utilisateurs)

Dans ce projet, le scénario UMTS a 3 stations de base BS. On a changé Le nombre de UE car le premier projet contient 3 UE, le deuxième projet contient 38 UE. La BS est connecté au CN (RNC.SGSN.GGSN) et au hub qui est connecté à 3 serveurs par des liens. Les services appliqués dans ce cas sont : FTP, HTTP, EMAIL et VOICE (des appels vocale), ils sont représentés sur la figure suivante :

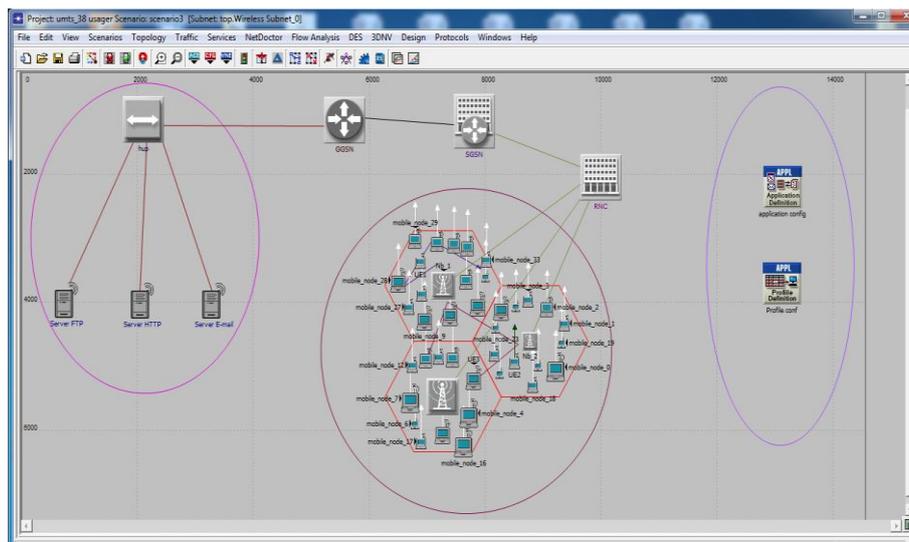


Figure 3.6 : Scénario UMTS avec 38 usagers et 3 stations de base.

### 3.5. Résultats de simulations et discussion

Des paramètres globaux tels que le débit, le retard et le trafic (throughput ,delay ,traffic) sont également définis pour évaluer les performances du réseau.

#### 3.5.1 Comparaison entre le Topologie 1 et le Topologie 2 (Nombre d'utilisateurs)

Dans cette section on va comparer le même réseau UMTS avec un différent nombre d'utilisateurs dans chaque cellule. La figure 3.8 montre les deux configurations UMTS avec 3 et 38 utilisateurs.

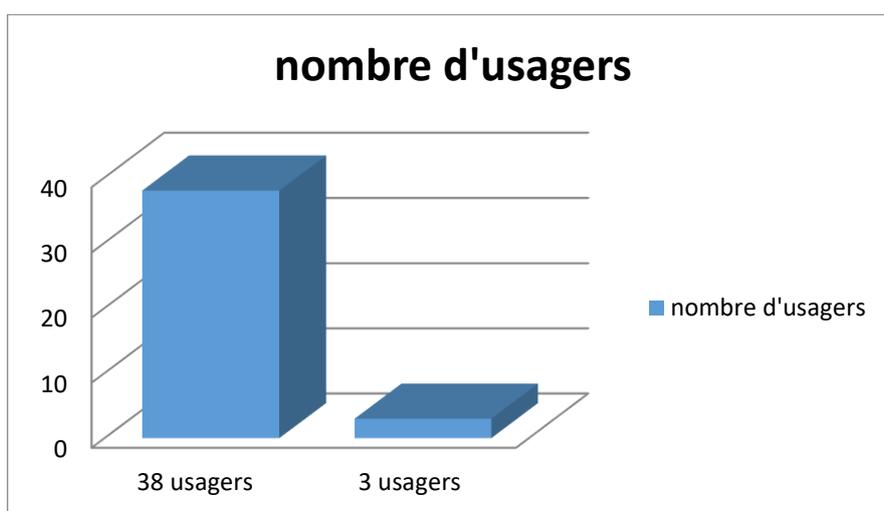
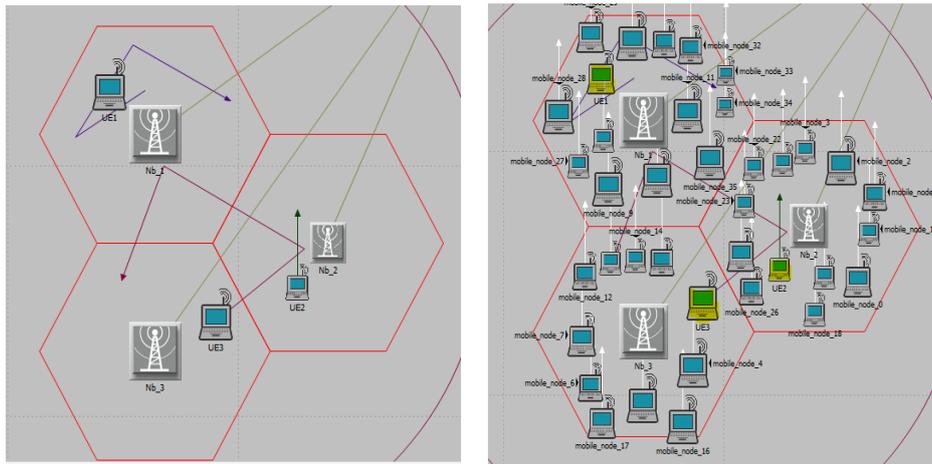
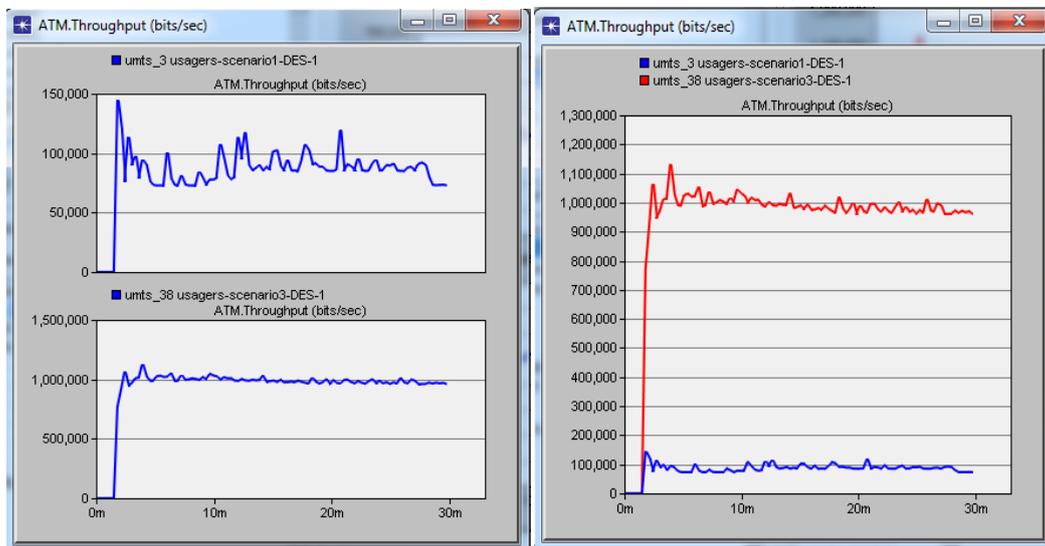


Figure 3.7 : nombre d'usagers

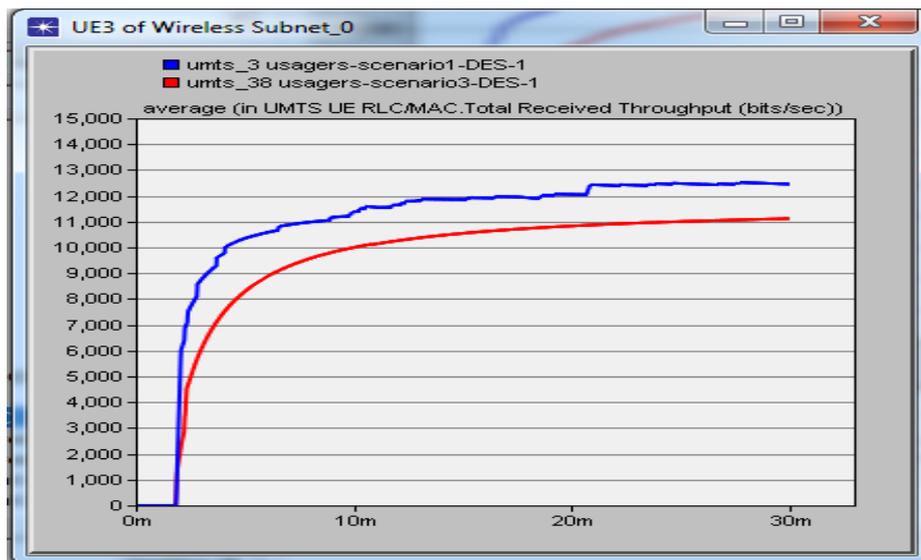


**Figure 3.8 :** Les deux scénarios représentent (3 et 38) UE



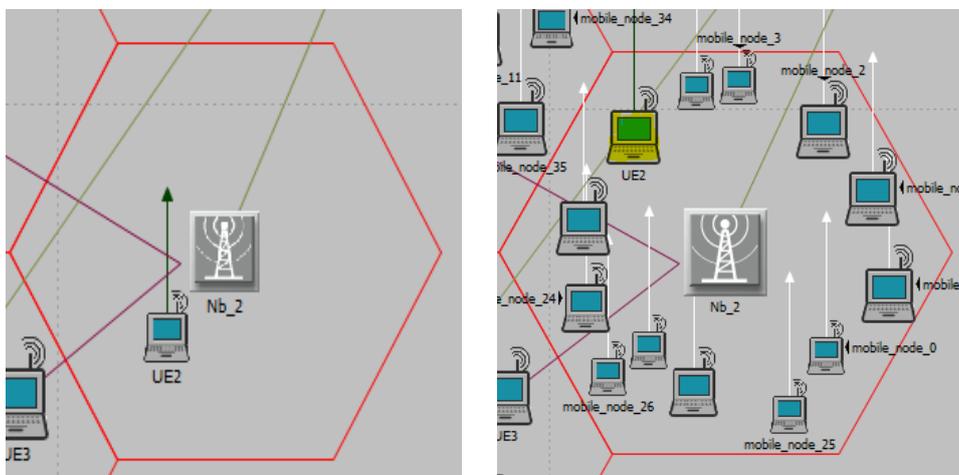
**Figure 3.9 :** Le Débit global des deux topologies.

Dans cette figure le débit globale de projet de 38 usagers (presque 1.2 Mbit/s) est plus grand que celui du projet de 3 usagers, parce que le nombre d'utilisateur a augmenté. On conclut que le débit global augmente avec l'augmentation du nombre d'utilisateur.



**Figure 3.10 :** Le Débit reçu dans un usager (UE3) des deux topologies

Dans cette figure ; le débit de l'utilisateur UE3 dans le réseau de 3 usagers est plus grand que celui du réseau de 38 usagers, car ce dernier partage le même débit avec les autres utilisateurs.



**Figure 3.11 :** une cellule du réseau UMTS

Dans la figure 3.11 -ci-dessus, on va comparer une cellule de ce réseaux .la première cellule contient un seul usager et la deuxième cellule contient 14 usagers et on précise un seul mobile pour voir le trafic reçu.

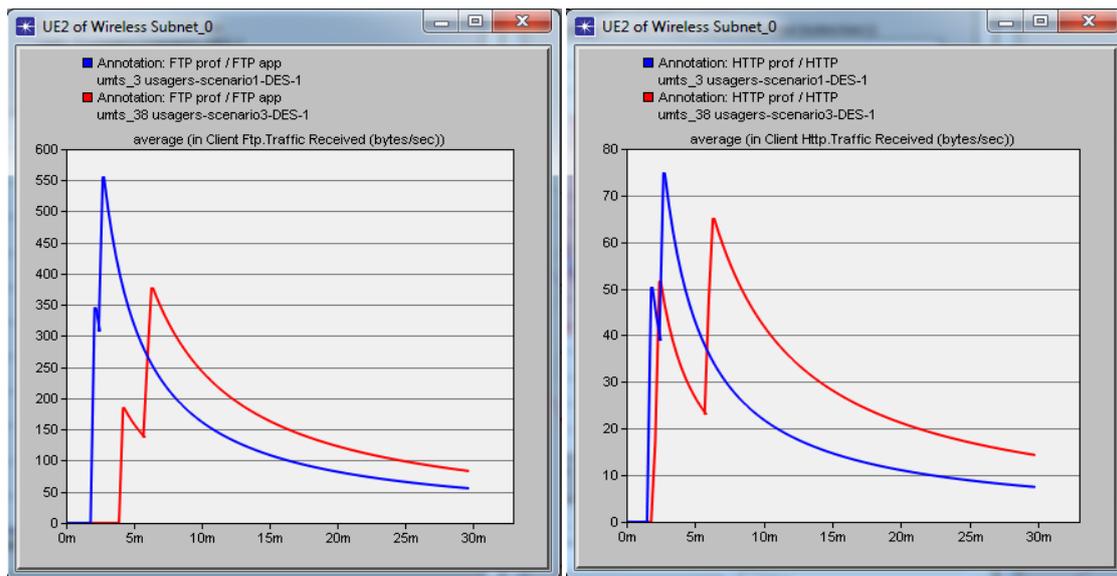


Figure 3.12 : Le trafic reçu dans les services FTP et HTTP d'un usager (UE2) des deux topologies.

Toujours on remarque que ; le trafic reçu des services FTP et HTTP d'utilisateur UE2 dans le réseau de 3 usagers est plus grand que celui dans le réseau de 38 usagers, car ce dernier il partage le même trafic avec les autres utilisateurs.

### 3.5.2. Résultat de topologie 2

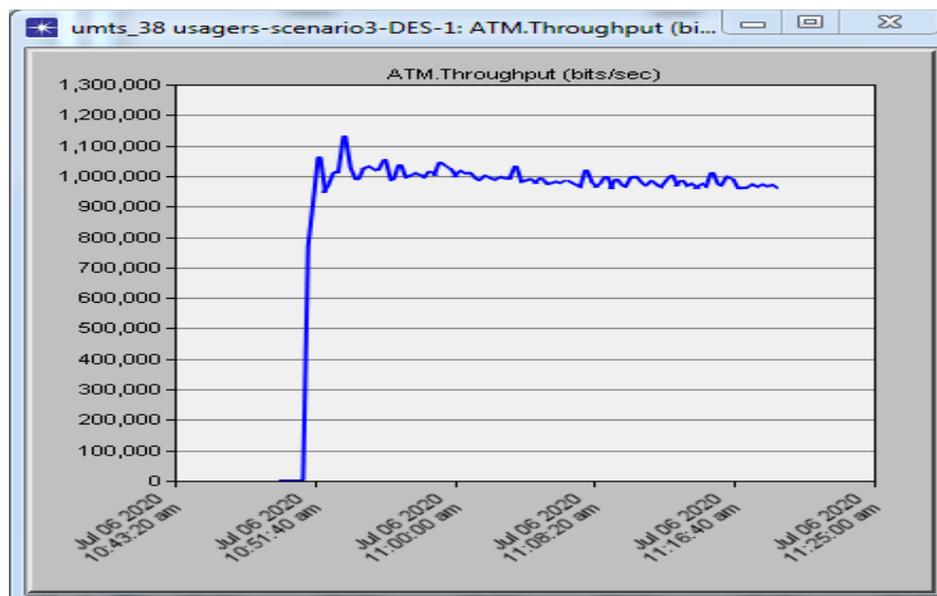
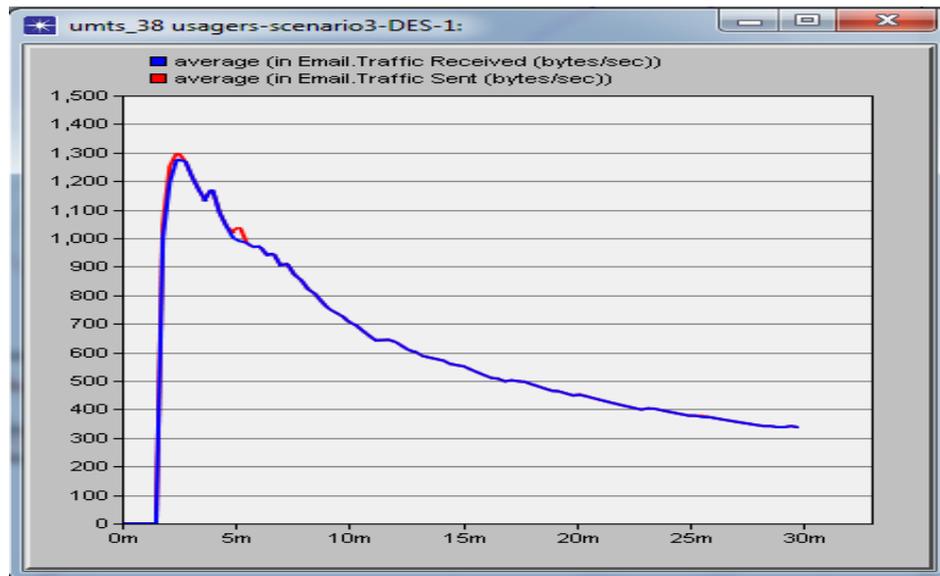


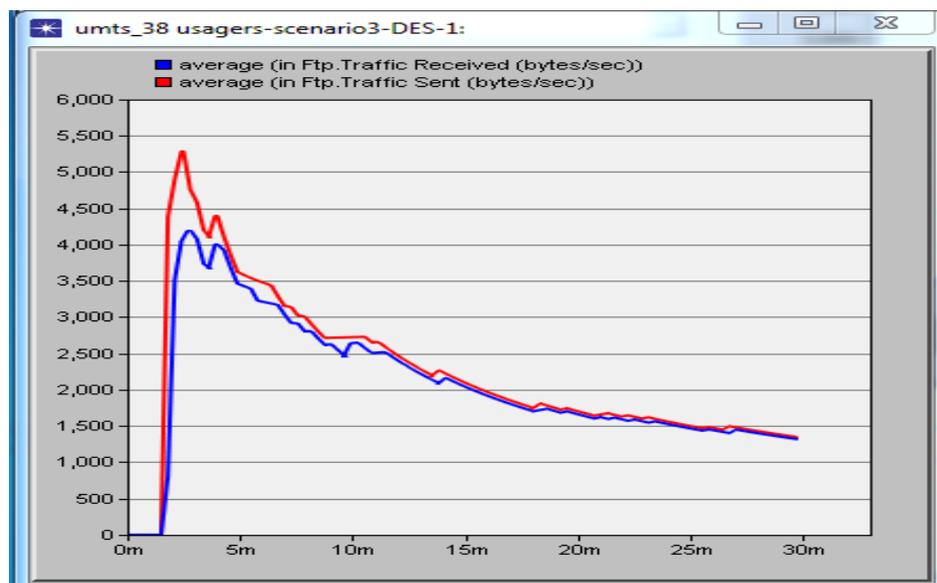
Figure 3.13 : le débit du réseau UMTS

Cette figure montre le débit du réseau UMTS qui est atteint de 1.019113 Mbit/s.



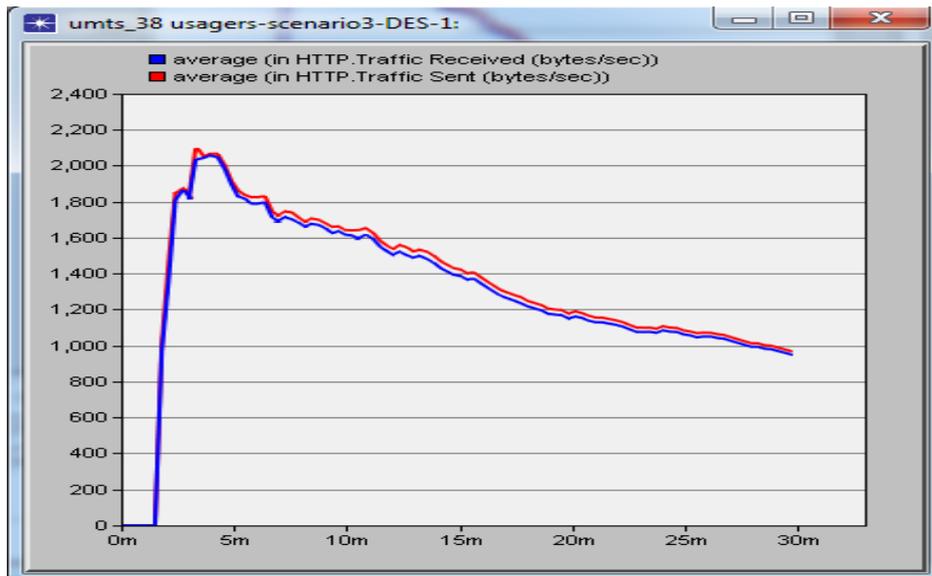
**Figure 3.14 :** Le trafic envoyé et reçu dans le service EMAIL

La figure suivante affiche le trafic envoyé et reçu pour le service EMAIL via UMTS. Cette figure montre que le trafic envoyé et reçu sont presque identiques. De cela on conclut qu'il n'y a pas de perte de données.



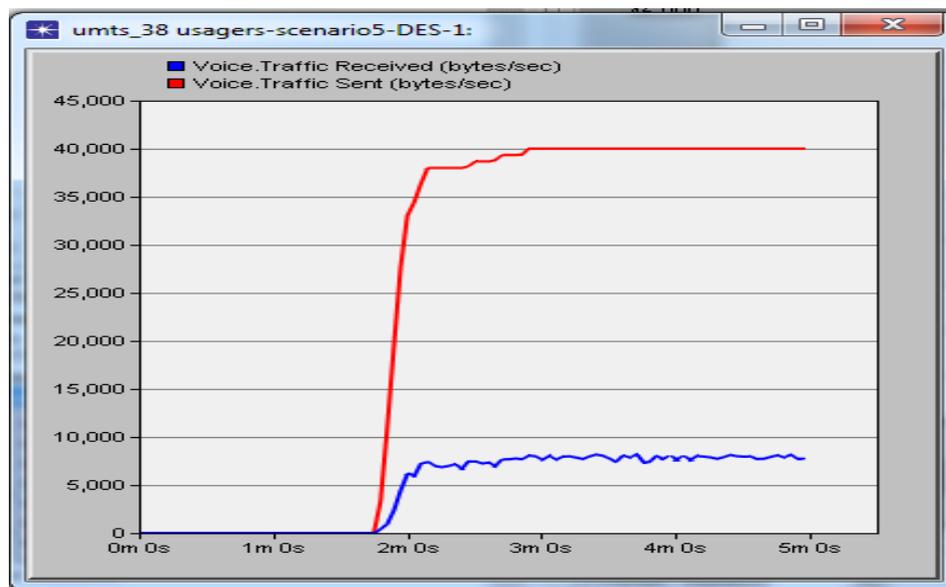
**Figure 3.15 :** Le trafic envoyé et reçu dans le service FTP.

La figure suivante affiche le trafic envoyé et reçu pour les services FTP via UMTS. La figure ci-dessus montre que le trafic reçu est plus faible que le trafic envoyé car il y a de perte de données.



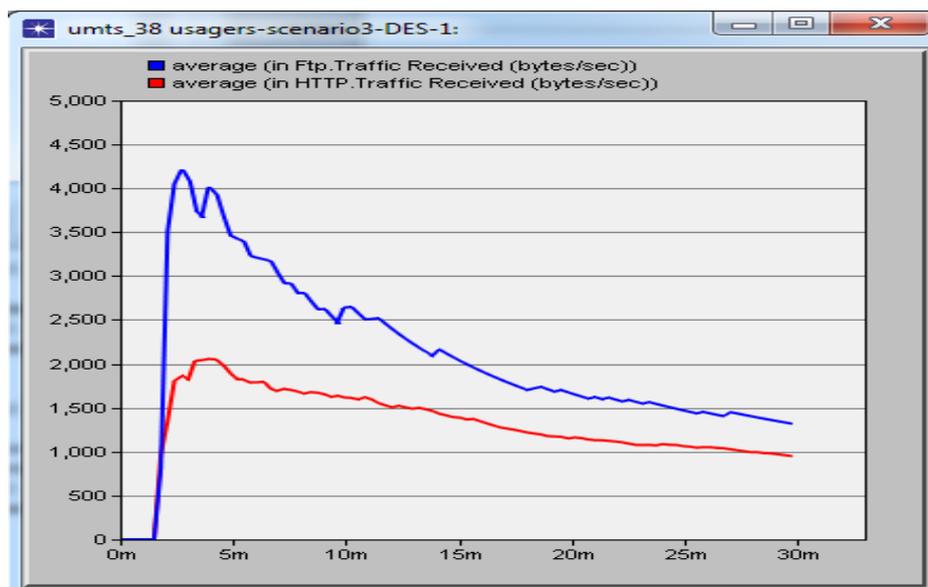
**Figure 3.16** : Le trafic envoyé et reçu dans le service HTTP.

La figure suivante affiche le trafic envoyé et reçu pour le service HTTP via UMTS. La figure ci-dessus montre que le trafic envoyé est presque égale au trafic reçu.



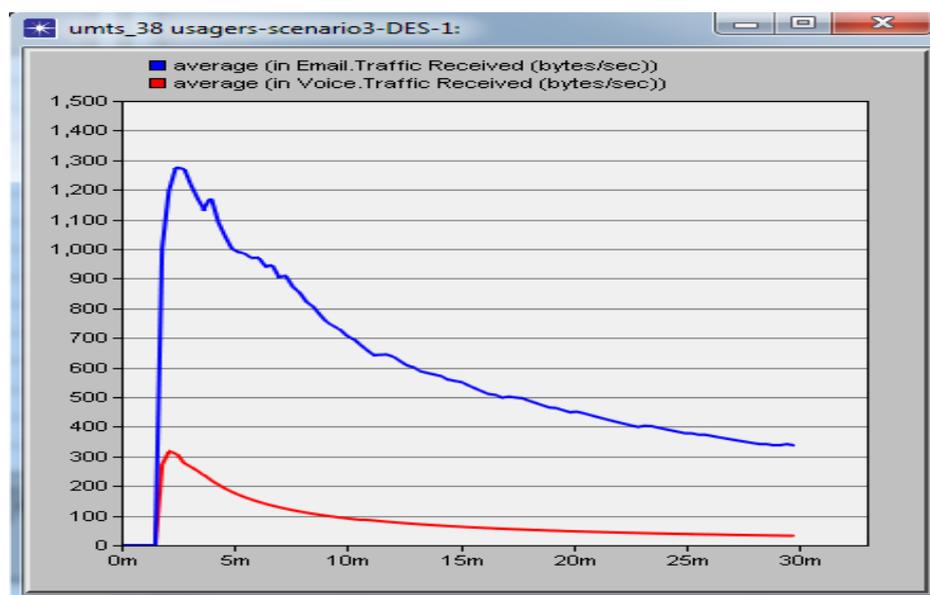
**Figure 3.17** : Le trafic envoyé et reçu dans le service VOICE.

La figure suivante affiche le trafic envoyé et reçu pour le service VOICE via UMTS. On remarque clairement que le trafic reçu est plus faible que celui de trafic reçu, car il y'a des pertes de données.



**Figure 3.18:** Le trafic reçu dans les deux services FTP, HTTP.

Dans le réseau UMTS, le trafic reçu de FTP est plus grand que celui de HTTP. (Voir figure : 3.18).



**Figure 3.19 :** Le trafic reçu dans les deux services EMAIL, VOICE.

Le signal VOICE est un signal mono dimensionnelle (audio) ne demande pas un grand trafic ; c'est pour ça que sa valeur est moins que celle de l'email qui peut contenir un téléchargement de fichier.

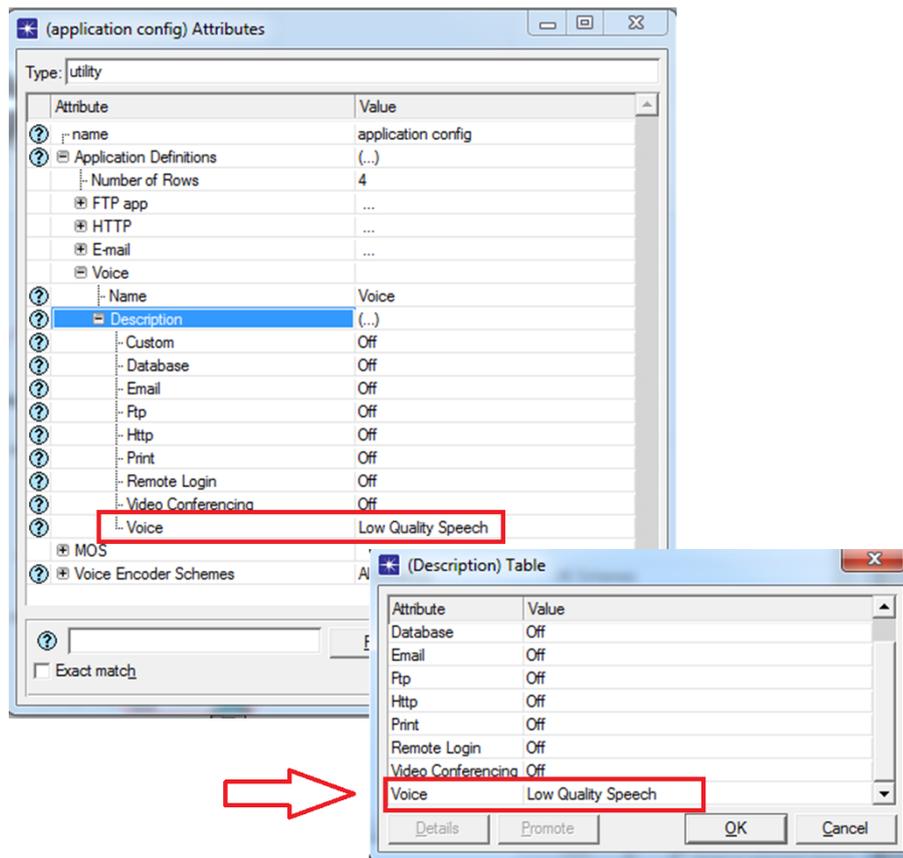


Figure 3.20 : Définition d'application de Services VOICE (Low Quality Speech)

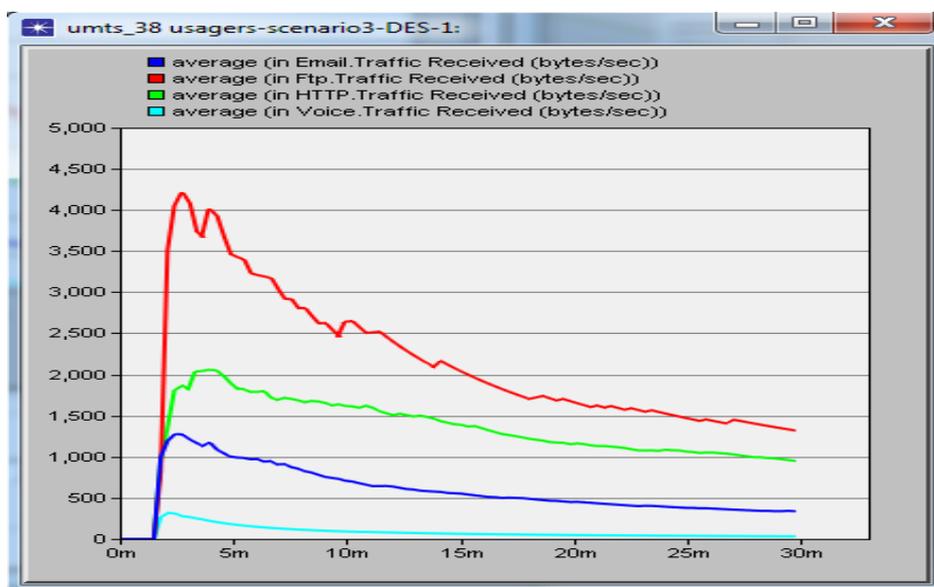


Figure 3.21 : Le trafic reçu dans les quatre services FTP, HTTP, EMAIL et VOICE

Dans cette figure on remarque que le réseau UMTS a donné un grand débit au service FTP, puis au service HTTP puis au service email et en fin au service VOICE ; et ça montre que le UMTS est un réseau très intelligent car il a divisé intelligemment le débit entre les différents services.

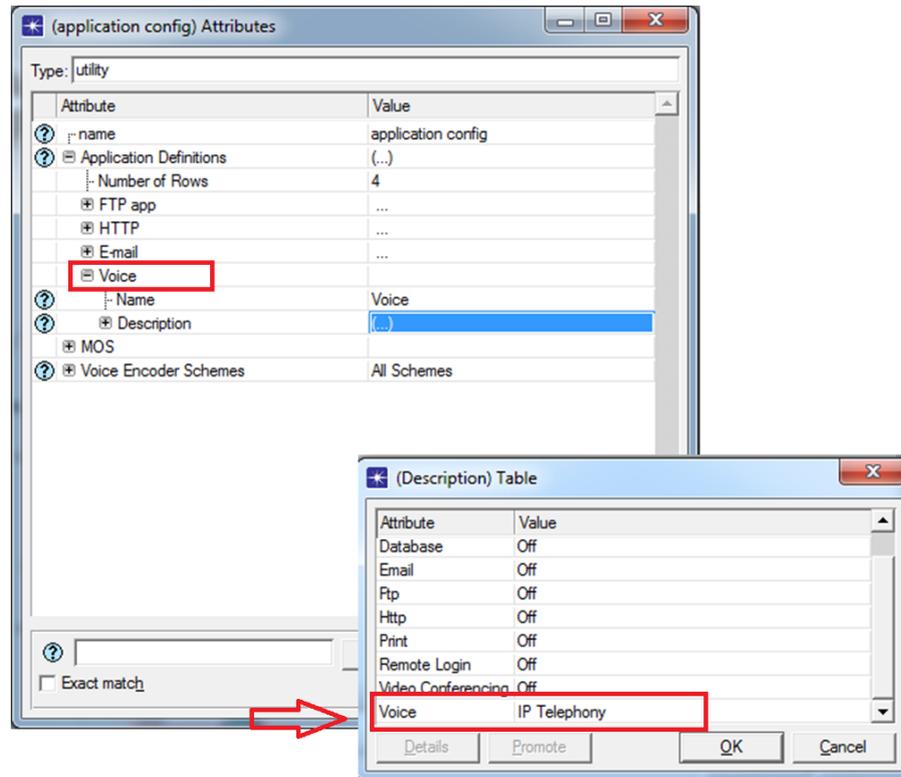


Figure 3.22 : Définition d'application de Services VOICE (IP Telephony)

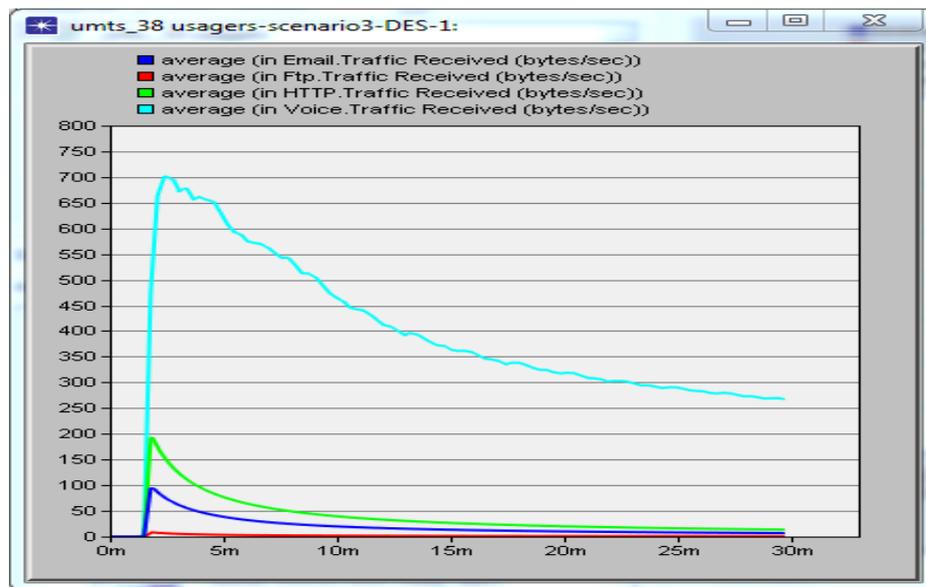


Figure 3.23 : Le trafic reçu dans les quatre services FTP, HTTP, EMAIL et VOICE

Dans cette figure on voit clairement que le trafic reçu du VOICE (VoIP) est plus grand que les autres protocoles car dans ce cas nous avons utilisé la voie par internet qui demande la transmission de voix et image ce genre de vidéo et qui demande un grand débit de données. Ça montre clairement que le réseau UMTS est un réseau développé et très intelligent car il distribue intelligemment le débit de données selon le type de service.

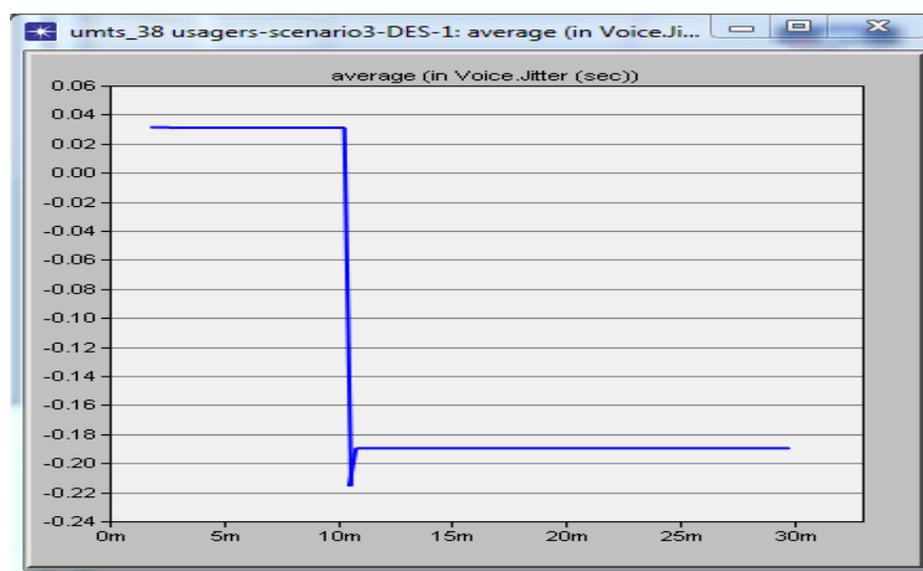


Figure 3.24 : jitter dans UMTS Voice application

Cette figure montre jitter pour l'application vocale UMTS. Nous pouvons voir sur la figure que sa valeur est presque (0,03 seconde) jusqu'à 10 minutes de temps de simulation et après sa valeur a diminué .Cela signifie que l'utilisateur connaît une vitesse constante.

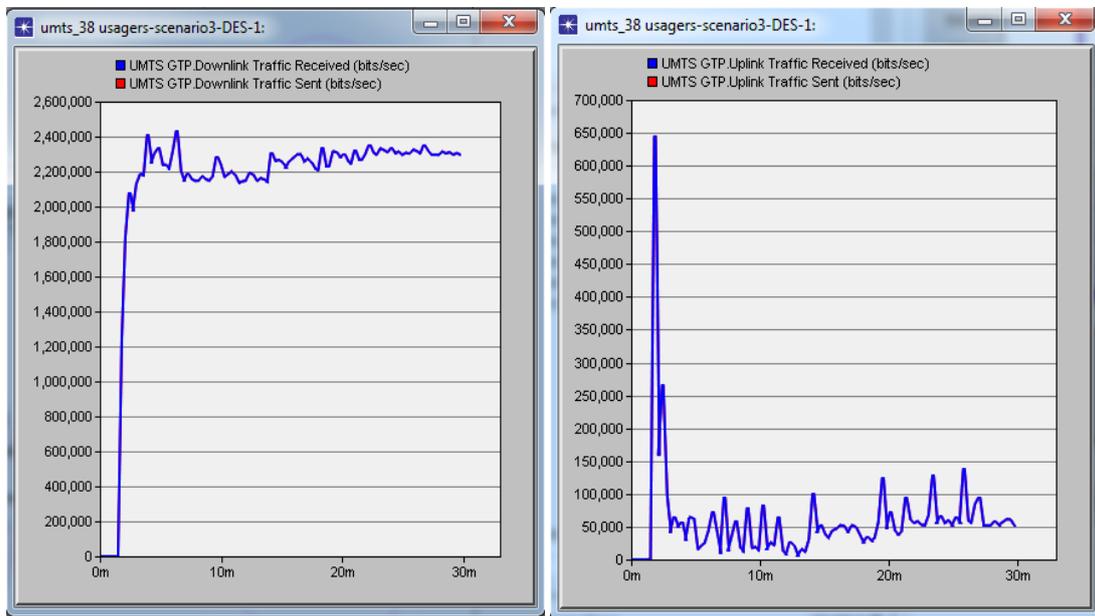


Figure 3.25 : Trafic envoyé et reçu du réseau UMTS

Montre des graphiques de liaison montante (Downlink) et descendante (Uplink) UMTS GTP. À partir du graphique, nous pouvons voir que le trafic reçu est égal au trafic envoyé jusqu'à 30 minutes de temps de simulation. De cela on conclut qu'en générale il n'ya pas de perte de données.

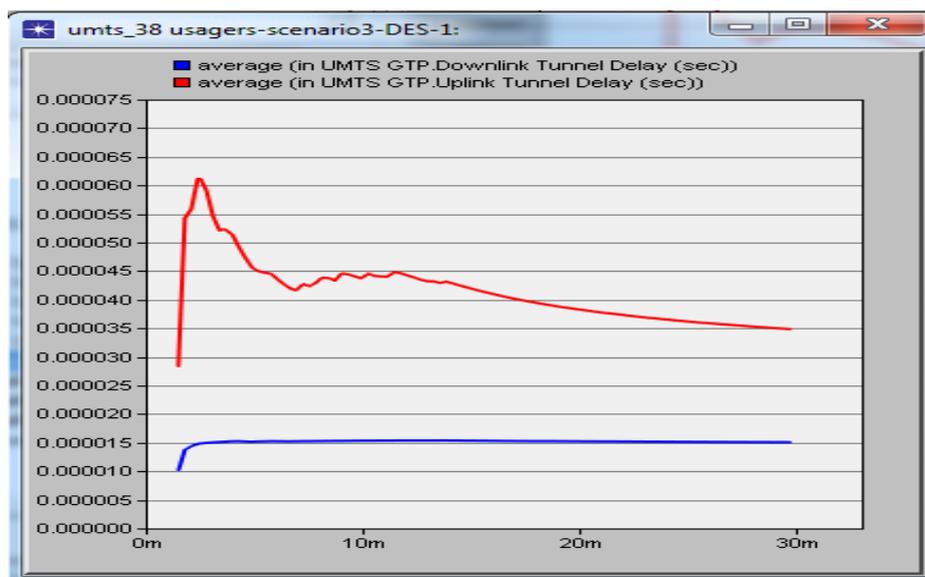
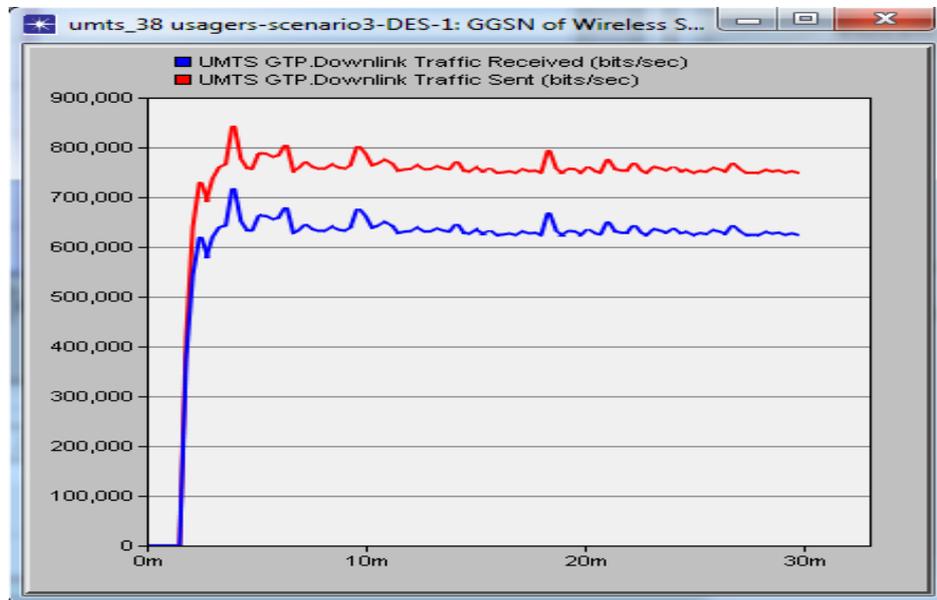


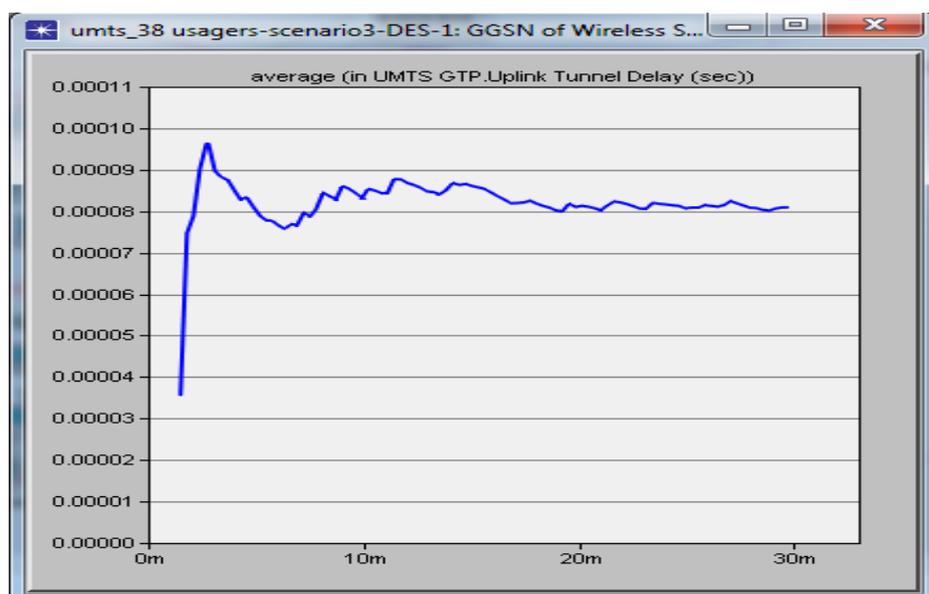
Figure 3.26 : Le retard (delay ) du réseau UMTS

On remarque que le retard descendant est inférieur que le retard montant ; où sa valeur atteint 0.015 ms par contre celle du retard montant est de 0.061ms.



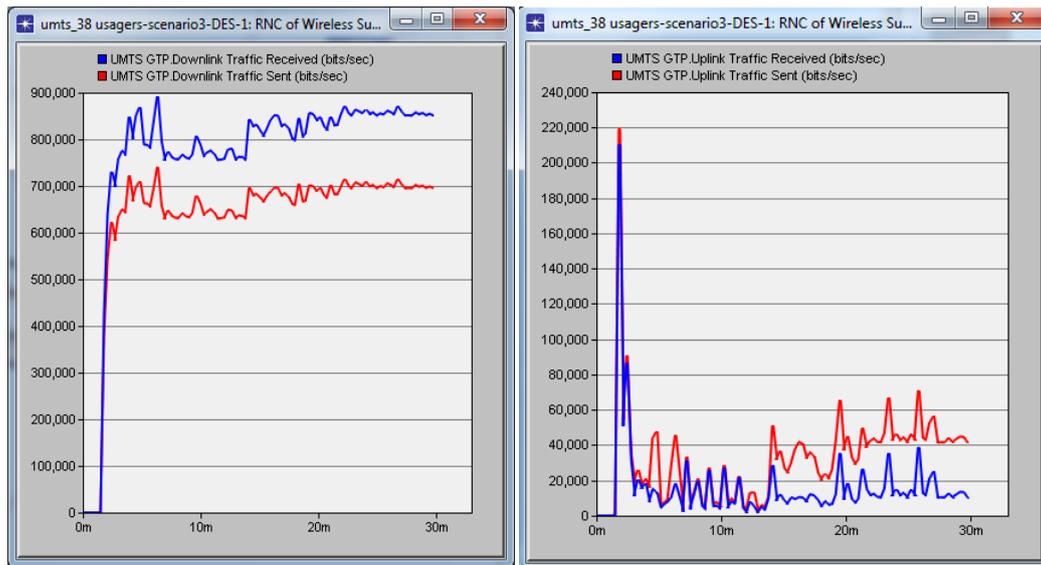
**Figure 3.27 :** Trafic envoyé et reçu du GGSN

La valeur du trafic envoyé est approximativement de 900 Kbit/sec, elle est supérieure que la valeur du trafic reçu. et de cela on peut conclure qu'il existe des pertes dans la réception.



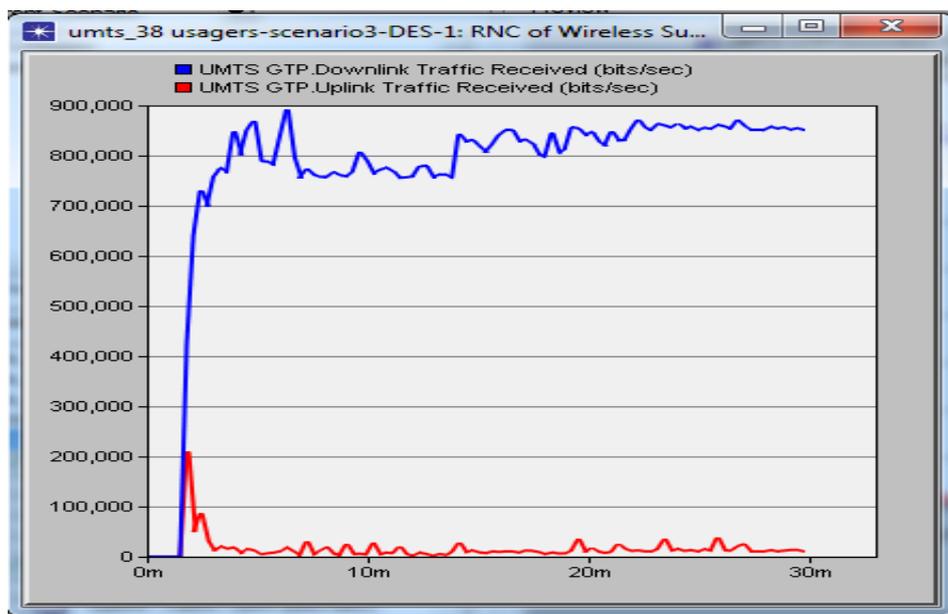
**Figure 3.28 :** Le retard (delay ) du GGSN

Cette figure montre que le retard (delay) du GGSN est de 0.010 ms ce qui représente un bon résultat.



**Figure 3.29 :** Trafic envoyé et reçu du RNC

Dans cette figure on remarque que dans la liaison descendante le trafic reçu de l'RNC à partir de SGSN est plus grand que le trafic envoyé au BS. par contre dans la liaison montante le trafic envoyé au BS est plus grand que celui reçu de celle-ci.



**Figure 3.30 :** Downlink ,Uplink Traffic envoyé et reçu du RNC

A partir de ce graphique on remarque que la liaison descendante du trafic reçu de l'RNC est beaucoup plus grande que la liaison montante ; et ceci confirme que la force de l'RNC > BS.

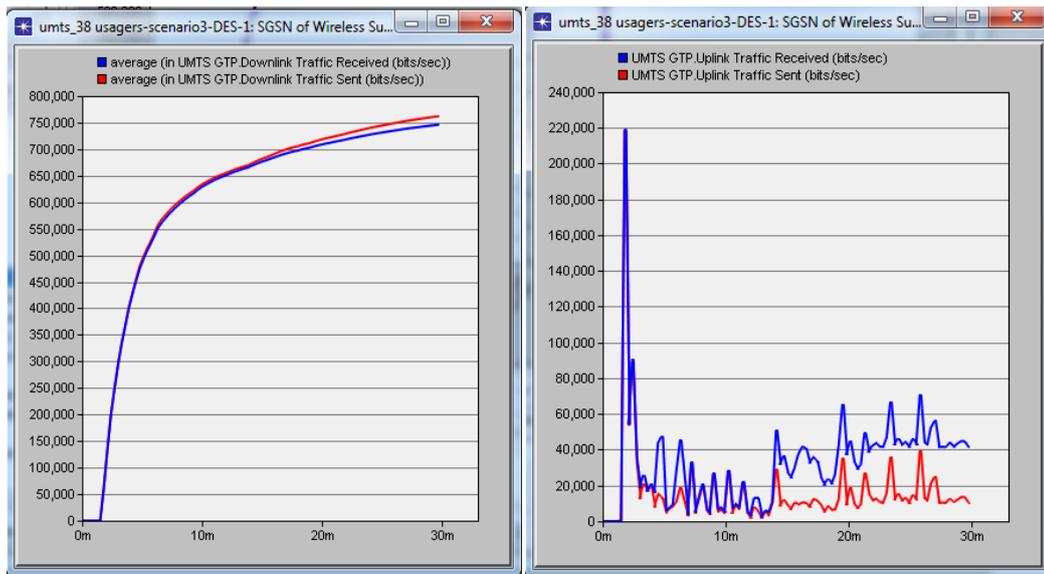


Figure 3.31 : Downlink ,Uplink Traffic envoyé et reçu du SGSN

Cette figure montre des graphiques de liaison montante et descendante UMTS GTP. À partir du graphique, nous pouvons voir que le trafic reçu et le trafic envoyé ont une valeur constante jusqu'à 15 minutes de temps de simulation. Après cela, le trafic reçu augmente avec le trafic envoyé. Et à partir de ça on conclut que la perte de paquets rencontrée est mineure.

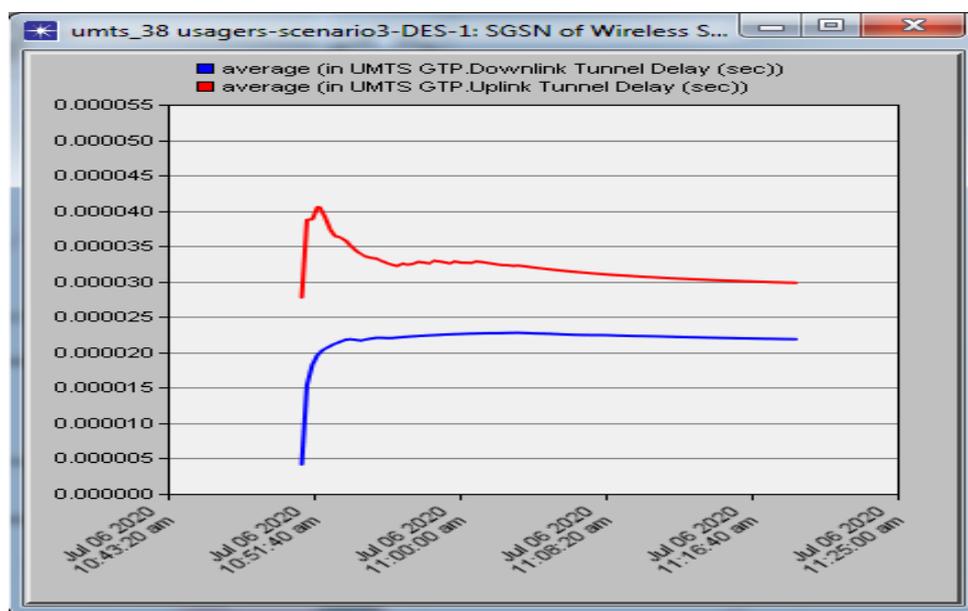


Figure 3.32 : Le retard (delay ) du SGSN

On remarque que le retard descendant est inférieur que le retard montant, les valeurs de ces deux successivement sont : 0.24mset 0.040ms et ça revient à la force SGSN >RNC.

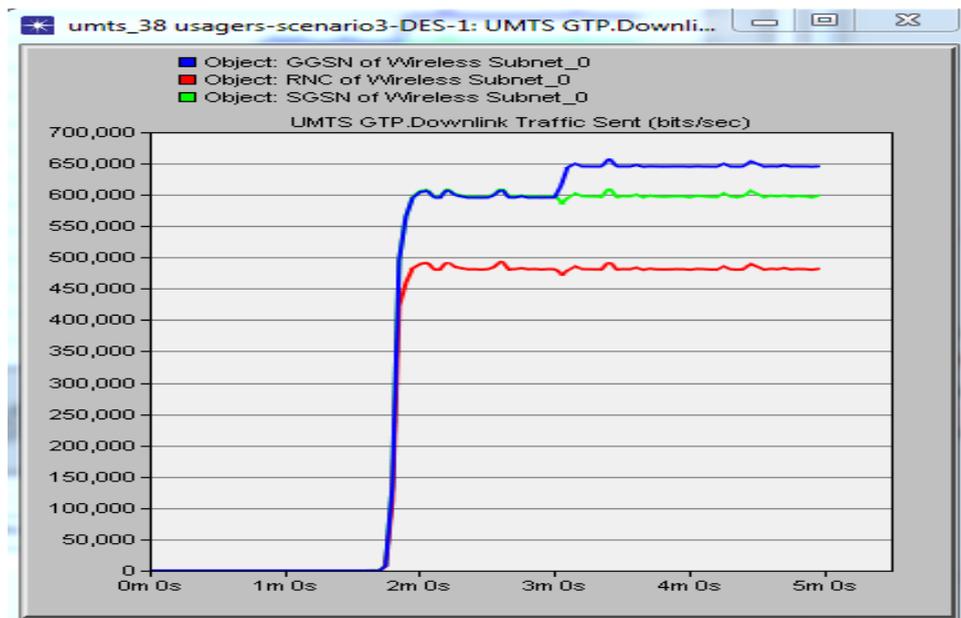


Figure 3.33 : Trafic envoyé du GGSN, SGSN, RNC

Dans cette figure on a comparé entre GGSN, SGSN, RNC. On remarque que le trafic envoyé au GGSN prend la grande valeur qui atteint les 860Kbit/sec (parce que sa force est la plus grande) puis SGSN, RNC successivement.

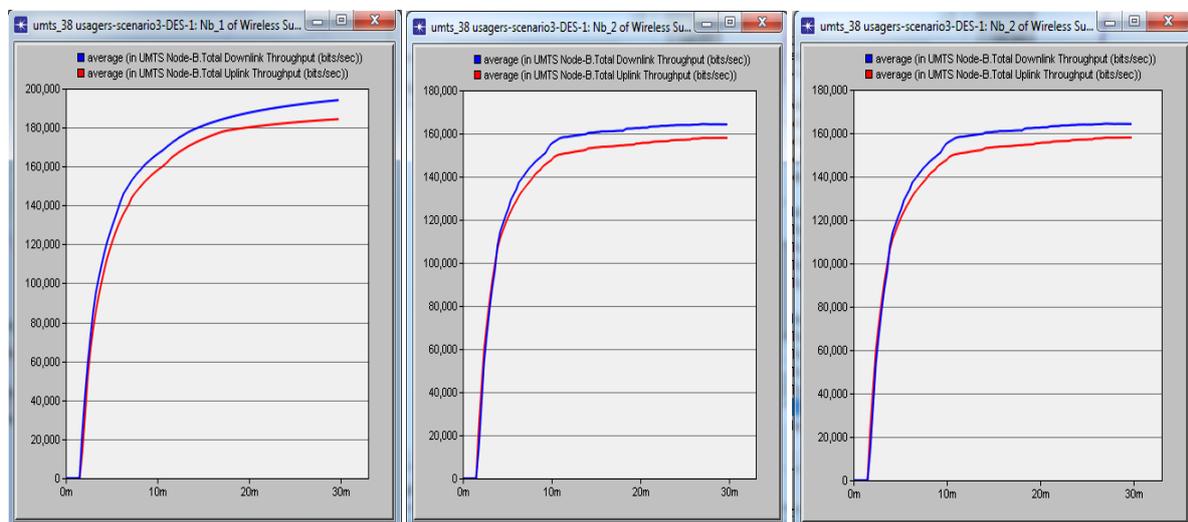


Figure 3.34 : Le débit du base station (NB1, NB2, NB3)

Dans cette figure on voit que le débit descendant (que le BTS envoie au MS) dans les trois stations de base est plus grand que le débit montant (que MS envoie au BS) ; cela car la force BS > MS.

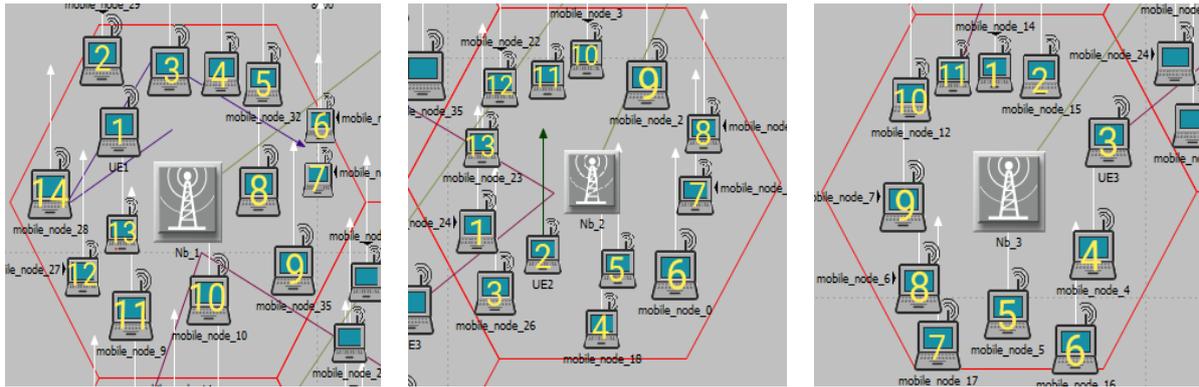


Figure 3.35 : Les trios cellules représentent (14,13 et 11) UE

Cette figure montre trois cellules chaque cellule contient un seul BS avec un nombre particulier d'utilisateur ; à partir de cette figure on va comparer trois stations de base.

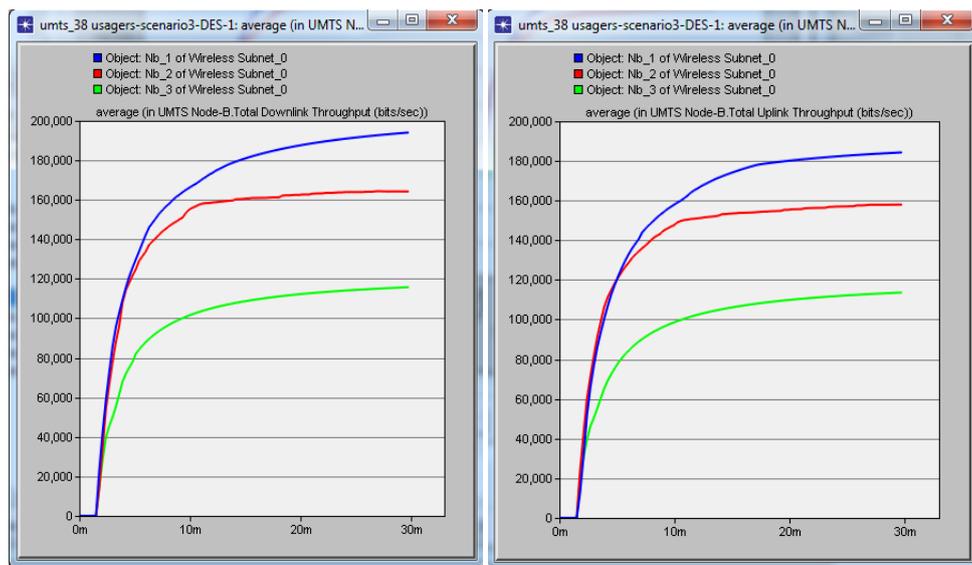


Figure 3.36 : Le débit du 3 station de base

Cette figure montre que le NB1 (14 utilisateur) possède le plus grand débit, puis NB2 (13utilisateurs) et puis NB3 (11 utilisateurs), ça veut dire que le débit BS augmente avec l'augmentation du nombre d'utilisateur.

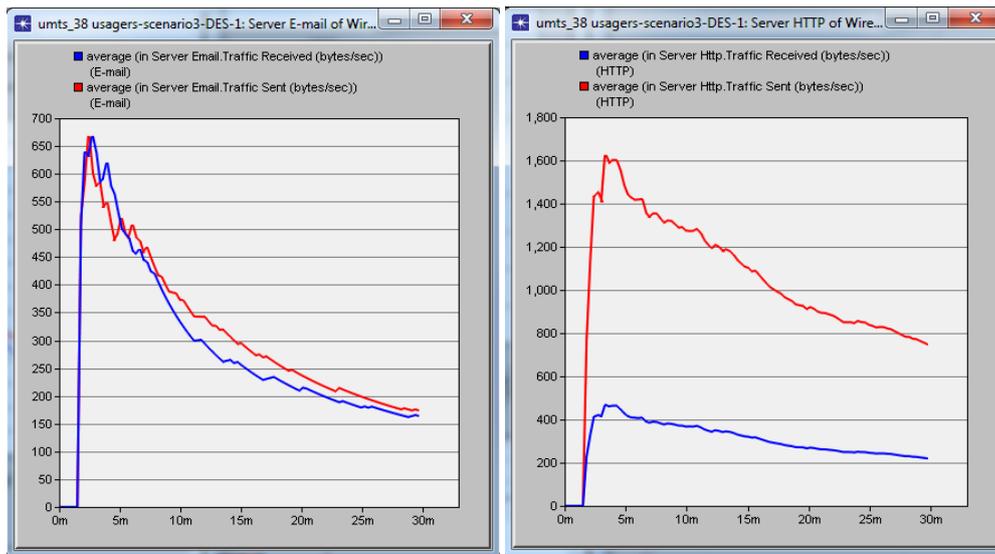


Figure 3.37 : Trafic envoyé et reçu des serveurs EMAIL et HTTP.

Toujours on remarque que le trafic envoyé des serveurs email et http est plus grand que le trafic reçu et cela car il y a des pertes dans la réception. Et avec le temps, la quantité de transmission et de réception de données a diminué en raison du mouvement du mobile.

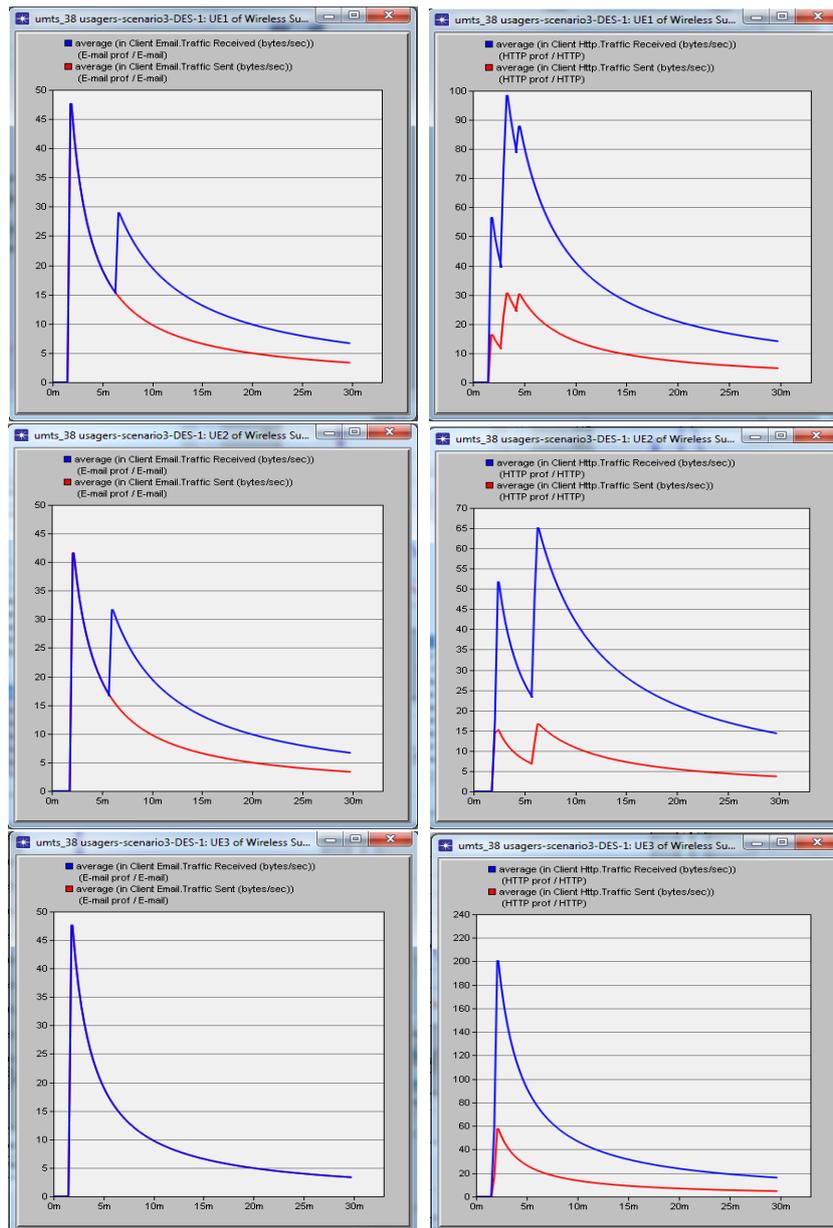


Figure 3.38 : Trafic reçu et envoyé du trois UE

On remarque que le trafic reçu des utilisateurs UE1, UE2, UE3 est plus grand que le trafic envoyé sauf dans l'utilisateur 3 où le trafic envoyé et le trafic reçu sont égaux pour service email cela est due à l'absence de perte de données. On constate aussi que lorsque l'UE s'éloigne du BS, le signal diminue.

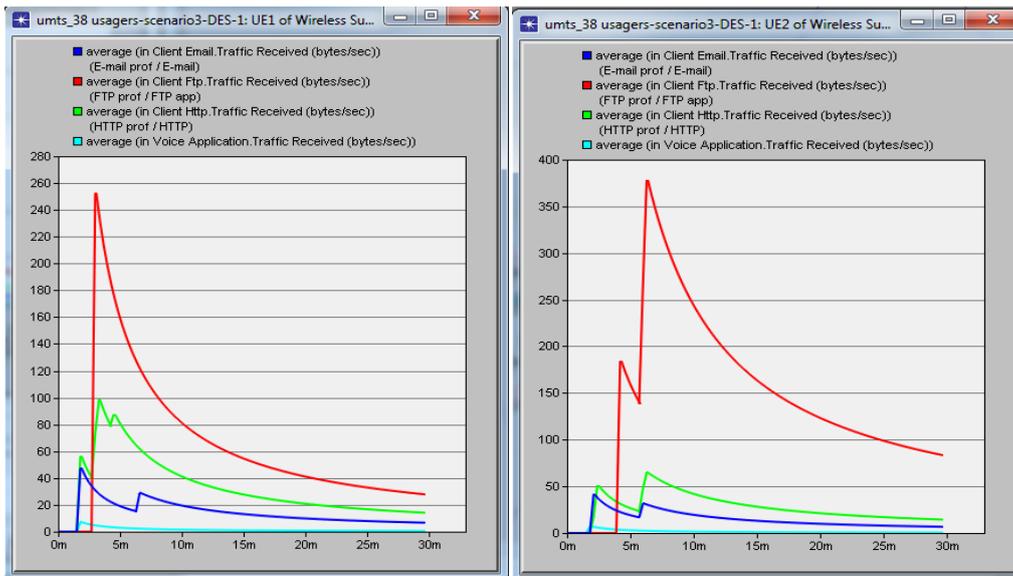
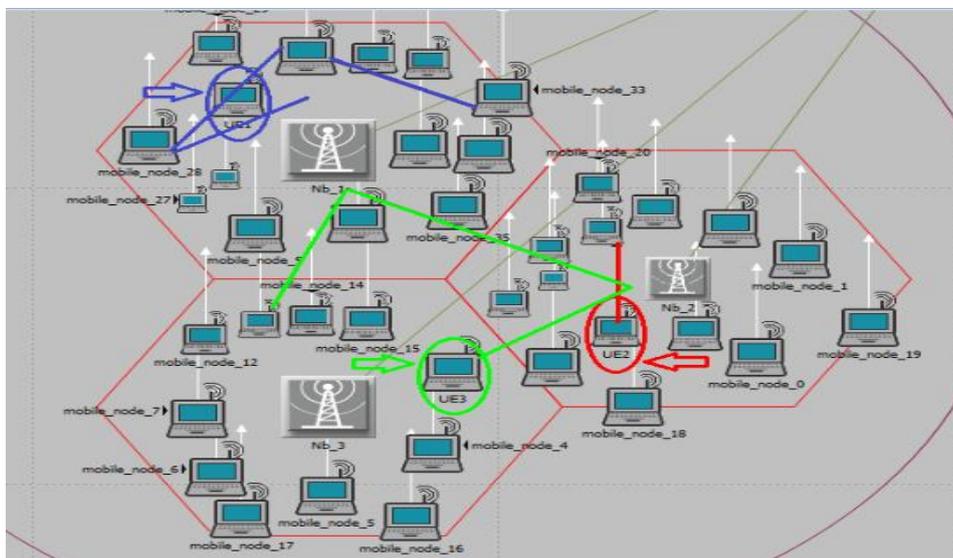


Figure 3.39 : Trafic reçu dans les quatre services FTP, EMAIL, VOICE et HTTP du client

Toujours on remarque la même chose pour les quatre services .Le réseau UMTS donne la propriété au service FTP en lui donnant le grand trafic puis au service HTTP puis email puis VOICE (signale audio mono dimensionnelle).



Dans cette figure on va comparer trois utilisateurs, chaque utilisateur se trouve dans une cellule particulière et il a un trajet bien déterminé UE1, UE2, VECTOR.

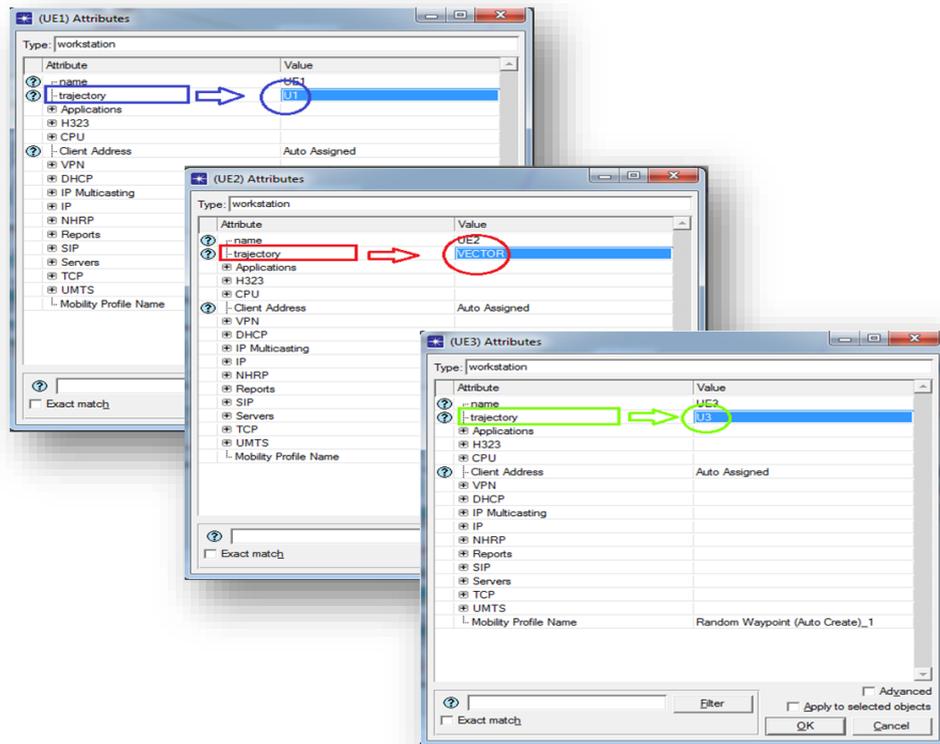


Figure 3.40 : Définition de trajectoire dans 3 usagers (UE1, UE2 et UE3)

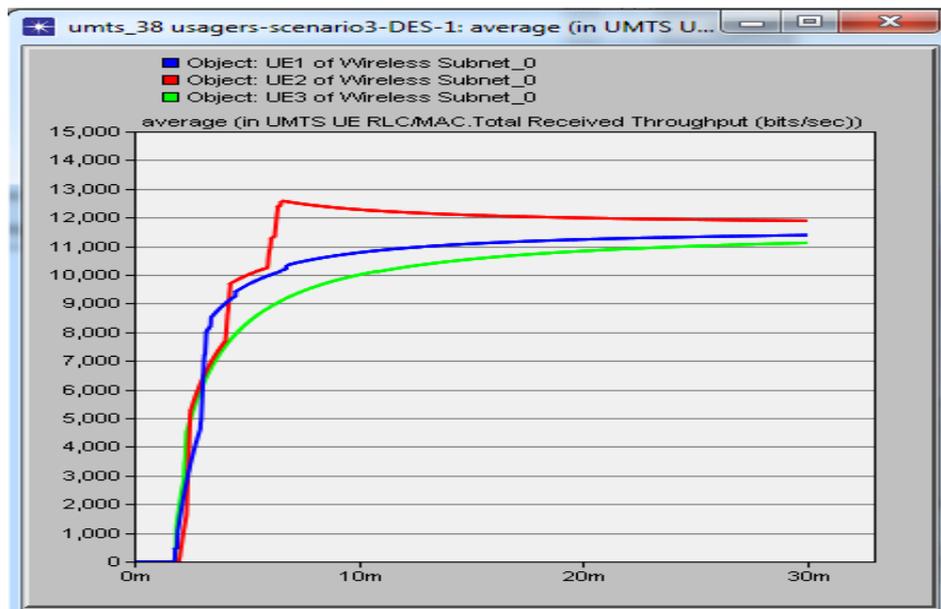
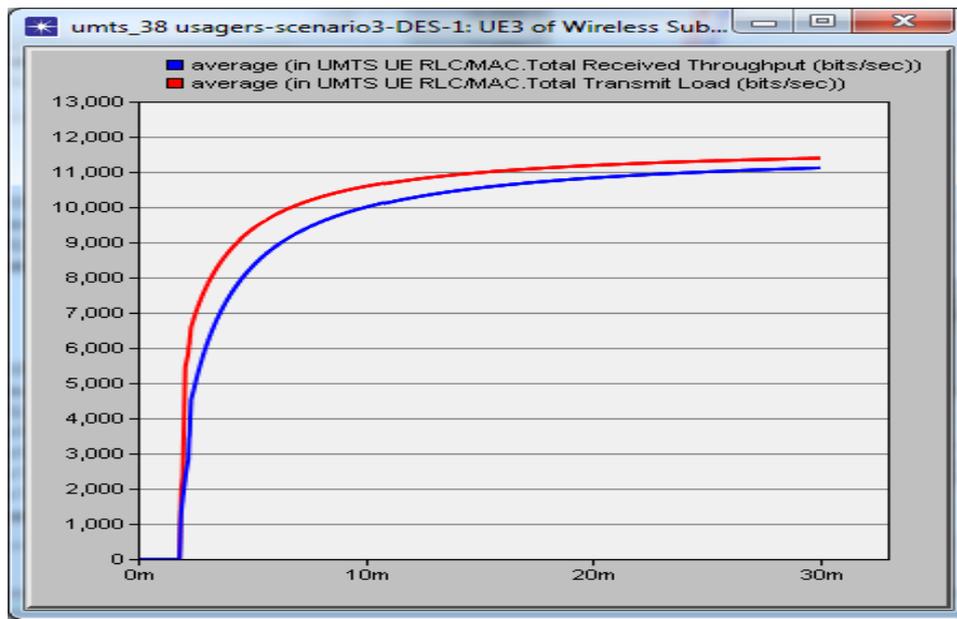


Figure 3.41 : le débit total reçu de (UE1, UE2 et UE3)

A partir de cette figure, on conclut que la quantité de données (débit) que reçoit UE2 est la plus grande car il est proche du BTS, puis vient celle que reçoit UE1 par ce que ce mobile véhicule dans la même cellule, par contre l'UE3 reçoit le débit le plus moindre car il véhicule entre trois stations de base.



**Figure 3.42:** Throughput vs. Load de UMTS UE

Cette figure indique la charge (load) et le débit (throughput) d'un équipement utilisateur UMTS particulier. À partir du graphique, nous pouvons voir que le débit augmente avec la charge.

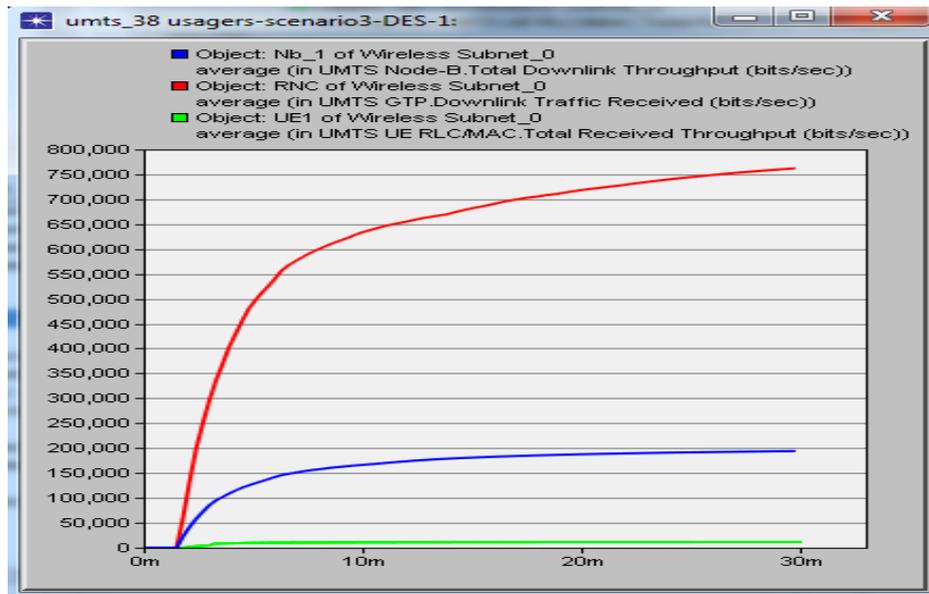


Figure 3.43 : Le débit du RNC, BTS et UE

On remarque clairement que le débit de RNC est plus grand que celui de BTS et d'UE (le plus faible) et ceci revient à la puissance du :  $RNC > BTS > UE$ .

### 3.6. Comparaison entre le réseau GPRS (2G) et le réseau UMTS (3G)

#### 3.6.1. Projet 1 : Topologie GPRS

Cette figure représente le réseau GPRS, qui contient 1 station de base et 12 mobiles, et un serveur, plus des paramètres de base de réseau GPRS (CN, FR Switch, FR config), et nous avons appliqué les services suivants : FTP, EMAIL, VOICE.

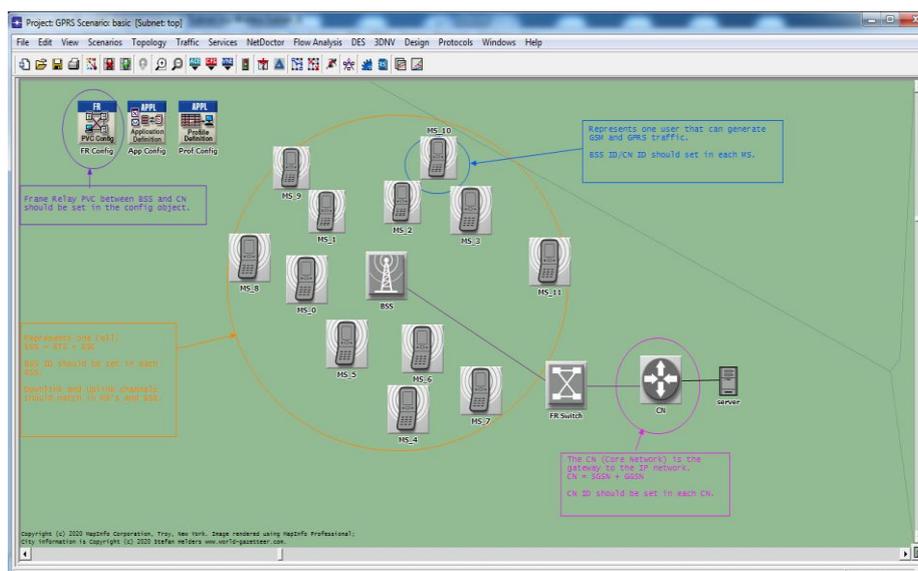


Figure 3.44 : Scénario GPRS (2G)

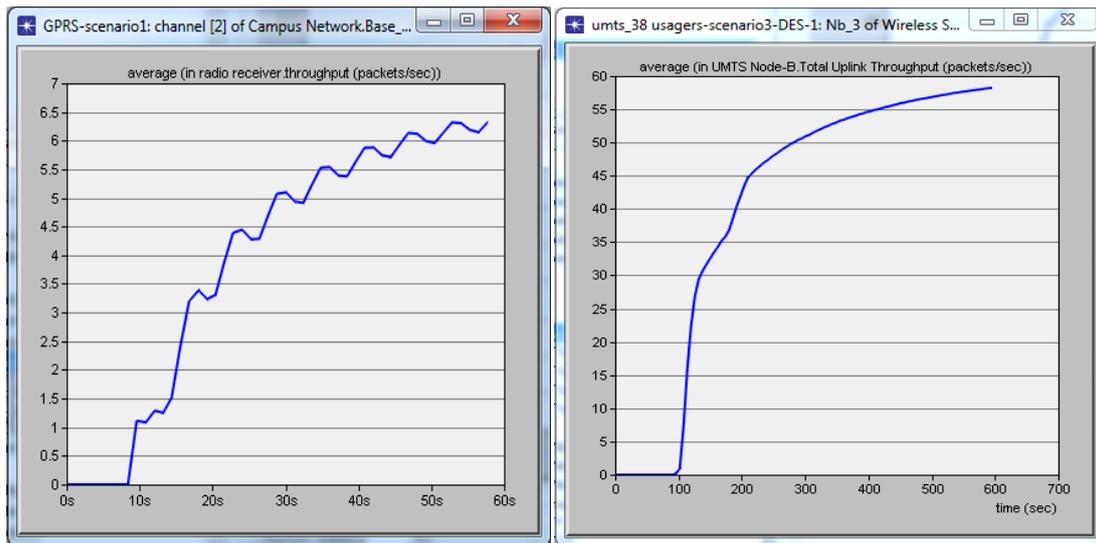


Figure 3.45 : Le débit de la station de base dans les deux réseaux

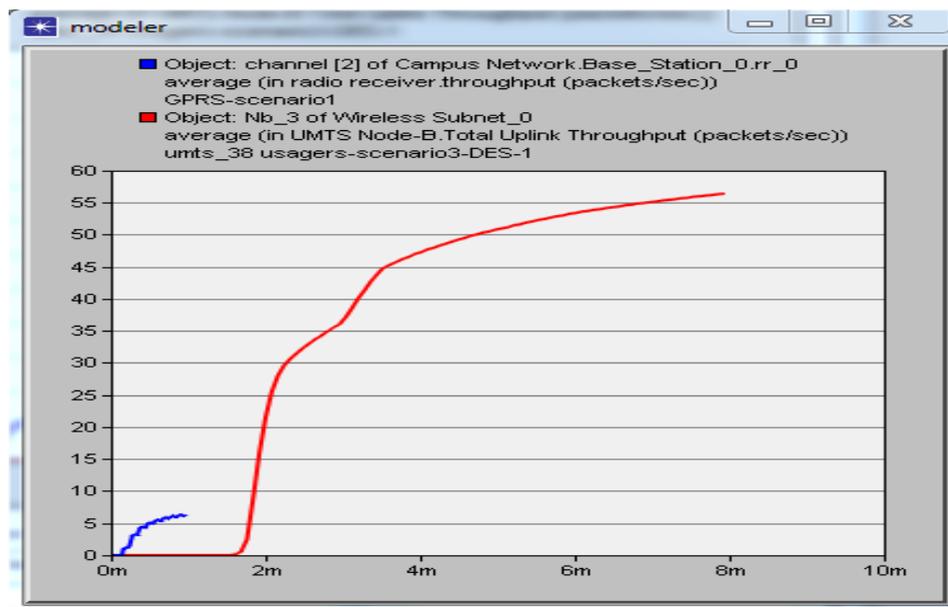


Figure 3.46 : Comparaison entre Le débit de la station de base dans les deux réseaux

Dans cette figure le débit de réseau UMTS est plus grand que celui du réseau GPRS, et ça montre que l'UMT (3G) est plus fort et développé que le GPRS (2G).

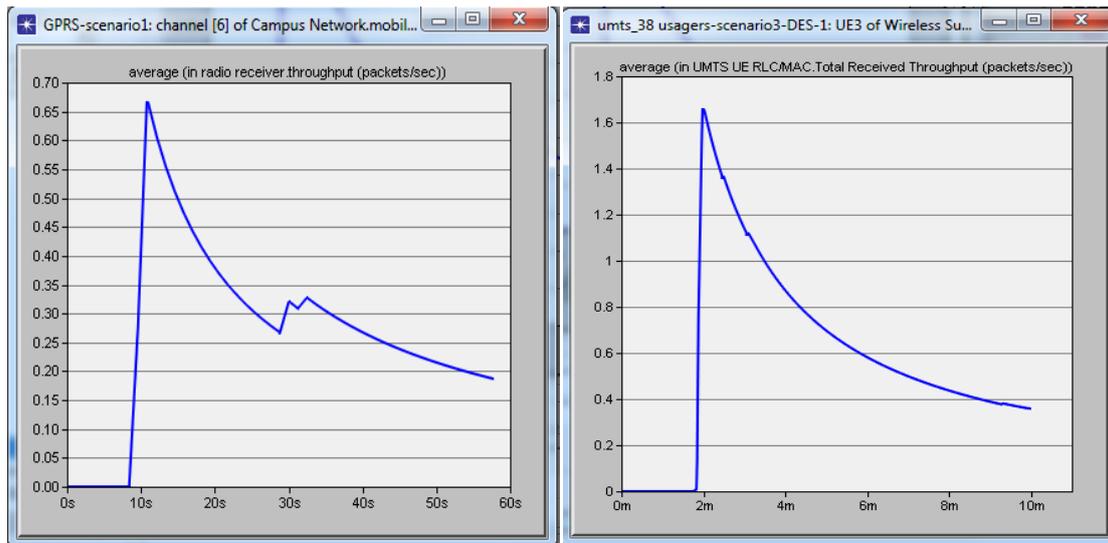


Figure 3.47 : le débit total reçu de (UE) dans les deux réseaux

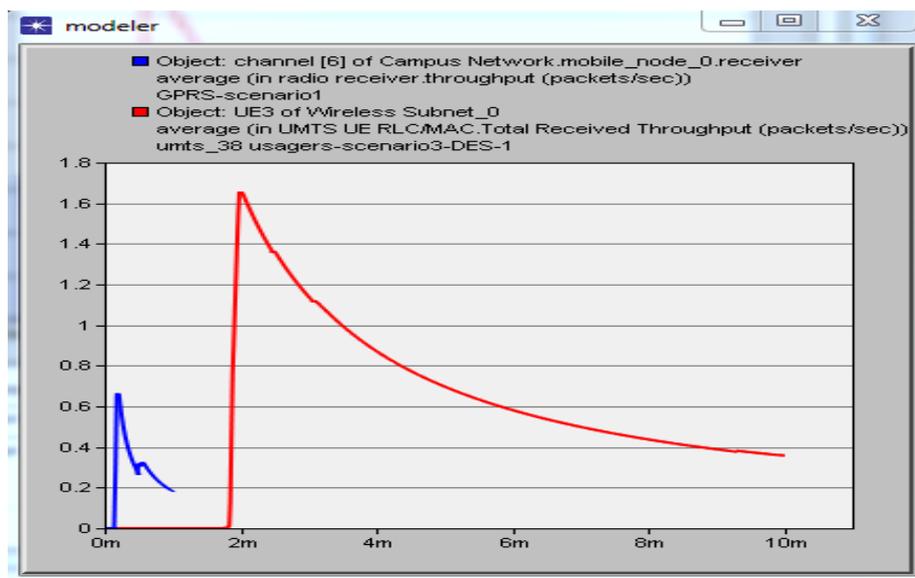
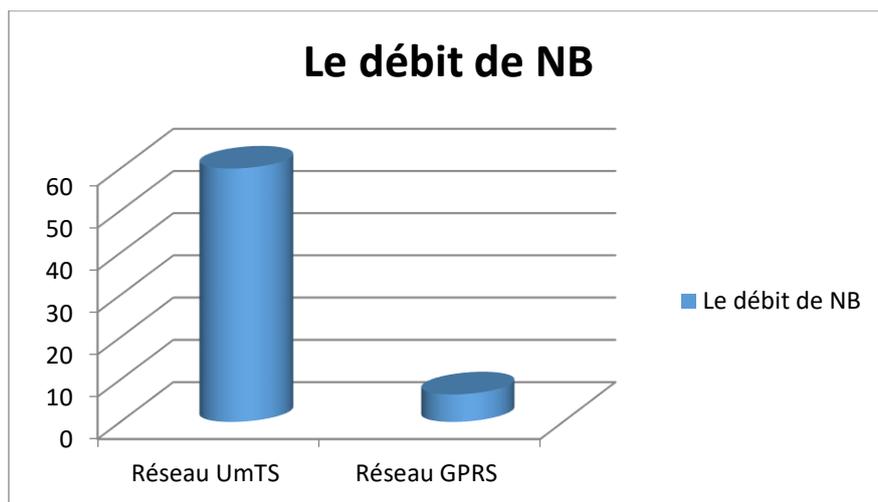


Figure 3.48 : Comparaison entre le débit total reçu de (UE) dans les deux réseaux.

Dans la figure suivante nous avons comparé le débit total reçu de l'utilisateur dans les deux réseaux, et on voit clairement que le débit reçu de l'utilisateur dans le réseau UMTS est plus grand que celui du réseau GPRS.



**Figure 3.49 :** Comparaisons entre le réseau GPRS et UMTS

Dans cette graphique nous avons comparé les deux réseaux (UMTS, GPRS), on remarque que le débit de la station de base dans le réseau UMTS est plus grand que celles du réseau GPRS, et ça montre que le réseau UMTS s'est amélioré dans plusieurs de ses paramètres pour obtenir ces technologies avancées ainsi que fournir le service multimédia (internet par mobile) qui n'existe pas en GPRS.

### 3.7. Conclusion

Dans ce chapitre en utilisant le modulateur OPNET 14.5, on a effectué une étude de simulation pour évaluer les performances de réseau UMTS (débit, delay, load, trafic) en fonction des services : VOICE, EMAIL, FTP, HTTP. On a montré que le réseau UMTS est un réseau intelligent pour les quatre services appliqués dans ce travail, et à l'aide des résultats de simulation de réseau UMTS on peut conclure que lorsque le nombre de nœuds mobiles augmente (nombre d'utilisateurs) la quantité de données envoyées augmente (débit globale), et enfin nous avons fait une simple comparaison entre le réseau UMTS (3G) et le réseau GPRS (2G), ce qui montre que le réseau UMTS est très développé par rapport GPRS.

---

# Conclusion générale

---

### Conclusion générale

L'objectif de notre travail est de modéliser et évoluer les performances de réseau UMTS en utilisant le simulateur OPNET qui est un outil de simulation à événements discrets qui permet de spécifier graphiquement des modèles de réseau filaire et sans fil, il permet d'étudier les performances des systèmes existant sous des conditions variables.

On fait une étude détaillé sur ce réseau UMTS sans fil, nous avons commencé au chapitre 1 par une présentation de déférentes générations de réseau mobile (1G, 2G) et on a concentré sur le réseau GSM, GPRS, EDGE on à expliqué la structure et ses composants de chaque réseaux, et dans le 2ème chapitre nous avons met une vue détaille de réseau UMTS et son architecture et ses caractéristiques et ses interfaces.

Au chapitre 3, nous avons utilisé l'OPNET 14.5 pour crée le réseau UMTS, ainsi nous avons étudié ce réseau. En utilisant certaines applications : FTP, VOICE, EMAIL et HTTP, nous obtenues ainsi des résultats de simulations en termes de débit, trafic, chargement, retard,...etc.

Ce projet nous a permet de démontrer les avantages de réseau UMTS et ses capacités, nous avons réalisé un réseau UMTS et on a pu avoir un débit globale d'enivrent 1.2 Mbit/s, à partir de ces résultats on conclut que le réseau UMTS est un réseau intelligent qui s'adapte avec l'augmentation du nombre d'utilisateur et il devisé le débit intelligemment entre les différents services et nous avants aussi comparai sons débit avec un autre réseau du deuxième génération le GPRS et nous avants obtenu un débit très supérieure a celui de GPRS , tous ces résultat montre que le réseau UMTS est considérée comme une révolution dans le monde de communication en raison de ses nombreuses applications et de son haut débit, qui permettaient d'utiliser internet à haut débit sur mobile .

Les point les plus importants à connaitre et les suggestions les plus importantes :

- Nous pouvons utiliser plusieurs versions OPNET qui suivent cette version comme OPNET 17.5 qui contient le package de réseau 4G (LTE), mais cette version n'est pas gratuite. Il peut être obtenu par recommandation de l'université et envoyé à la société OPNET pour obtenir une clé temporaire pour l'étude.
- Si nous voulons faire un réseau de HSPA et le comparer avec UMTS, les composants de réseau sont les mêmes, la différence est seulement dans les bases de stations



(méthode de codage), vous devez donc vous assurer que la base de station prend en charge HSPA ou non.

Comme perspective en suggère comparait l'UMTS avec le LTE qui est la quatrième génération de la téléphonie mobile en utilisant toujours l'OPNET 17.5 la version académique.



---

# Bibliographique

---



[12] Cisco Systems, Inc. All rights reserved, Deploying 2.5G and 3G Technologies and Services in GSM/UMTS and CDMA Networks, 2001.

[13] DIBY Okoma Alex-Valery, Etude de L'évolution du Cœur Paquet Vers L'epc : Cas D'orange Cote D'ivoire, Mémoire de fin de cycle, Ecole Supérieur D'industrie, 2013-2014.

[14] John Scourias, Overview of the Global System for Mobile Communications, University of Waterloo, vol. 4, May 19, 1995.

[15] NOLDUS Rogier, CAMEL: intelligent networks for the GSM, GPRS and UMTS network, John Wiley & Sons, 2006.

[16] Emmanuel TONYE et Landry EWOUSSOUA, Planification Et Ingénierie des Réseaux De Télécoms, Mémoire de Master professionnel, Université de Yaounde I, 2013.

[17] BOUCHENTOUF Hadjer et BOUDGHENE STAMBOULI Riyad, Etude des Performances Des Reseaux 4G (LTE), Mémoire Master, Université Abou Bekr Belkaid, 2012 / 2013.

[18] Jukka Lempiäinen et Matti Manninen, Radio Interface System Planning For GSM/GPRS/UMTS, Kluwer Academic Publishers New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow 2002.

[19] Timo Halonen et Javier Romero ; Juan Melero, GSM, GPRS Performance AND EDGE, John Wiley & Sons, Ltd, 2003.

[20] DUFRENE et Louis-Adrien, Etude et optimisation de solutions reposant sur les réseaux cellulaires existants pour l'internet des objets, Thèse de doctorat, 2017.

[21] Ltaief Hamdi, Étude et Proposition de Technique de Migration Optimale de Réseaux GSM vers l'UMTS, rapport de projet de fin d'études, Université Virtuelle de Tunis, 2010 / 2011.

[22] MESSAOUDI Yanis et BELHOUL Azeddine, Evaluation de qualité de service et Optimisation du réseau UMTS/AT Mobilis à Béjaia, Mémoire Master, Université A/MIRA – Bejaia, 2016/2017.

[23] [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:qZhQTbI1uocJ:https://fr.wikipedia.org/wiki/Universal\\_Mobile\\_Telecommunications\\_System+&cd=1&hl=fr&ct=clnk&gl=dz&client=firefox-b-d](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:qZhQTbI1uocJ:https://fr.wikipedia.org/wiki/Universal_Mobile_Telecommunications_System+&cd=1&hl=fr&ct=clnk&gl=dz&client=firefox-b-d). [Consulté le : mai-2020].

- [24] DAHLMAN Erik, GUDMUNDSON Bjorn, NILSSON Mats, et al, UMTS/IMT-2000 based on wideband CDMA. IEEE Communications magazine, vol. 36, no 9, p. 70-80, 1998.
- [25] SESIA Stefania, TOUFIK Issam, et BAKER Matthew, LTE-the UMTS long term evolution: from theory to practice, John Wiley & Sons, 2009.
- [26] MEURISSE Eric, L'UMTS et le haut-débit mobile, l'Université de Marne-la-Vallée, 2007.
- [27] KESIR Yassine, Étude de Dimensionnement et Simulation d'un réseau UMTS, Mémoire Master, Université Abderrahmane Mira de Bejaia, 2011/2012.
- [28] SAIDI Zahoua, MOUSSAOUI Nassim, Accès internet via le réseau mobile UMTS, Mémoire Master, Université Abderrahmane Mira de Bejaia, 2012/2013.
- [29] « Le réseau UMTS (3G) », [En ligne]. Disponible sur : <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zvJu6yPOurUJ:https://developer.orange.com/od-uploads/Le-reseau-UMTS-3G.pdf+&cd=3&hl=fr&ct=clnk&gl=dz&client=firefox-b-d>. [Consulté le : 15-avril-2020].
- [30] Lamia CHIHI, Migration d'un réseau mobile 3G vers le 4G, Mémoire mastère professionnel, Université Virtuelle de Tunis, 2014 /2015.
- [31] BANNISTER Jeffrey, MATHER Paul, et COOPE Sebastian, Convergence technologies for 3G networks: IP, UMTS, EGPRS and ATM, John Wiley & Sons, 2004.
- [32] KREHER Ralf et RÜDEBUSCH Torsten, UMTS signaling, Willey UK, 2007.
- [33] MOUSSAOUI HAYAT, RAMDANI M.CHERIF, Etude de la planification radio d'un réseau umts, Mémoire Master, Université Abderrahmane MIRA de Bejaia, 2014-2015.
- [34] « Réseau d'Accès UMTS Architecture et Interfaces », [En ligne]. Disponible sur : [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:AqoqHW630yUJ:www.efort.com/r\\_tutoriels/ACCES\\_UMTS\\_EFORT.pdf+&cd=1&hl=fr&ct=clnk&gl=dz&client=firefox-b-d](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:AqoqHW630yUJ:www.efort.com/r_tutoriels/ACCES_UMTS_EFORT.pdf+&cd=1&hl=fr&ct=clnk&gl=dz&client=firefox-b-d). [Consulté le : 2-juin-2020].
- [35] MAKKÉ Rani, Qualité de Service et Performances des Protocoles de Transport dans l'UTRAN, Thèse de doctorat, 2003.

- [36] DELLYS BILLAL et OUAMRI MOHAMED-AMINE, Aspects d'Optimisation de l'Interface Radio UTRAN d'un Réseau UMTS, Mémoire Master, Université Abderrahmane MIRA de Bejaia, 2013-2014.
- [37] HUBER Josef, HUBER Alexander Joseph, et HUBER Josef Franz. UMTS and mobile computing. Artech House, 2002.
- [38] KAARANEN Heikki, AHTIAINEN Ari, LAITINEN Lauri, et al, UMTS networks: architecture, mobility and services, John Wiley & Sons, 2005.
- [39] HOLMA Harri et TOSKALA Antti , WCDMA for UMTS: Radio access for third generation mobile communications, john wiley & sons, 2005.
- [40] BOUGUEN Yannick et HARDOUIN Eric, et WOLFF François-Xavier, LTE pour les reseaux 4G, Editions Eyrolles, 2012.
- [41][https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GSIVryVGF38J:https://www.memoireonline.com/02/11/4244/m\\_Installation-et-maintenance-dune-BTS2.html+&cd=1&hl=fr&ct=clnk&gl=dz&client=firefox-b-d](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GSIVryVGF38J:https://www.memoireonline.com/02/11/4244/m_Installation-et-maintenance-dune-BTS2.html+&cd=1&hl=fr&ct=clnk&gl=dz&client=firefox-b-d). [Consulté le : aout-2020].
- [42] KAHOUL Kenza, Etude et simulation du standard de transmission de donnée sans fil : WIMAX par OPNET comparé avec WIFI, Mémoire Master, Université Mohamed Khider Biskra, 2017 / 2018.
- [43] ANCHIR Hamza, Une Etude Comparative Entre Le Standard UMTS et le standars WIMAX, Mémoire Master , Université Mohamed Khider Biskra, 2019 / 2020.