

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI, TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

## *Mémoire de fin d'études*

En vue de l'obtention

du Diplôme Master en Electronique

Option: Télécommunications et Réseaux

*Thème :*

# CONCEPTION D'UN RESEAU GSM-UMTS SOUS ATOLL

Proposé et dirigé par :

Mr. *BENAMENE.K*

Mr. *LAHDIRI.T*

Mr. *AKROUR.K*

Présentée par :

M<sup>elle</sup>. *YOUSFENE Ghania*

M<sup>elle</sup>. *ZIANE Lila*

Année universitaire 2012/2013

# Remerciement

*Nous remercies tout d'abord par excellence sa grandeur « **le bon Dieu** », qui nous a donné le courage et la patience tout au long de ma vie.*

*Notre premiers remerciements vont à mes chères parents, que Dieu les protège et leurs procure une longue vie.*

*Nous remercions notre promoteur **M<sup>r</sup> BENNAMANE.K** pour ses conseils et ses remarques constitutives. Ainsi qu'à notre Co-promoteur **M<sup>r</sup> LEHDIRI.T** qui a veillé sur le bon déroulement de ce travail.*

*Sans oublier le personnel de mobilis aux niveaux de la direction qui ont été à la hauteur de leurs nobles tâches et leur accueil chaleureux tous au long de ce projet ainsi que leurs esprits d'ouverture et leurs disponibilités, surtout **M<sup>r</sup> AKROUR.K**.*

*Tous nos infinis remerciements vont à tous les enseignants qui ont collaboré à notre formation, pour le riche savoir qu'ils nous ont transmis avec rigueur et dévouement.*

*Nos sincères sentiments vont à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce projet. En particulier notre chères familles et amis.*

*Nous respect aux membres de jury, qui nous feront l'honneur d'accepter et de juger ce modeste travail, et d'apporter leurs réflexions et leurs critiques scientifiques.*

*Enfin, on tient à remercier également toute personne ayant Contribuée de près ou de loin afin de mener ce projet à terme.*



*Dédicaces*

*A mes très chers parents*

*A mes sœurs (nacira, saliha, kahina) surtout ma chère  
ouarduche*

*A mes frère (mouhand,  
hakim, boussad, boudjemea)*

*A mes nouveaux (hassina, soulou, warda, yasmine, nedjma, momoh,  
hilal...)*

*A toute ma famille*

*A mes chers amis (nounou ; Saida...)*

*A ma binôme Lila et sa famille*

*Surtout à notre co-promoteur AKROUR kamel qui nous a  
beaucoup aidées.*

*A tous ceux que j'aime*

*Et à tous ceux qui m'aiment*

*Je dédie ce modeste travail ...*

*Ghania*

*Dédicaces*

*A mes très chers parents*

*A mes sœurs (Soraya, Lynda, hakima)*

*A mes frères (nadir, khaled)*

*A mon nouveau (islam)*

*A toute ma famille*

*A mes chers amis*

*A ma binôme Ghania et sa famille*

*Surtout à notre co-promoteur AKROUR kamel qui nous a  
beaucoup aidées.*

*A tous ceux que j'aime*

*Et à tous ceux qui m'aiment*

*Je dédie ce modeste travail ...*

*LILA*

# Sommaire

---

Présentation de l'entreprise

Introduction générale ..... 1

## **Chapitre I : étude les ondes radio fréquence dans le GSM**

Préambule..... 2

I.1 Présentation du standard GSM..... 2

    I.1.1 Services du GSM..... 2

    I.1.2 Objectifs du GSM..... 3

I.2 Architecteur du système GSM ..... 3

I.3 Sous systèmes du réseau GSM ..... 4

I.4 Entités de base du réseau GSM ..... 5

    I.4.1 La station mobile MS (Mobile Station) ..... 5

    I.4.2 La BTS (Base station Transceiver System) ..... 5

    I.4.3 BSC (Base Station Controller) ..... 6

    I.4.4 OMC-R (Operating and Maintenance Center-Radio)..... 6

    I.4.5 Sous-système réseau (NSS, Network Subsystem)..... 7

I.5. Interfaces du réseau GSM..... 9

I.6 Interface Radio du réseau GSM..... 10

    I.6.1 Transmission dans le GSM ..... 11

    I.6.2 Structure temporelle du système GSM ..... 12

I.7 Le concept cellulaire..... 13

I.8 Canaux logiques..... 15

I.9 La gestion des ressources radio..... 16

    I.9.1 Définition de handover ..... 16

    I.9.2 Evaluation des performances de la procédure du handover ..... 18

Conclusion..... 18

## **Chapitre II : étude les ondes radio fréquence dans l'UMTS**

Préambule ..... 20

II.1 Présentation du Standard UMTS ..... 20

II.1.1 Débit .....	20
II.1.2 Services de l'UMTS .....	21
II.1.3 Hiérarchie des cellules de l'UMTS .....	21
II.1.4 Classes de qualité de service .....	22
II.2 Motivations pour la mise en place de l'UMTS .....	23
II.3 Spectre de fréquences .....	24
II.4 Bande de fréquences utilisées en UMTS .....	24
II.5 Organisation temporelle .....	25
II.6 L'étalement de spectre.....	25
II.7 Réseau UMTS .....	26
II.7.1 Architecture du Réseau UMTS .....	26
II.7.2 Réseau d'accès UTRAN .....	27
II.7.3 Interface radio de l'UTRAN .....	29
II.7.4 Transport des données .....	30
II.7.5 Le réseau cœur .....	31
II.7.6 Les composants du réseau cœur .....	32
II.7.7 Équipement d'abonné .....	33
II.8 Méthode d'accès WCDMA .....	34
II.8.1 Principes du W-CDMA .....	34
II.8.2 Principe de l'étalement de spectre .....	34
II.8.3 Méthodes de duplexage .....	38
II.9 Handover .....	39
II.10 Comparaison UMTS/GSM .....	41
II.10.1 Comparaison des appellations .....	42
II.10.2 Comparaisons techniques .....	42
II.10.3 Différence et Interopérabilité entre les deux systèmes .....	43
II.10.4 Apport de l'UMTS par rapport au GSM .....	43
II.10.5 Qualité de service .....	43
Conclusion .....	44

## **Chapitre III : dimensionnement et planification du réseau UMTS**

Préambule .....	46
III.1 Présentation de projet .....	46

III.1.1 Description du logiciel utilisé pour notre application .....	46
III.1.2 Les étapes de création de la zone à étudié .....	47
III.1.3 Présentation de réseau GSM .....	51
III.2 Dimensionnement et déploiement du réseau radio 3G .....	52
III.2.1 Dimensionnement du réseau 3G .....	53
III.2.1.1 Bilan de liaison .....	54
III.2.1.2 Modèle de propagation .....	55
III.2.2 Phase de planification .....	56
III.2.3 Configuration du réseau 3G .....	60
III.2.3.1 Gestion du modèle 3G .....	60
III.2.3.2 Gestion des paramètres UMTS .....	61
III.2.3.3 Création et gestion des sites .....	61
III.2.3.4 Gestion des paramètres des secteurs .....	63
III.2.3.5 Gestion des paramètres des cellules .....	64
III.2.3.6 Menu Modules .....	65
III.2.3.7 Prédications .....	66
III.2.4 Déploiement du réseau 3G .....	66
III.2.4.1 Vue d'ensemble de la zone a simulée .....	67
III.2.4.2 Prédications de La couverture terrain .....	68
a) Couverture par niveau de signal RSCP .....	68
b) Prédications de la qualité du signal $E_c/I_o$ .....	69
c) Handover Status .....	70
III.2.4.3 Analyse de la couverture .....	70
III.2.5 Interprétations des paramètres (résultats) .....	76
Conclusion.....	76
Conclusion générale .....	79
Bibliographique .....	81

# Liste des figures

---

<b>Figure I.1</b> Architecteur du réseau GSM .....	4
<b>Figure I.2 :</b> Sous systèmes du réseau GSM.....	5
<b>Figure I.3 :</b> Interfaces GSM.....	10
<b>Figure I.4 :</b> Structure de la trame GSM .....	12
<b>Figure I.5</b> cellules GSM.....	13
<b>Figure II.1</b> Besoins en débit des services de l'UMTS.....	21
<b>Figure II.2:</b> Couverture du réseau UMTS.....	22
<b>Figure II.3</b> Attribution du spectre fréquentiel pour la 3G.....	23
<b>Figure II.4</b> Bande de fréquence pour l'interface radio UMTS.....	24
<b>Figure II.5</b> Structure de trame de l'UMTS.....	25
<b>Figure II.6</b> Architecture du réseau UMTS.....	26
<b>Figure II.7</b> Architecture du réseau d'accès.....	27
<b>Figure II.8</b> Vue en couches de l'interface radio UTRAN.....	29
<b>Figure II.9</b> Encapsulation des paquets TCP/IP à l'arrivée au réseau cœur.....	31
<b>Figure II.10</b> Le réseau cœur de l'UMTS.....	32
<b>Figure II.11 :</b> Principe de l'étalement de spectre.....	36
<b>Figure II.12 :</b> Mécanisme de Scrambling.....	37
<b>Figure II.13:</b> Mode de duplexage FDD.....	38
<b>Figure II.14:</b> Mode de duplexage TDD.....	39

<b>Figure II.15 :</b> Types de handover en UMTS.....	40
<b>Figure III.1</b> logiciel atoll.....	46
<b>Figure III.2:</b> création d'une nouvelle fenêtre.....	47
<b>Figure III.3:</b> les propriétés des coordonnées système.....	48
<b>Figure III.4:</b> la zone géographique.....	49
<b>Figure III.5:</b> la taille et le fond d'image de la zone.....	49
<b>Figure III.6:</b> le vecteur de la zone.....	50
<b>Figure III.7:</b> l'image de la zone.....	50
<b>Figure III.8:</b> la zone finale.....	51
<b>Figure.III.9:</b> Zone Géographique.....	51
<b>Figure III.10:</b> Processus de dimensionnement et planification WCDMA.....	52
<b>Figure III.11:</b> Diagramme de rayonnement de l'antenne.....	58
<b>Figure III.12 :</b> Gestion des usager.....	59
<b>Figure III.13 :</b> Exemple d'installation d'une antenne UMTS.....	59
<b>Figure III.14:</b> Paramétrage du modèle.....	60
<b>Figure III.15 :</b> Paramétrage des émetteurs dans le modèle.....	61
<b>Figure III.16 :</b> Menu de configuration d'un motif hexagonal.....	62
<b>Figure III.17 :</b> Menu de configuration des paramètres d'un nouveau site.....	63
<b>Figure III.18 :</b> Menu de configuration d'un nouveau secteur.....	64
<b>Figure III.19 :</b> Menu de configuration des paramètres des prédictions.....	65

<b>Figure III.20</b> : Distribution des sites 2G a Boumerdes.....	67
<b>Figure III.21</b> : Distribution des sites 3G a Boumerdes.....	67
<b>Figure III.22</b> : Couverture par niveau de signal.....	68
<b>Figure III.23</b> : Meilleur niveau du signal.....	68
<b>Figure III.24</b> : Prédiction de la qualité du signal <b>Ec/Io</b> .....	69
<b>Figure III.25</b> : Rapport des prédictions de la couverture par apport <b>Ec/Io</b> .....	69
<b>Figure III.26</b> : Statut de Handover.....	70
<b>Figure III.27</b> : Analyse de la couverture.....	70
<b>Figure III.28</b> : Analyse de la couverture avant l'ajout de NodeB.....	71
<b>Figure III.29</b> : Analyse de la couverture après l'ajout de NodeB.....	72
<b>Figure III.30</b> : Analyse de la couverture avant l'ajout de NodeB.....	72
<b>Figure III.31</b> : Analyse de la couverture après l'ajout de NodeB.....	73
<b>Figure III.32</b> : Analyse de la couverture avant l'ajout de Node.....	73
<b>Figure III.33</b> : Analyse de la couverture après l'ajout de NodeB.....	74
<b>Figure III.34</b> : Analyse de la couverture après l'ajout de tout les NodeB .....	74
<b>Figure III.35</b> : Statut de Handover après la couverture.....	75
<b>Figure III.36</b> : la capacité .....	75
<b>Figure III.37</b> : Rapport des prédictions de la couverture final.....	76

# Liste des tableaux

---

<b>Tableau I.1</b> : Caractéristiques de l'interface radio.....	11
<b>Tableau I.2</b> Différents types de canaux logiques.....	16
<b>Tableau II.1</b> : Relation entre L'étalement et le Scrambling.....	37
<b>Tableau II.2</b> : Comparaison des appellations.....	42
<b>Tableau II.3</b> : Comparaison techniques des systèmes GSM et UMTS.....	42
<b>Tableau III.1</b> : Densité de population suivant les zones.....	53
<b>Tableau III.2</b> : Bilan de liaison UMTS.....	55
<b>Tableau III.3</b> : Paramètres des secteurs et des cellules.....	57

*Présentation de l'entreprise*

ATM Mobilis, filiale de l'opérateur de téléphonie Algérie Telecom, est le premier opérateur de téléphonie mobile en Algérie. Devenu autonome en août 2003, elle propose à ses clients une large gamme de produits et de services innovants et de haute qualité ; offres post et pré payées adapté à tous les budgets, SMS vers tous les opérateurs en Algérie et à l'étranger, Roaming à l'international, messagerie vocale, ....

Entreprises innovante, Mobilis utilise la convergence entre Internet et le téléphone mobile dans la gestion de sa communication devenant ainsi une véritable entreprise « Internet mobile ».

Pour offrir des services de qualité à ses clients, Mobilis a lancé un vaste chantier de déploiement de son réseau GSM à travers le territoire national. Aujourd'hui, plus de 96,7 % de la population algérienne est couverte par un réseau de haute qualité. ATM Mobilis compte aujourd'hui plus de Sept millions d'abonnés actifs.

### **Organisation de Mobilis**

Mobilis est organisée selon les standards mondiaux de management, dirigé par un président-directeur général (PDG) et entouré de Divisionnaires, Directeurs Centraux et Régionaux et de Conseillers. Son conseil d'administration est composé de membres issus d'horizons professionnels différents, qui valident les choix stratégiques de la direction.

La remise à niveau de Mobilis a été opérée sur tous les plans ; technologiques, financiers, commerciaux, humains et a nécessité :

L'introduction de nouveaux outils d'audit, qualité, revenue assurance, géomarketing, veille marketing et technologique, communication interne on-line et système d'information ;

- § le lancement d'une vaste campagne de recrutement pour renforcer toutes les structures de l'entreprise ;
- § le lancement du programme de formation du personnel pour assurer une vraie montée en compétence de ses salariés ;
- § la définition de la vision, de la stratégie et de l'organisation de ATM Mobilis et l'élaboration de business plan réalistiques ;

- § la redéfinition complète des procédures et processus touchant toutes les activités de l'entreprise.

## **Les objectifs de MOBILIS**

Chaque entreprise doit définir ses objectifs à tous les niveaux (objectifs commerciaux, financiers, marketing, etc.). Elle doit se fixer des buts pour l'ensemble de l'entreprise, puis pour chaque domaine d'activité stratégique. Les objectifs de ATM Mobils sont :

- § Développer le parc d'abonnés et acquérir de nouvelles parts de marché ;
- § Améliorer la couverture radio et maintenir opérationnelle ;
- § Introduire les nouvelles technologies et devenir leader sur le marché ;
- § Devenir l'opérateur multimédia par excellence ;
- § Extension du réseau UMTS (3G) ;
- § Devenir opérateur corporatif ;
- § Déploiement des services MVPN, VPN ;
- § Employer une démarche marketing innovante et une politique de communication efficace ;

### *Introduction générale*

**L**es systèmes de la troisième génération sont conçus pour fournir des services multimédias avec une qualité et une couverture meilleure ou comparable à celles offertes par les réseaux de la 2ème génération telle que le **GSM**. L'acronyme en Europe des systèmes de 3G est l'**UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System) qui est standardisé par l'organisation 3GPP (3rd Generation Partnership Project).

Actuellement la majorité des opérateurs des réseaux GSM se préparent pour la migration de leurs réseaux vers l'UMTS. Contrairement à l'introduction du GPRS, l'UMTS nécessite une nouvelle infrastructure (nouveaux équipements) et de nouvelles méthodologies de dimensionnement différentes de celles utilisées en GSM. En effet, contrairement aux réseaux GSM, en UMTS la couverture et la capacité du réseau sont deux composantes interdépendantes. Par ailleurs, les sites radio GSM ne sont pas forcément de bons sites radio UMTS, cela d'une part. D'une autre part, afin de réduire les dépenses relatives à l'implantation des équipements radio UMTS, les opérateurs des réseaux GSM doivent exploiter au maximum l'infrastructure existante abritant déjà des équipements GSM (local, énergie, transmission, pylône...). Ceci réduit, en plus de la charge financière, le temps d'implantation des sites et évite aux opérateurs la charge de recherche de nouveaux emplacements.

Dans le cadre de ce projet qui porte sur la « **Conception d'un réseau GSM-UMTS sous Atoll** », nous proposons une conception sous un software avec une exploitation maximale de l'infrastructure radio GSM existante pour faire une migration souple vers UMTS en se basant sur la connaissance de la répartition spatiale du trafic et la répartition géographique de sites radio GSM.

Pour réaliser cela, nous avons adopté le plan suivant :

Dans les deux premiers chapitres de ce projet, nous décrivons la partie radio des deux réseaux **GSM/UMTS** (Principes de base, Architecture, Caractéristiques techniques et nous faisons une Comparaison technique et physique entre les deux systèmes W-CDMA et GSM). Le troisième chapitre est réservé à la présentation de la partie pratique qui porte sur une présentation des différents parties du dimensionnement et déploiement du réseau migré UMTS sous un software appelé 'Atoll'.

### *Chapitre I : étude les ondes radio fréquence dans le GSM*

#### **Préambule**

Un réseau sans fil est comme son nom l'indique, un réseau dans lequel au moins deux terminaux peuvent se communiquer sans liaison filaire. De nos jours, l'utilisation d'un réseau sans fil (téléphone mobile) est devenu incontournable.

Ce chapitre illustre quelques aspects de l'architecture et des caractéristiques de réseaux GSM, et surtout on a mit l'accent sur l'interface radio de réseaux qui s'avère nécessaire pour la compréhension globale du notre projet.

#### **I.1 Présentation du standard GSM**

Le GSM est la première norme de téléphonie cellulaire de seconde génération qui soit pleinement numérique, fournit des services de transmission de la voix, et éventuellement de données à bas débit (9.6 Kbps) dans un environnement mobile. L'utilisation du numérique pour transmettre les données permettent, des services élaborés par rapport à tout ce qui a existé. On peut citer, par exemple, la possibilité de téléphoner depuis n'importe quel réseau GSM dans le monde.

##### **I.1.1 Services du GSM**

Le réseau GSM permet plusieurs services :

- ü la voix
- ü les données (le Fax ou bien comme un modem filaire classique)
- ü les messages écrits courts ou SMS ainsi que leur successeur, le MMS ou Multimedia Messaging Service
- ü le Cell Broadcast (diffusion dans les cellules), qui permet d'envoyer le même SMS à tous les abonnés à l'intérieur d'une zone géographique
- ü les services supplémentaires (renvois d'appels, présentation du numéro, etc.)

ü les services à valeur ajoutée comme par exemple les services de localisation (Location Based Services), d'information à la demande (météo, horoscope), de banque (consultation de compte, recharges de compte prépayées)

### **I.1.2 Objectifs du GSM**

- ü Grande capacité de desserte d'abonnés
- ü Utilisation efficace du spectre
- ü Disponibilité très large
- ü Adaptabilité à la densité du trafic
- ü Possibilité d'accès à partir de portables (en voiture) et de portatifs (piétons)
- ü Services téléphoniques ordinaires et services spéciaux
- ü Qualité de service téléphonique
- ü Prix abordable

### **I.2 Architecteur du système GSM**

L'architecture de base du système GSM prévoit alors, trois sous-systèmes principaux dont chacun dispose d'un certain nombre d'unités fonctionnelles et est connecté à l'autre à travers des interfaces standard qui seront décrites ultérieurement. Les principaux sous-systèmes du réseau GSM sont (voir **Figure I.1**) :

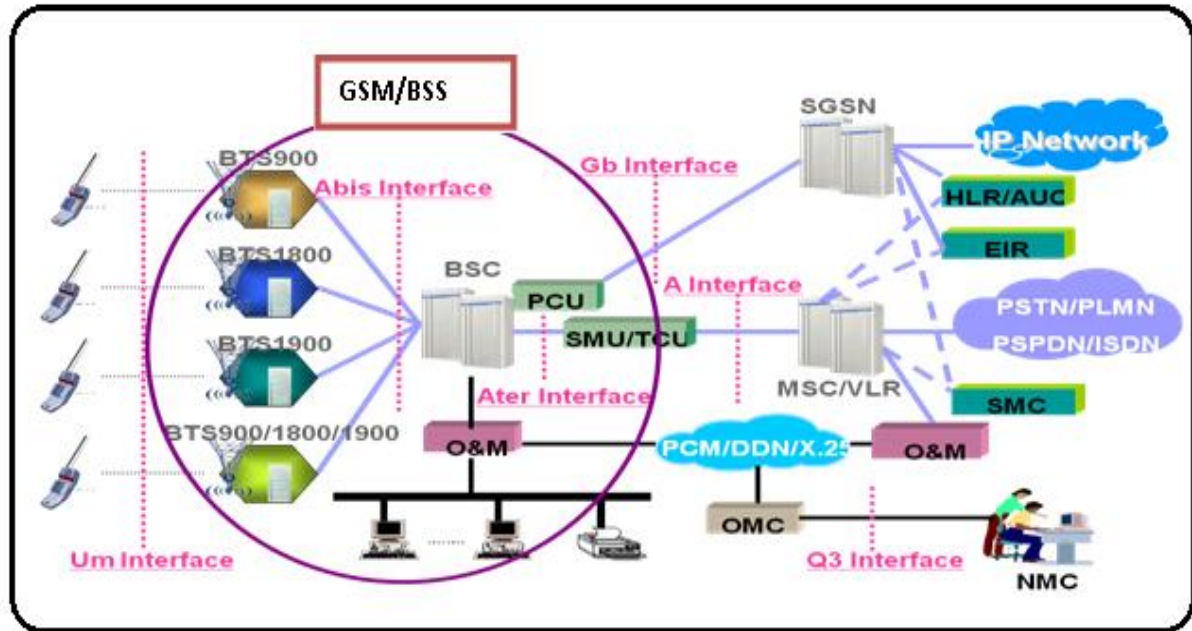


Figure I.1 Architecteur du réseau GSM

### I.3 Sous systèmes du réseau GSM

Au sein d'un réseau cellulaire GSM, nous distinguons généralement trois sous systèmes :

✓ Sous-système Radio (**BSS**)

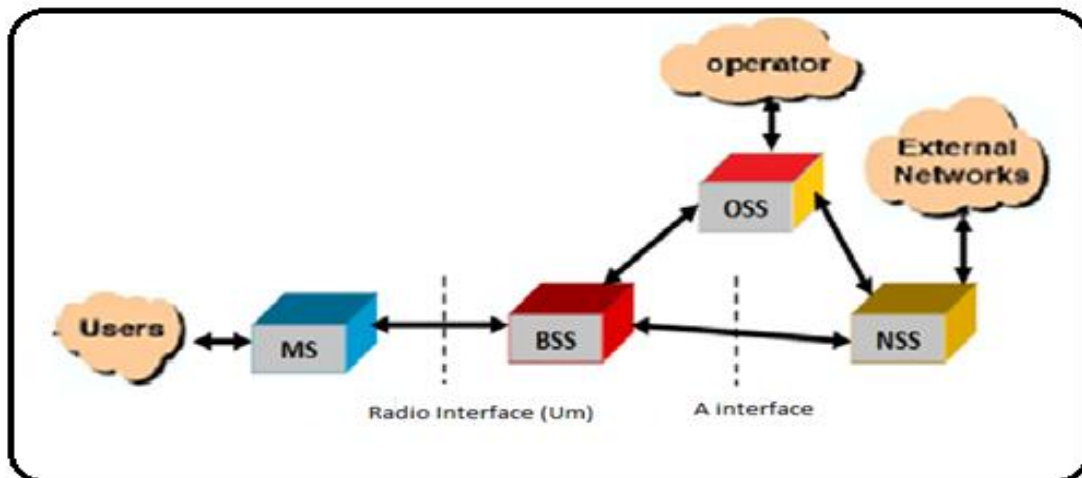
Comprend les stations de base et leurs contrôleurs. Il assure les transmissions radioélectriques et gère les ressources radio

✓ Sous-système réseau fixe (**NSS**)

Comprend des commutateurs MSC (Mobile Switching Center) et des bases de données (VLR : Visitor Location Register, HLR : Home Location Register ...), qui contiennent les fonctions nécessaires à l'établissement des appels et à la mobilité.

✓ Sous système d'exploitation et de maintenance (**OSS**)

Ce sous-système est branché aux différents éléments du sous-système réseau de même qu'aux contrôleurs de station de base (BSC : Base Station Controller). Il permet à l'opérateur une exploitation, maintenance et administration centralisée du son réseau.



**Figure I.2 :** Sous systèmes du réseau GSM

## **I.4 Entités de base du réseau GSM**

### **I.4.1 La station mobile MS (Mobile Station)**

- § Equipement terminal muni d'une carte SIM (Subscriber Identity Mobile)
- § Identité de chaque MS : numéro IMEI (International Mobile Equipment Identité)

### **I.4.2 La BTS (Base station Transceiver System)**

La station de base (BTS) contient tous les émetteurs reliés à la cellule et dont la fonction est de recevoir et émettre des informations sur le canal radio en proposant une interface physique entre le Mobile Station et le BSC. La BTS réalise une série de fonctions décrites ci-après :

- § Ensemble d'émetteurs-récepteurs (TRX)
- § À la charge de la transmission radio (modulation, démodulation, égalisation, codage correcteur d'erreur)
- § Gère toute la couche physique : multiplexage TDMA (Time Division Multiple Accès), chiffrement, saut de fréquence...
- § Réalise l'ensemble des mesures radio nécessaires pour vérifier qu'une communication se déroule normalement

- § Gère la couche liaison de données pour l'échange de signalisation entre les mobiles et l'infrastructure

### **I.4.3 BSC (Base Station Controller)**

Le contrôleur de station de base (BSC) gère les ressources radio pour une ou plusieurs BTS, à travers le monitoring de la connexion entre la BTS et les MSCs (Mobile Switching Center). Il permet plus précisément de :

- § Gérer la ressource radio (organe intelligent de la BSS)
- § commander l'allocation des canaux
- § utiliser les mesures effectuées par la BTS pour contrôler les puissances d'émission du mobile et/ou de la BTS
- prendre la décision de l'exécution d'un handover

### **I.4.4 OMC-R (Operating and Maintenance Center-Radio)**

Le système d'exploitation et de maintenance OMC se connecte aux MSC et BSC à travers le réseau X25, et il possède les fonctions suivantes :

- L'accès à distance à tous les éléments qui composent le réseau GSM (BSS, MSC, VLR, HLR...)
- La gestion des alertes et de l'état du système avec la possibilité d'effectuer différentes sortes de test permettant l'analyse des prestations et la surveillance de la qualité de fonctionnement de ce dernier
- Le stockage de toutes les données relatives au trafic des abonnés, nécessaires à la facturation
- La supervision du flux du trafic dans les centrales et l'introduction de changements éventuels dans le même flux
- La visualisation de la configuration du réseau avec la possibilité d'effectuer des changements à partir d'endroits éloignés
- La gestion des abonnés et la possibilité de localiser leur position à l'intérieur de l'aire de couverture.

### **I.4.5 Sous-système réseau (NSS, Network Subsystem)**

Le sous-système réseau, appelé Network Switching Center (NSS), joue un rôle essentiel dans un réseau mobile . Alors que le sous-réseau radio , les éléments du NSS permanent en charge toutes les fonctions de contrôle et d'analyse d'informations contenues dans des bases de données nécessaires à l'établissement de connections utilisant une ou plusieurs des fonctions suivantes : (chiffrement, authentification).

Le NSS est constitué de :

- ü Mobile Switching Center(MSC).
- ü Home Location Register(HLR)/Authentication Center(AuC).
- ü Visitor Location Register(VLR).
- ü Equipment Identity Register(EIR).

#### ***I.4.5.1 Mobile Switching Center (MSC)***

Un MSC est un commutateur qui réalise les fonctions de connexion et de signalisation pour les mobiles localisés dans une zone géographique appelée zone de localisation du MSC. La différence principale entre un MSC et un commutateur d'un réseau fixe est qu'un MSC doit prendre en compte l'impact de l'allocation des ressources radio aux mobiles et la mobilité des mobiles. Il doit posséder des ressources suffisantes pour réaliser au moins les procédures suivantes :

- ü Procédures pour l'enregistrement des localisations.
- ü Procédures requises pour les handovers

Un MSC constitue l'interface entre le système radio et les réseaux fixes. Il réalise toutes les fonctions nécessaires à la mise en oeuvre des appels vers les mobiles. Dans la pratique, un MSC intègre les fonctionnalités d'un VLR.

#### ***I.4.5.2 Gateway MSC (GMSC)***

Si le Réseau Téléphonique Commuté (RTC) doit router un appel vers un abonné mobile, l'appel est routé vers un MSC. Ce MSC interroge le HLR concerné, puis route l'appel vers le MSC sous lequel le mobile est localisé (il peut s'agir du même MSC). Un MSC qui

reçoit un appel d'un autre réseau et qui assure le routage de cet appel vers la position de localisation d'un mobile est appelé Gateway MSC (GMSC)

### ***1.4.5.3 Home Location Register (HLR)***

Le HLR contient les informations relatives aux abonnés du réseau. Un réseau peut posséder plusieurs bases pour mettre en oeuvre le HLR en fonction des capacités de ces bases de données. 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. A ces informations statiques se rajoutent des informations dynamiques telles que la dernière localisation connue du mobile (localisation permettant la taxation et le routage des appels vers le MSC sous lequel le mobile est localisé) et son état. Le HLR contient par ailleurs la clé secrète de l'abonné qui permet au service d'authentifier l'abonné. Cette clé est inscrite sous un format codé que seul l'AUC (Authentication Center) peut décrypter.

### ***1.4.5.4 Visitor Location Register (VLR)***

Le VLR est une base de données généralement associée à un commutateur MSC. Il est aussi possible de considérer un VLR partagé par plusieurs MSCs. Sa mission est d'enregistrer des informations dynamiques relatives aux abonnés actuellement connectés. Le réseau doit connaître à chaque instant la localisation des abonnés pour les abonnés présents. Dans le VLR, chaque abonné est décrit en particulier par un identifiant et une localisation. Grâce à ces informations, le réseau est apte à acheminer un appel vers un abonné mobile. A chaque changement de zone de localisation d'un abonné, le VLR du MSC auquel est rattaché le mobile doit être mis à jour ainsi que l'enregistrement de cet abonné dans le HLR. Lorsqu'un appel doit être délivré, c'est le HLR qui est le premier interrogé afin de connaître la dernière localisation connue de l'abonné.

### ***1.4.5.5 Le centre d'authentification (AUC)***

Lorsqu'un abonné passe une communication, l'opérateur doit pouvoir s'assurer qu'il ne s'agit pas d'un usurpateur. Le centre d'authentification remplit cette fonction de protection des communications. Pour ce faire, la norme GSM prévoit deux mécanismes :

1/Le chiffrement des transmissions radio. Il s'agit d'un chiffrement faible, qui ne résiste pas longtemps à la crypto-analyse.

2/L'authentications des utilisateurs du réseau au moyen d'une clé Ki qui est à la fois présente dans la station mobile et dans le centre d'authentification.

Grâce à ce mécanisme d'authentification, un VLR peut accueillir un mobile appartenant à un autre réseau (moyennant un accord préalable entre opérateurs de réseau) sans qu'il ne soit nécessaire de divulguer la clé de chiffrement du mobile.

On peut dès lors distinguer trois niveaux de protection :

- a) La carte SIM qui empêche un utilisateur non enregistré d'avoir accès au réseau.
- b) Le codage des communications destiné à empêcher l'écoute de celle-ci.
- c) La protection de l'identité de l'abonné.

### ***1.4.5.6 L'enregistreur des identités des équipements(EIR)***

Malgré les mécanismes introduits pour sécuriser l'accès au réseau et le contenu des communications, le téléphone mobile doit potentiellement pouvoir accueillir n'importe quelle carte SIM de n'importe quel réseau. Il est donc imaginable qu'un terminal puisse être utilisé par un voleur sans qu'il ne puisse être repéré.

Pour combattre ce risque, chaque terminal reçoit un identifiant unique (International Mobile Station Equipment Identity, IMEI) qui ne peut pas être modifié sans altérer le terminal. En fonction de données au sujet d'un terminal, un opérateur peut décider de refuser l'accès au réseau.

## **I.5. Interfaces du réseau GSM**

Les différents éléments du réseau GSM assurent des fonctions complémentaires et chacun obéit à des normes spécifiques. En effet chaque lien entre deux équipements adjacent forme une interface. Les interfaces sont des composantes importantes du réseau GSM car elles assurent le dialogue entre les équipements et permettent leur inter fonctionnements.

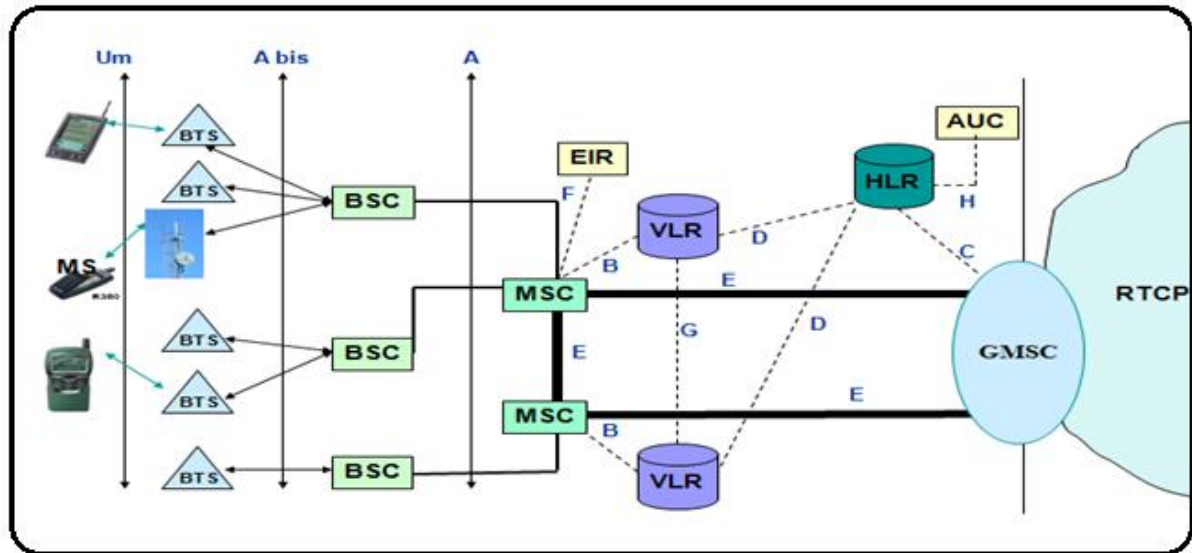


Figure I.3 : Interfaces GSM

## I.6 Interface Radio du réseau GSM

La transmission Radio est assurée par l'interface Radio (Um), partie la plus complexe et sophistiquée dans le système :

- méthode d'accès multiple (TDMA avec saut de fréquence)
- largeur des canaux fréquentiels
- nombre d'utilisateurs par porteuse
- éléments de la chaîne de transmission (modulation, codage ...)

Le GSM utilise deux bandes de fréquences, l'une pour la voie montante (UP : Uplink), l'autre pour la voie descendante (DL : Downlink) plus un TS (Time slot) de signalisation, la puissance du signal est modulée selon la distance entre l'antenne et le GSM considéré, ce qui permet de déterminer dans la pratique la distance entre un utilisateur et l'antenne. La bande 890-915 MHz est utilisée pour la voie montante, tandis que la bande 935-960 MHz est utilisée pour la voie descendante. Chacune de ces bandes comprend 125 porteuses (canaux) de 200 kHz chacune. La modulation utilisée sur ces porteuses est la GMSK (Gaussien Modulation Shift Key), qui permet d'éviter les chevauchements des porteuses. Chaque porteuse comporte huit Time Slots (TS). Ils durent environ 577  $\mu$ s. Les canaux physiques sont ces slots. Chaque

porteuse a un débit brut de 271 kbit/s, tandis que les canaux physiques ont un débit brut de 33,8 kbit/s. Le débit utile est quant à lui de 24,7 kbit/s.

### **I.6.1 Transmission dans le GSM**

La bande allouée au système GSM est séparée en deux sous bandes d'égales importances (voir Tableau) :

Paramètres	valeurs
Bande de fréquence	890-915MHz 935-960MHz
Largeur de canal	200KHZ
Nombre de slots par trame TDMA	8
Ecart duplex	45 MHz
Type de modulation	GMSK
Rapidité de modulation	271Kbit/s
Accès multiple	TDMA/FDMA-FDD
Rayon des cellules	0 à 30 Km
Puissance des terminaux	2 à 8W
Débit de voix	9,6 Kbit/s

**Tableau I.1** : Caractéristiques de l'interface radio

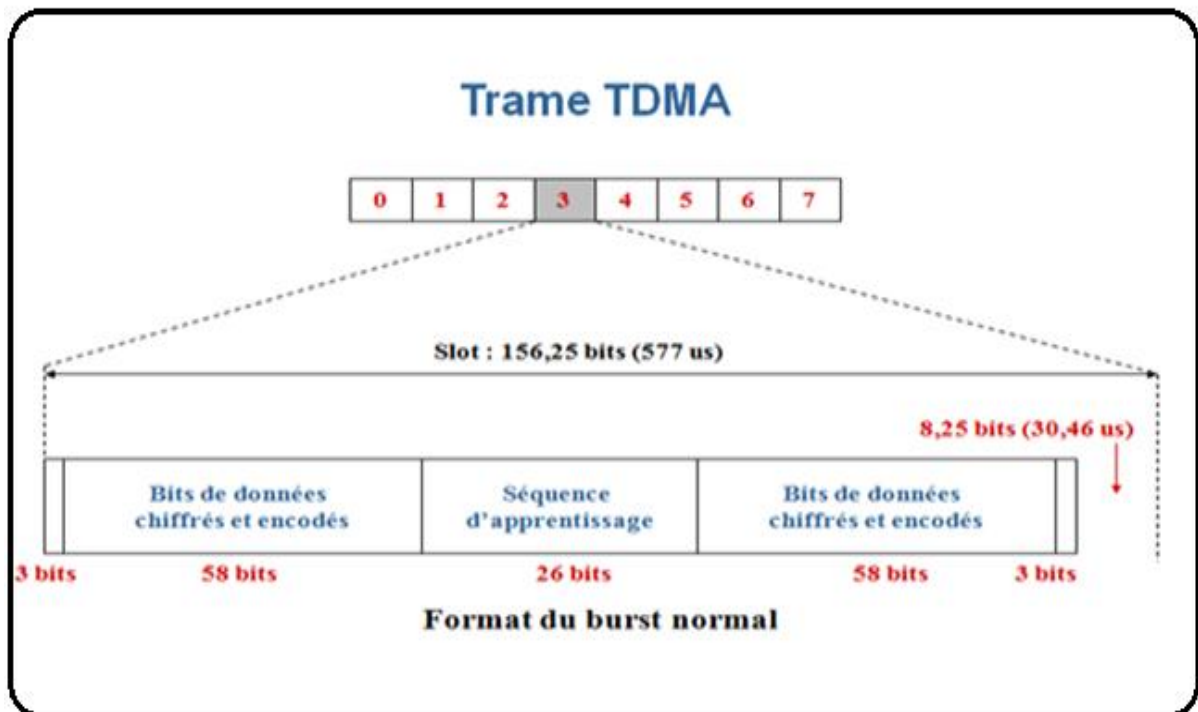
L'interface radio du GSM met en œuvre les deux techniques d'accès multiples TDMA et FDMA pour partager la bande de fréquence allouée aux canaux physiques élémentaires susceptible d'écouler les différentes communications. La technique FDMA divise les deux plages de fréquences (en lien montant et lien descendant) en 124 canaux de 200 KHz chacun, pour offrir 124 voies de communication duplex en parallèle.

La technique TDMA reprend cette division en fréquence mais chaque fréquence est divisée dans le temps en huit intervalles différents appelés slots. Lors de l'établissement d'une communication, une fréquence est allouée à l'utilisateur selon le FDMA, de même qu'une slot selon le TDMA. On peut donc avoir 8 communications simultanément sur une même fréquence (dans le cas théorique).

## I.6.2 Structure temporelle du système GSM

Les slots ou "Time slot" sont groupés par huit afin de définir l'élément essentiel du système GSM qui est la trame TDMA, sa durée est de  $8 \times 0,5769 = 4,6152$  ms. Chaque utilisateur utilise un slot par trame TDMA, ces slots sont numérotés avec un indice TN (Time slot Number) allant de 0 à 7 (voir **Figure I.5**).

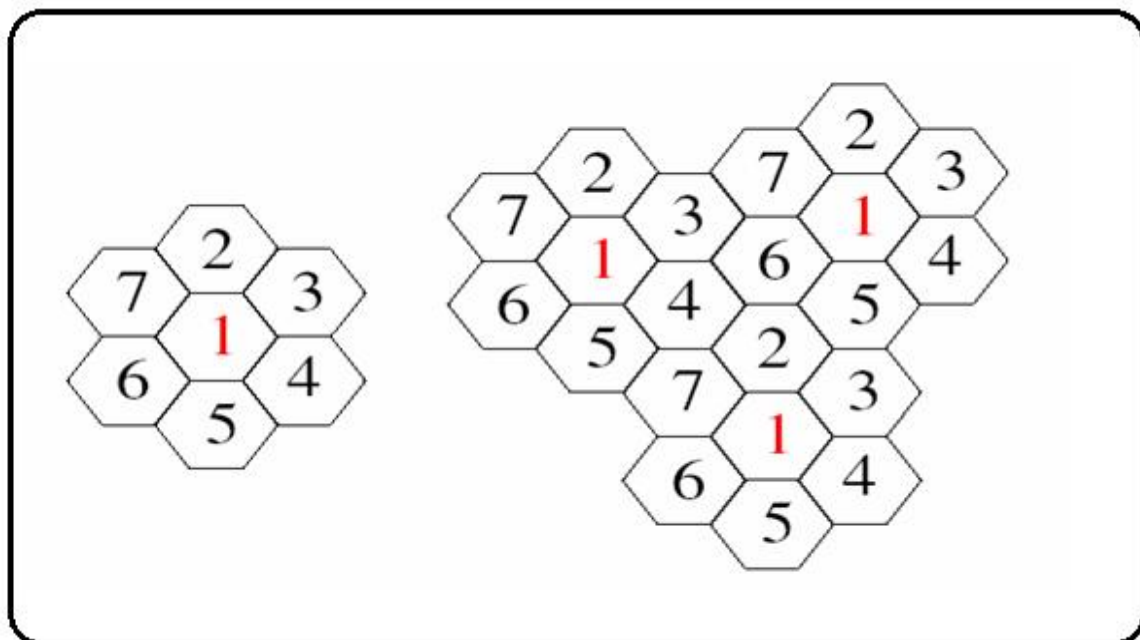
Le système GSM est constitué principalement de canaux logiques, ces canaux sont la résultante d'une répétition périodique de slots dans la trame TDMA, on l'appelle la multi-trame. Tous les canaux logiques n'ont pas les mêmes besoins, certains se contentent de faibles débits alors que d'autres sont beaucoup plus gourmands en ressource. Afin de gérer les débits et de définir une périodicité sur les canaux logiques, ils ont créé deux structures de Multi-trames. La Multi-trame 26 composée de 26 trames TDMA, d'une durée de 120 ms, et la Multi-trame 51, composée de 51 trames TDMA, d'une durée de 235,8 ms, pour gérer ces deux multi-trames, ils ont créé aussi la Super trame, sa structure rassemblant 26 Multi-trame 51 ou indifféremment 51 Multi-trame 26 et l'Hyper trame, qui est composée de 2048 super-trames.



**Figure I.4** : Structure de la trame GSM

## I.7 Le concept cellulaire

Le principe du système cellulaire est de diviser le territoire en de petites zones, appelées cellules, et de partager les fréquence radio entre celles-ci. Ainsi , chaque cellule est constituée d'une station de base (reliée au Réseau Téléphonique Commuté, RTC) à laquelle on associe un certain nombre de fréquences. Comme précédemment, ces fréquences ne peuvent pas être utilisées dans les cellules adjacentes afin d'éviter les interférences .Ainsi , on définit des motifs ,appelés motifs ou clusters , constitués de plusieurs cellules, dans lesquels chaque fréquence est utilisée une seule fois.



**Figure I.5** cellules GSM

Une cellule se caractérise :

- ü Par sa puissance d'émission, ce qui se traduit par une zone de couvertures à l'intérieure de laquelle le niveau du champ électrique est supérieure à un seuil déterminé.
- ü Par la fréquence de porteuse utilisée pour l'émission radio-électrique.
- ü Par le réseau auquel elle est interconnectée.

Il faut noter que la taille des cellules n'est pas la même sur tous le territoire. En effet , celle-ci dépend :

- Ü Du nombre d'utilisateurs potentiels dans la zone.
- Ü De la configuration du terrain (plateau, montagnes,..).
- Ü De la nature des constructions (maisons, pavillons, immeubles en bétons,...).
- Ü De la localisation(rurale, suburbain ou urbaine).

L'augmentation du nombre d'abonnés combinée à la grande diversité des services et des environnements couverts (notamment en environnement urbain) fait qu'il devient difficile de fournir un accès universel à partir d'un seul type de réseau. Il s'agit par exemple de fournir des densités très élevées à des usagers faiblement mobiles dans un environnement indoor, des densités moyennes à des piétons et densités faibles à des usagers rapides (véhicules) en environnement extérieur. Un même réseau ne peut assurer de façon optimale l'accès à ces trois principaux groupes d'usagers aux caractéristiques très différents. Pour réaliser une couverture adaptée à chaque population et à chaque environnement, le concept de cellule superposée a été introduit. Trois types de cellules sont définis:

- **les macro-cellules** : elles sont utilisées pour desservir les abonnés rapides et leur rayon est compris entre un et une trentaine de kilomètre. Elles permettent d'une part de colmater des trous de couverture entre les micro-cellules et d'autre part de secours pour des problèmes radio et d'accueil du trafic de débordement pour; les problèmes de capacité des micro-cellules. Les antennes utilisées pour ces types de cellules ont une taille supérieure à 30 mètres et une puissance de travail comprise entre 1 et 10 Watts.

- **les micro-cellules** : Elles sont couvertes par des stations de base à faible puissance situées dans des rues ou dans des espaces intérieurs à grand volume (aéroports, gares, centres commerciaux...). Elles desservent des abonnés piétons et des véhicules lents avec un rayon de couverture allant de 100 à quelques centaines de mètres. Les antennes de station de base sont généralement situées sous les toits et émettent souvent avec une puissance comprise entre 10 et 100 mWts. L'importance du nombre de masque et les difficultés de prévision de trafic surtout lorsque le rayon devient très petit constituent des inconvénients majeurs pour l'utilisation des micro-cellules. Pourtant dans les zones à fort trafic les opérateurs font recours à ces types de cellules pour renforcer le trafic.

- **les pico-cellules** : Elles sont utilisées pour couvrir l'intérieur des bâtiments (bureaux principalement). Leur couverture peut pour cela être tridimensionnelle puisqu'elles peuvent

couvrir plusieurs étages d'un même bâtiment. Les terminaux utilisent des faibles puissances (généralement inférieur à 10 mWatts ), avec un rayon de couverture variant de 10 à quelques dizaines de mètres. L'inconvénient principal a pour origine les variations très importantes du champ qui conduit à l'impossibilité de prédiction du trafic et de couverture.

### **I.8 Canaux logiques**

L'interface radio représente la partie délicate de la chaîne de transmission et le système doit faire face aux différents problèmes du lien mobile-réseau au niveau de la propagation (atténuation, évanouissements, interférences...), mais aussi au niveau de la gestion du réseau, il est nécessaire d'avoir des fonctions de contrôle pour que le mobile se rattache à la station de base (BTS) la plus favorable, pour établir et surveiller le déroulement d'une communication ou encore assurer le handover. L'utilisation de canaux logiques va permettre une utilisation efficace des ressources radio et une qualité de service satisfaisante.

On distingue deux sortes de canaux dans le système GSM, le canal physique (Burst) et le canal logique.

∅ Voici un tableau qui récapitule les différents types de canaux logiques :

<b>BCH</b> Broadcast Channel  voie balise (diffusion)		<b>FCCH</b> <i>Frequency Correction Channel</i>	Calage sur la porteuse	un <i>burst</i> particulier toutes les 50 ms sur le <i>slot</i> 0 de la voie balise.
		<b>SCH</b> <i>Synchronization Channel</i>	Synchronisation, identification de la BTS	Un <i>burst</i> sur le <i>slot</i> 0 de la voie balise, une trame après le burst FCCH
		<b>BCCH</b> <i>Broadcast Control Channel</i>	Informations système	4 <i>burst</i> "normaux" à chaque multiframe
<b>CCCH</b> Common Control Channel  (accès partagé)		<b>PCH</b> <i>Paging Cannel</i>	Appel des mobiles	sous-blocs entrelacés sur 4 <i>bursts</i> "normaux".
		<b>RACH</b> <i>Random Access Channel</i>	Accès aléatoire des mobiles	<i>Burst</i> court envoyé sur des <i>slots</i> particuliers en accès aléatoire
		<b>AGCH</b> <i>Access Grant Channel</i>	Allocation de ressources	8 blocs entrelacés sur 4 <i>bursts</i> "normaux"
		<b>CBCH</b> <i>Cell Broadcast Channel</i>	Messages courts diffusés (météo, trafic routier, etc.)	utilise certains <i>slots</i> de la trame à 51.C (utilisation marginale)
Canaux de Contrôle dédiés		<b>SDCCH</b> <i>Stand-Alone Dedicated Control Channel</i>	Signalisation	8 <i>SDCH</i> + 8 <i>SACCH</i> sur un canal physique
		<b>SACCH</b> <i>Slow Associated Control Channel</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• compensation du délai de propagation</li> <li>• contrôle de la puissance d'émission du mobile</li> <li>• contrôle de la qualité de liaison</li> <li>• mesures sur les autres stations.</li> </ul>	associé à <i>TCH</i> sur un canal physique ou à 8 <i>SDCH</i> sur un canal physique
		<b>FACCH</b> <i>Fast Associated Control Channel</i>	Exécution du <i>Handover</i>	vol du <i>TCH</i> lors de l'exécution du <i>handover</i> .
<b>TCH</b> Traffic Channel		<b>TCH/FS</b> <i>TCH/HS</i>	voix plein débit/ demi débit	occupe la majeure partie d'un canal physique
		<b>TCH/FS</b> <i>TCH/HS</i>	données utilisateur 9,6 kbit/s, 4,8 kbit/s, < 2,4 kbit/s	

Tableau I.2 Différents types de canaux logiques

## I.9 La gestion des ressources radio

La mobilité radio dans le réseau GSM a pour permettre à un abonné de changer de cellule tout en maintenant sa communication avec le réseau, elle est assurée par Le mécanisme de transfert inter/intra-cellulaire (handover).

### I.9.1 Définition de handover

Le handover est le processus par lequel une communication établie est maintenue alors que le mobile se déplace à travers le réseau cellulaire ce qui implique que la communication

puisse passer d'un canal physique à un autre canal physique avec le minimum d'interruptions (au moyenne < 10 ms).

Le handover est un transfert inter-cellulaire ; en cas de petites cellules les handover peuvent se multiplier et entraîner une charge grandissante pour le réseau .

Il existe aussi un type de handover intra-cellulaire imposé par la qualité de service de la communication. Il a objectif de maintenir une qualité de communication suffisante entre le mobile est le réseau à travers un changement de fréquence ou de cellule.

Les principaux fonctions du handover sont :

- Ü Permettre au usagers de se déplacer en cours d'appel.
- Ü Minimiser les interruptions (globales et par rapport au lien).
- Ü Optimiser l'utilisation des ressources radio.
- Ü Equilibrer la charge de trafic entre les cellules.
- Ü Baiser la consommation d'énergie des mobiles.

L'exécution du handover est liée directement à des contraintes temporelles comme :

- Ü La période des mesures, la durée du traitement et le temps d'exécution.
- Ü La période des mesures doit être inférieur à la durée de traversée d'une cellule, on remarque que pour des environnements pico et micro-cellulaire on a de fortes contrainte.
- Ü La durée de traitement des critères de décision d'exécution du handover et choix de la cellule cible doit être courte, on remarque que l'exécution du handover est trop tardive si la durée de traitement est longue.

L'exécution doit être très rapide afin de minimiser la probabilité de perte d'un lien et les dégradations de qualité dues au changement de lien.

La procédure de handover comprend les opérations suivantes :

- La suspension des opérations normales sauf pour la couche de gestion des ressources radio.
- La déconnexion du lien de signalisation et du TCH éventuel.
- La déconnexion et la désactivation des canaux alloués précédemment et leur libération.
- L'activation de nouveaux canaux et leur connexion si nécessaire.

- Le déclenchement de l'établissement d'une connexion de liaison de données sur les nouveaux canaux.

### **I.9.2 Evaluation des performances de la procédure du handover**

Pendant l'évaluation de la procédure du handover on peut identifier d'autres contraintes en plus des contraintes temporel comme :

- Le nombre de handover par distance parcourue.
- Le handover est déclenché loin de la frontière de la cellule.
- Le choix incorrecte de la cellule cible.
- La qualité de liaison n'est pas maintenue pendant la phase de handover.

Et pour satisfaire ces contraintes, les valeurs des indicateurs suivants doivent être minimisées :

- Le nombre de tentative de handover.
- La probabilité d'échec de handover ou de coupure de la communication.
- La quantité des ressources consommées par la procédure de handover.

Dans un réseau cellulaire, la liaison radio entre un portable et une base n'est pas allouée définitivement pour toute la conversation. Le handover représente la commutation d'un appel en cours vers un autre canal ou une autre cellule. Il y a 4 types de handover, qui se distinguent suivant les composants qu'ils mettent en jeu. Ainsi les changements peuvent se faire entre :

- ü Canaux d'une même cellule
- ü Cellules (=BTS) sont sous le contrôle d'un même BSC
- ü Cellules sous le contrôle de différents BSC, mais qui appartiennent au même MSC
- ü Cellules sous le contrôle de différents MSC

### **Conclusion**

Comme le réseau GSM ne convenait guère pour la transmission de données, les évolutions récentes ont visé à accroître la capacité des réseaux en termes de débit mais à élargir les fonctionnalités en permettant par exemple l'établissement de communications ne nécessitant pas l'établissement préalable d'un circuit. Pour dépasser la borne des 14,4 kb/s, débit nominal d'un canal téléphonique basculé en mode de transmission de données, l'ETSI (European

Telecommunication Standard Institute) déni un nouveau service de données en mode paquet : le General Packet Radio Service (GPRS) qui permet l'envoi de données à un débit de 115 kb/s par mise en commun de plusieurs canaux.

Le passage de la deuxième génération GSM, à la troisième génération UMTS, ne se fera pas en une seule fois, à partir du GSM d'origine. Avant de laisser définitivement la place à un système résolument nouveau, le GSM aura connu quelques évolutions majeures. La plus significative des ces évolutions est sans doute l'introduction de services en mode paquet. La transmission en mode paquet sur la voie radio GPRS est la réponse du GSM au défi de la transmission de données à haut débit, permettant un accès acceptable à Internet.

L'implantation du GPRS, après son extension EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution) a un tel impact sur l'ensemble de l'architecture de réseau GSM, aussi bien le sous-système de commutation que le sous-système radio. Implanter le **GPRS** dans le réseau GSM, c'est déjà faire un pas vers l'UMTS.

Lors de la migration de notre réseau GSM vers UMTS le passage par le GPRS (2,5G) et l'EDGE (2,75G) est obligatoires, ces deux normes ne sont pas traitées car elles sont déjà implantées dans le réseau GSM existant...

Après présenter le standard GSM, il devient nécessaire d'étudier de plus près la partie radio du standard UMTS afin de bien pouvoir répondre aux exigences de notre projet.

### *Chapitre II : étude les ondes radio fréquence dans l'UMTS*

#### **Préambule**

Pour aller plus loin et proposer des services dépassant le cadre de la consultation WAP ou de la réception d'emails et se rapprocher de ceux utilisés sur les ordinateurs, il a fallu changer d'architecture. Distincte des modes de transmission antérieurs, elle est qualifiée de 3G, ou réseau de troisième génération.

Les systèmes de radio-communications cellulaires de troisième génération ont été proposés afin d'obtenir un système universel, **UMTS** permettant de transmettre des données à un débit élevé dans le cadre de services multimédia et liés à l'internet vers un grand nombre d'utilisateurs. Par rapport aux systèmes de seconde génération (**GSM, GPRS**), ces évolutions se traduisent par un accroissement important de la complexité des applications à implanter. En particulier, l'utilisation des techniques d'accès multiple à répartition par code **WCDMA** nécessitant des capacités de calcul élevées.

L'objectif de l'UMTS est d'utiliser une bande de fréquences plus large, situées entre 1900 et 2200 MHz, afin de pouvoir acheminer davantage de données et d'obtenir un débit beaucoup plus important. Grâce à sa vitesse de transmission, l'UMTS présente de nombreux avantages aussi bien pour les transmissions vocales que pour le transfert de données.

#### **II.1 Présentation du Standard UMTS**

##### **II.1.1 Débit**

L'UMTS permet théoriquement des débits de transfert de 1,920 Mbit/s, mais fin 2004 les débits offerts par les opérateurs dépassent rarement 384 kbit/s. Le débit est différent suivant le lieu d'utilisation et la vitesse de déplacement de l'utilisateur :

- ü en zone rurale : 144 kbit/s pour une utilisation mobile (voiture, train, etc.)
- ü en zone urbaine : 384 kbit/s pour une utilisation piétonne
- ü dans un bâtiment : 2 000 kbit/s depuis un point fixe

### II.1.2 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).

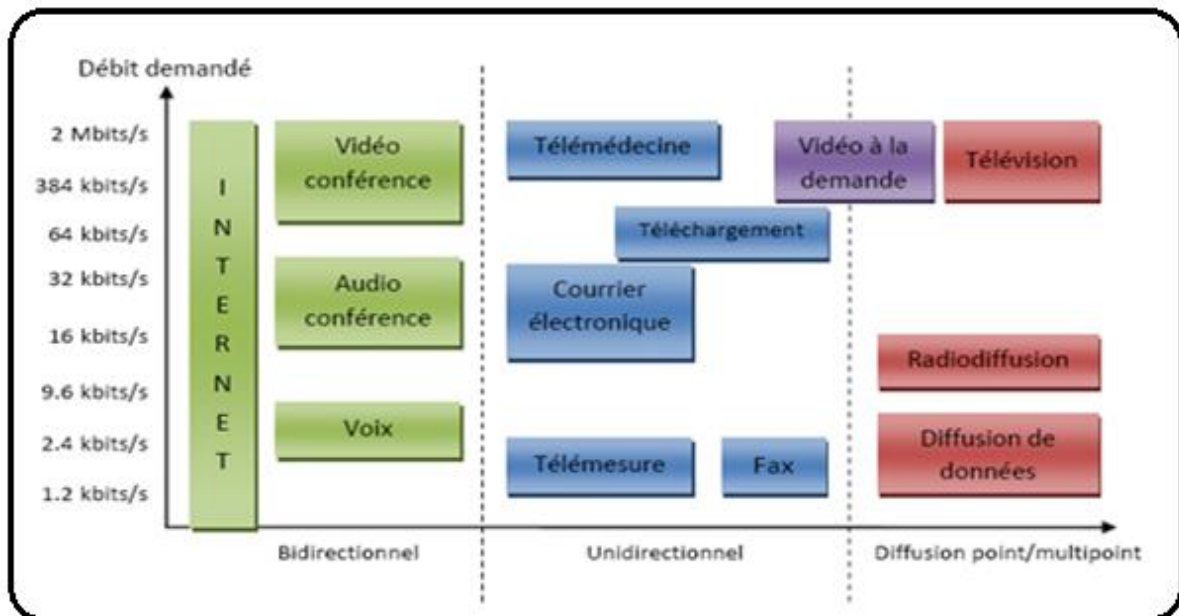


Figure II.1 Besoins en débit des services de l'UMTS

### II.1.3 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.

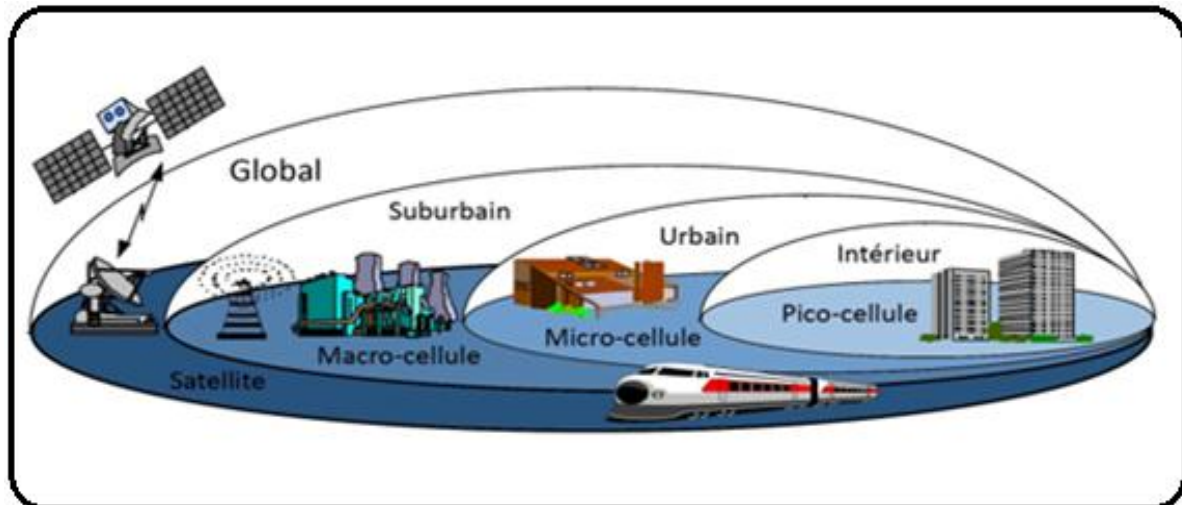


Figure II.2 : Couverture du réseau UMTS

- ü 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)
- ü 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.)
- ü 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.).

#### II.1.4 Classes de qualité de service

##### Classe A : mode conversation (*conversationnel*)

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. Par contre, la perception humaine tolère et corrige dans une certaine mesure les erreurs de transmission, qu'il s'agisse d'une parole déformée ou d'une image imparfaite.

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

##### 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 important sans que la qualité de service perçue par l'utilisateur en soit affectée.

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

### **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.

Par contre, s'agissant de fichiers informatiques, il est essentiel que l'information ne soit pas altérée par la qualité de la transmission.

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

### **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.

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

## **II.2 Motivations pour la mise en place de l'UMTS**

La définition d'une nouvelle génération de communications radio mobiles est motivée par les raisons suivantes :

- Ü Besoin des services haut débits
- Ü Meilleure efficacité spectrale
- Ü Besoin d'une norme universelle compatible à l'échelle mondiale
- Ü Répondre aux problèmes de croissance de saturation des réseaux 2G (GSM)

ü Support d'applications multimédias et hauts débits

### II.3 Spectre de fréquences

Les bandes de fréquences ont été définies en 1992 puis retouchées en 2000. Les bandes spectrales pour les composantes terrestres et par satellite des systèmes IMT-2000 (International Mobile Télécommunication) sont 806-960Mhz, 1710-2020Mhz, 2110-2300Mhz et 2500-2690Mhz.

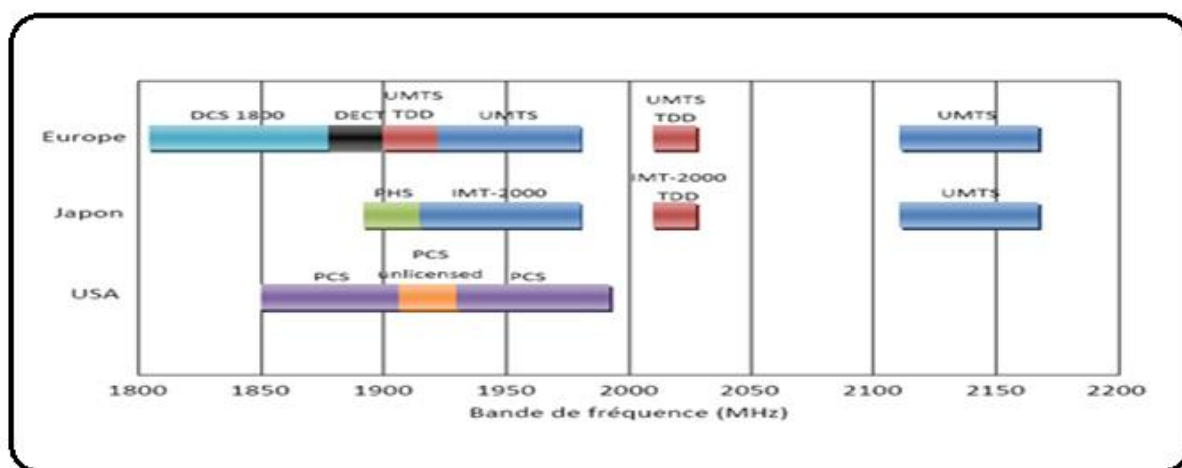


Figure II.3 Attribution du spectre fréquentiel pour la 3G

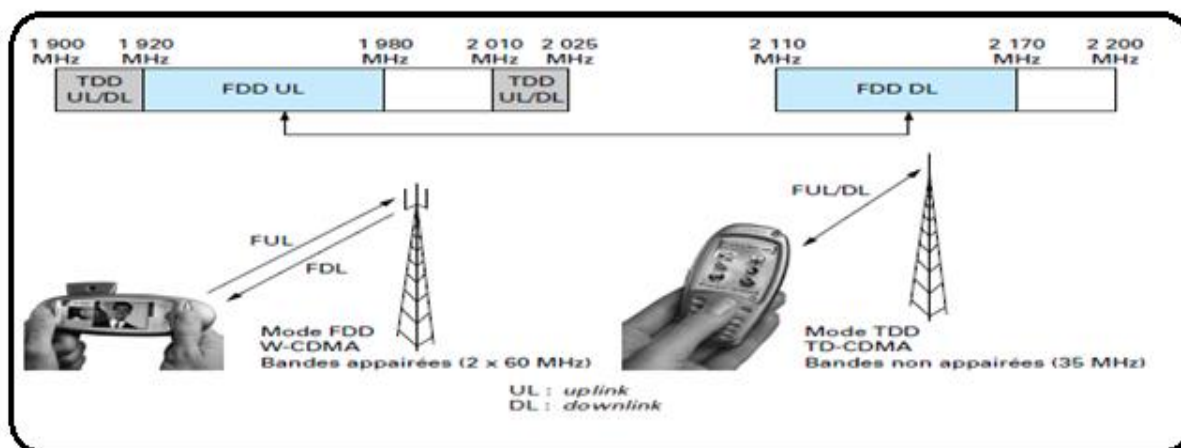
### II.4 Bande de fréquences utilisées en UMTS

L'UMTS utilise des technologies différentes de celles du GSM, ce qui a une incidence directe sur le RAN UMTS. Les principales différences sont :

- ü une nouvelle technique d'accès multiple : l'accès multiple à répartition des codes à bande élargie (AMRC à bande élargie ou W-CDMA) ;
- ü un environnement de trafic multiservice ;
- ü l'utilisation du mode de transfert asynchrone (ATM) comme protocole de transport dans le RAN (R'99 des normes UMTS).

L'un des aspects essentiels des réseaux cellulaires est la technique d'accès multiple adoptée pour l'interface radio entre l'équipement d'utilisateur et le Node B. La technique choisie doit diviser d'une manière optimale le spectre radioélectrique disponible (MHz) en un certain nombre de canaux, ces canaux sont alloués aux nombreux usagers (abonnés) accédant au

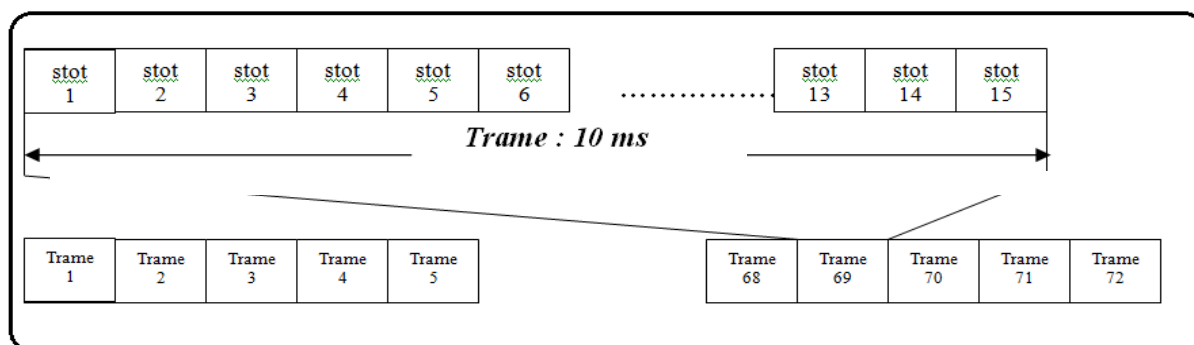
réseau. Le W-CDMA a été choisi en raison des contraintes propres à l'interface radio UMTS : débits variables, qualité de service



**Figure II.4** Bande de fréquence pour l'interface radio UMTS

### II.5 Organisation temporelle

L'organisation temporelle de l'UMTS est basée sur une super trame de 720 ms, comportant elle-même 72 trames.



**Figure II.5** Structure de trame de l'UMTS

### II.6 L'étalement de spectre

L'étalement de spectre se fait en deux étapes. La première, dite de channelization ou de spreading, transforme chaque symbole de données en un certain nombre de chips. La seconde, dite de scrambling, s'applique aux chips.

Ces deux étapes sont nécessaires :

- ∅ Pour séparer les différentes *applications* issues d'*une même source*, utilisation des séquences de Hadamard.
- ∅ Pour séparer différentes *stations de bases* :
- § En mode FDD : utilisation des séquences de Gold, de période 10 ms, à 3,84Mchips/s ;
- § En mode TDD : utilisation de codes de longueur 16 ;
- ∅ Pour séparer différents *mobiles* :
- § En mode FDD : utilisation de séquences de Gold longues, de période 10 ms ou de séquences courtes, de période 256 chips.
- § En mode TDD : utilisation de codes de période de 16 chips et de midambules de différente longueur suivant l'environnement.

## II.7 Réseau UMTS

### II.7.1 Architecture du Réseau UMTS

Le réseau UMTS est composé d'un réseau d'accès UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) et d'un réseau cœur. Et la figure suivante présente l'architecture principale du réseau UMTS.

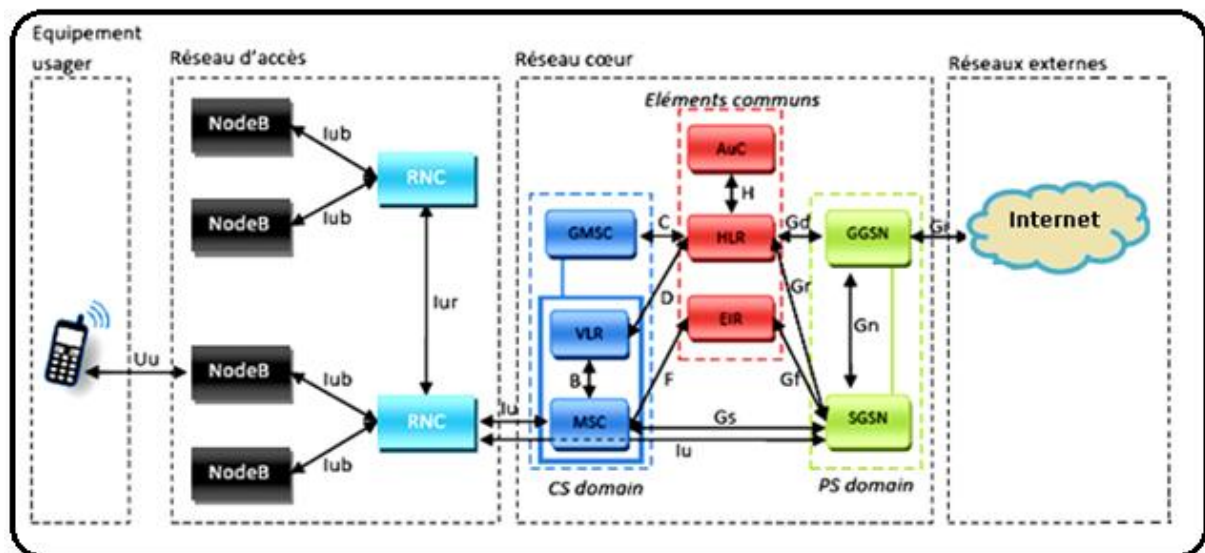


Figure II.6 Architecture du réseau UMTS

### II.7.2 Réseau d'accès UTRAN

Le réseau d'accès UTRAN est doté de plusieurs fonctionnalités. Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur. Il est 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 : 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 : Il est aussi en charge du maintien de la base temps de référence des mobiles pour transmettre et recevoir des informations.

Le réseau d'accès **UTRAN** est composé de plusieurs éléments : une ou plusieurs stations de base (appelées **NodeB**), des contrôleurs radio **RNC** (Radio Network Controller) et des interfaces de communication entre les différents éléments du réseau **UMTS**.

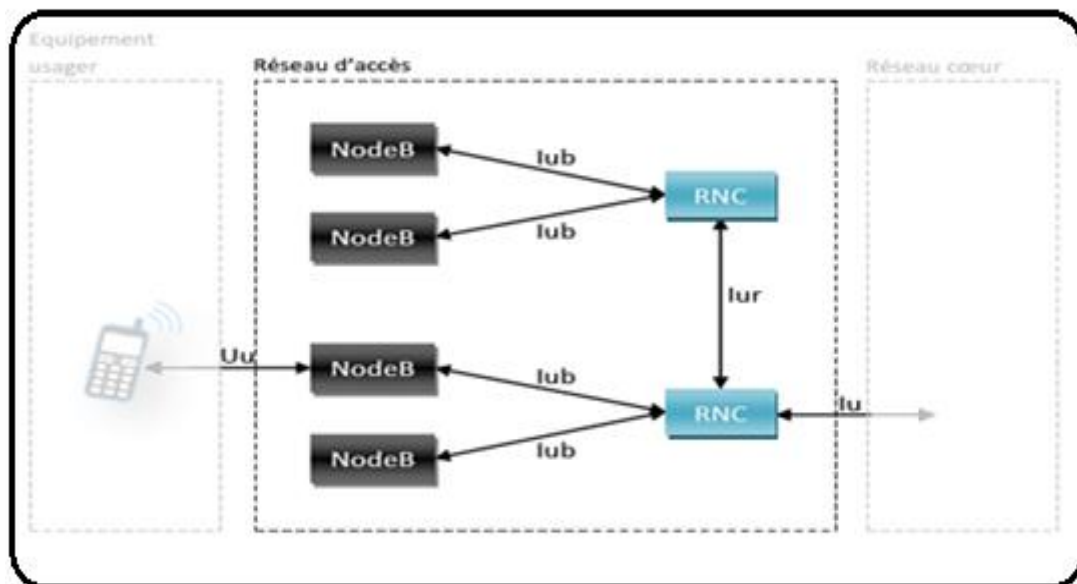


Figure II.7 Architecture du réseau d'accès

### Ü Le Mobile

Les technologies de l'informatique et des télécommunications se rapprochent par l'intégration de système d'exploitation et d'applications sur les terminaux UMTS. Les terminaux s'adapteront sur différents réseaux et devront être capables de fonctionner sur quatre environnements (zone rurale, urbaine ...).

Le terminal utilisera ainsi les réseaux GSM / GPRS / UMTS pour une couverture nationale tout en faisant appel aux réseaux de satellites pour une couverture mondiale si nécessaire. Le terminal sera équipé d'un navigateur, une évolution du browser WAP présent dans le système GSM actuel.

### Ü NodeB

Le rôle principal du NodeB est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules du réseau d'accès de l'UMTS avec un équipement usager. Le NodeB travaille au niveau de la couche physique du modèle OSI (codage et décodage).

### Ü Les interfaces de communications

Plusieurs types d'interfaces de communication coexistent au sein du réseau UMTS (on basant sur les interfaces de la partie radio) :

- **Uu** : Interface entre un équipement usager et le réseau d'accès UTRAN. Elle permet la communication avec l'UTRAN via la technologie CDMA.
- **Iu** : Interface entre le réseau d'accès UTRAN et le réseau cœur de l'UMTS. Elle permet au contrôleur radio RNC de communiquer avec le SGSN (Serving GPRS Support Node).
- **Iur** : Interface qui permet à deux contrôleurs radio RNC (Radio Network Communication) de communiquer.
- **Iub** : Interface qui permet la communication entre un NodeB et un contrôleur radio RNC.

### ü RNC

Le rôle principal du RNC est de router les communications entre le NodeB et le réseau cœur de l'UMTS. Il travaille au niveau des couches 2 et 3 du modèle OSI (contrôle de puissance, allocation de codes). Le RNC constitue le point d'accès pour l'ensemble des services vis-à-vis du réseau cœur.

### II.7.3 Interface radio de l'UTRAN

L'interface radio de l'UTRAN est structurée en couches dont les protocoles se basent sur les trois premières couches du modèle OSI (respectivement la couche physique, la couche liaison de données et la couche réseau).

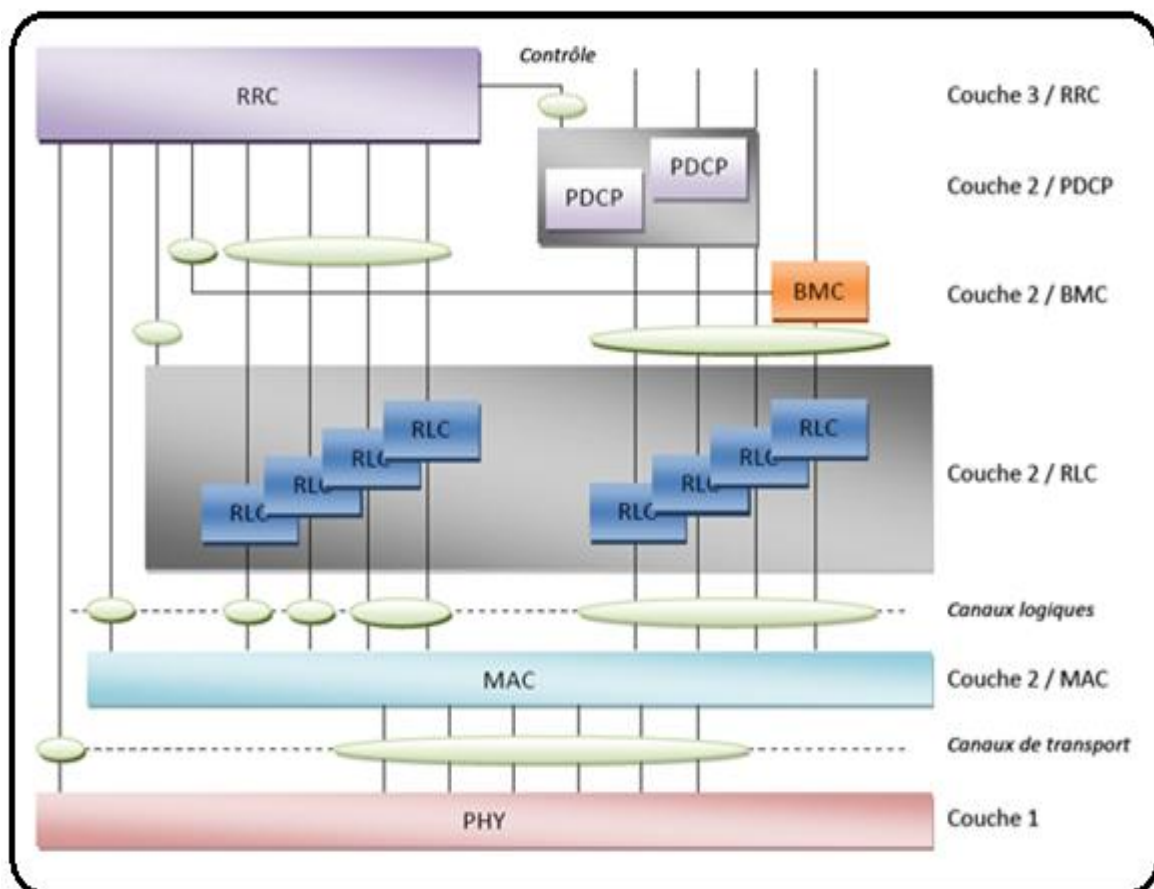


Figure II.8 Vue en couches de l'interface radio UTRAN

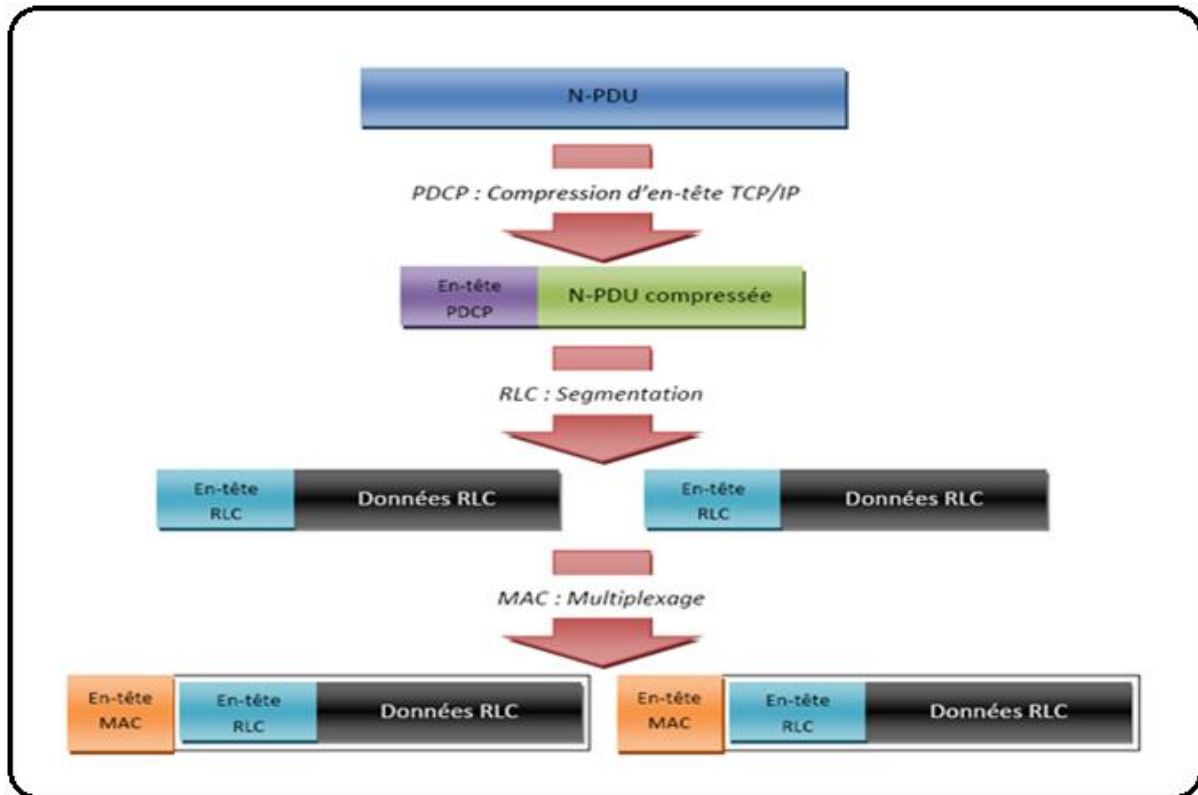
- ü **Couche1:** Cette couche PHY représente la couche physique de l'interface radio qui réalise les fonctions de codage, décodage, modulation et d'entrelacement via W-CDMA.
- ü **Couche2:** Cette couche est divisée en plusieurs sous couches
  - La sous-couche **MAC** (Medium Access Control) a pour rôle de multiplexer les données sur les canaux de transport radio.
  - La sous-couche **RLC** (Radio Link Control) permet la fiabilité du transport des données entre deux équipements du réseau.
  - La sous-couche **PDCP** (Packet Data Convergence Protocol) permet de compresser les données via des algorithmes de compression. Cela permet d'exploiter plus efficacement les ressources radio. PDCP compresse les en-têtes des paquets TCP/IP suivant les RFC 1144 et 2507. De plus, cette sous-couche PDCP a aussi pour rôle de rendre indépendant les protocoles radio du réseau d'accès UTRAN (sous-couches MAC et RLC) par rapport aux couches de transport réseau. Ce type d'architecture permettra l'évolution future des protocoles réseaux sans modifier les protocoles radio de l'UTRAN.
  - La sous-couche **BMC** (Broadcast/Multicast Control) est en charge d'assurer les fonctions de diffusion de messages sur l'interface radio.
- ü **Couche 3 :** Cette couche RRC (Radio Resource Control) gère la connexion de signalisation établie entre le réseau d'accès UTRAN et l'équipement usager, utilisée lors de l'établissement ou de la libération de la communication.

### II.7.4 Transport des données

Selon le type de données à transporter, la gestion du transport des données est différente. Commençons par détailler les trames relatives à la voix. La couche PDCP n'est pas utilisée dans ce type de transport. Les couches MAC et RLC sont employées en mode transparent, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de segmentation, ni de multiplexage. En revanche, le transport d'un paquet IP, le mécanisme est différent. Ce type de paquet N-PDU (Network PDU) provient du réseau cœur de l'UMTS à destination du réseau d'accès UTRAN. Tout d'abord, l'en-tête de la N-PDU est compressé par la couche PDCP. La couche RLC segmente la PDU ainsi

compressée. Un en-tête est alors rajouté à la RLC-PDU par la couche MAC lors du multiplexage.

Le schéma ci-dessous présente l'encapsulation des paquets qui arrivent au réseau cœur de l'UMTS :



**Figure II.9** Encapsulation des paquets TCP/IP à l'arrivée au réseau cœur

### II.7.5 Le réseau cœur

Le réseau cœur de l'UMTS est scindé en 2 domaines de service.

- le CS (*Circuit Switched*) domain,
- le PS (*Packet Switched*) domain.

Le domaine CS est utilisé pour la téléphonie tandis que le domaine PS permet la commutation de paquets (utilisé pour les données, Internet.... Ainsi les téléphones de 3<sup>o</sup> génération peuvent gérer simultanément une communication paquet et circuit. Cette notion de domaine permet de modéliser la notion de service dans le réseau cœur et donne la possibilité de créer ultérieurement d'autres domaines de service.

Les éléments du réseau cœur sont répartis en 3 groupes, comme l'illustre la figure ci-dessous. Le domaine CS comprend le MSC, le GMSC et le VLR. Le domaine PS comprend le SGSN et le GGSN. Le dernier groupe comprend les éléments communs aux domaines PS et CS, le HLR, l'EIR, et l'AuC.

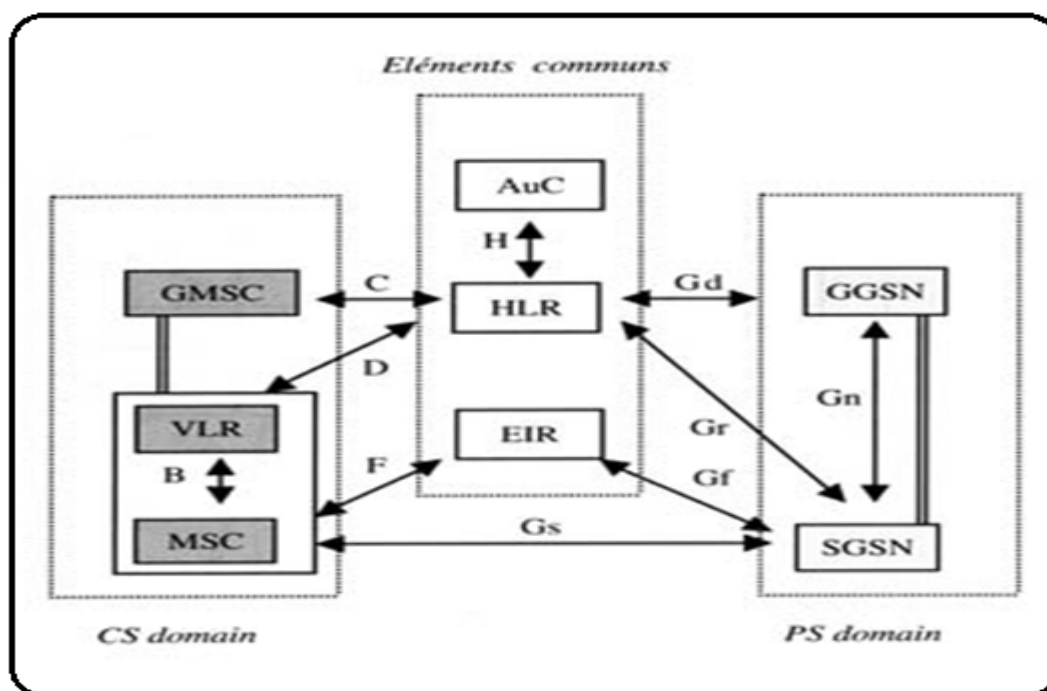


Figure II.10 Le réseau cœur de l'UMTS

### II.7.6 Les composants du réseau cœur

#### - Le groupe des éléments communs

ü **Le HLR** est la base de données contenant les informations relatives à l'abonné gérées par l'opérateur. Pour chaque abonné, le HLR mémorise les informations suivantes :

- ø les informations de souscription (abonnement, souscription à tel service, débit maximal autorisé, etc...)
- ø l'identité du mobile, ou IMSI (*International Mobile Station Identity*)
- ø Le numéro d'appel de l'abonné.

ü **Le AuC** est un élément permettant au réseau d'assurer certaines fonctions de sécurité, telles que l'authentification de l'abonné, le chiffrement de la communication. Ces 2

fonctions de sécurité sont activées au début de l'établissement de l'appel avec l'abonné. En cas d'échec d'une d'entre elles, l'appel est rejeté. L'AuC est couplé au HLR et contient pour chaque abonné une clé d'identification lui permettant d'assurer les fonctions d'authentification et de chiffrement.

ü **L'EIR** est un équipement **optionnel** destiné à lutter contre le vol des terminaux mobiles. L'EIR est en fait une base de données contenant la liste des mobiles interdits (*black list*). L'identification du mobile se fait grâce à son IMEI.

### a) Le domaine CS comprend :

ü **Le MSC** est un commutateur de données et de signalisation. Il est chargé de gérer l'établissement de la communication avec le mobile.

ü **Le GMSC** est un MSC un peu particulier servant de passerelle entre le réseau UMTS et le RTCP. Lorsqu'on cherche à joindre un mobile depuis un réseau extérieur à l'UMTS, l'appel passe par le GMSC, qui effectue une interrogation du HLR avant de router l'appel vers le MSC dont dépend l'abonné.

ü **Le VLR** est une base de données attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR est utilisé pour enregistrer les abonnés dans une zone géographique appelée LA (*Location Area*). Le VLR contient des données assez similaires à celles du HLR. Le VLR mémorise pour chaque abonné plusieurs informations telles que l'identité temporaire du mobile (pour limiter la fraude liée à l'interception et à l'utilisation frauduleuse de l'IMSI) ou la zone de localisation (LA) courante de l'abonné.

### b. Le domaine PS comprend

ü **Le SGSN** joue le même rôle que le VLR, c'est à dire la localisation de l'abonné mais cette fois sur une RA (*Routing Area*).

ü **Le GGSN** a une fonction identique au GMSC pour la partie paquet du réseau, en jouant le rôle de passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs (Internet public, un Internet privé, etc ...).

### II.7.7 Équipement d'abonné

Le terminal utilisateur est composé de deux éléments suivants :

- le terminal mobile ME est l'équipement électronique émetteur récepteur et interface homme-machine. Il peut prendre des formes variées (portatif de radiotéléphonie, terminal de transmission de données ou terminal multimédia, visiophone mobile, etc...).

- la carte USIM est une carte à puces aux fonctionnalités très voisines de celles de la carte SIM des réseaux GSM. Elle contient l'identité de l'abonné et certaines informations relatives à cet abonnement, les algorithmes d'authentification, les clés d'authentification et de cryptage.

### II.8 Méthode d'accès WCDMA

#### II.8.1 Principes du W-CDMA

L'interface radio de l'UMTS se base sur le W-CDMA. Cependant, le W-CDMA se base sur une technique plus ancienne qui est le CDMA. Afin de comprendre les concepts du W-CDMA, il est important de comprendre la technique du CDMA. Le **CDMA** 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.

Avantages du **WCDMA** :

- ü Efficacité spectrale
- ü Sécurité de la transmission
- ü Handover
- ü Gestion du plan de fréquences
- ü Concentration de trafic

#### II.8.2 Principe de l'étalement de spectre

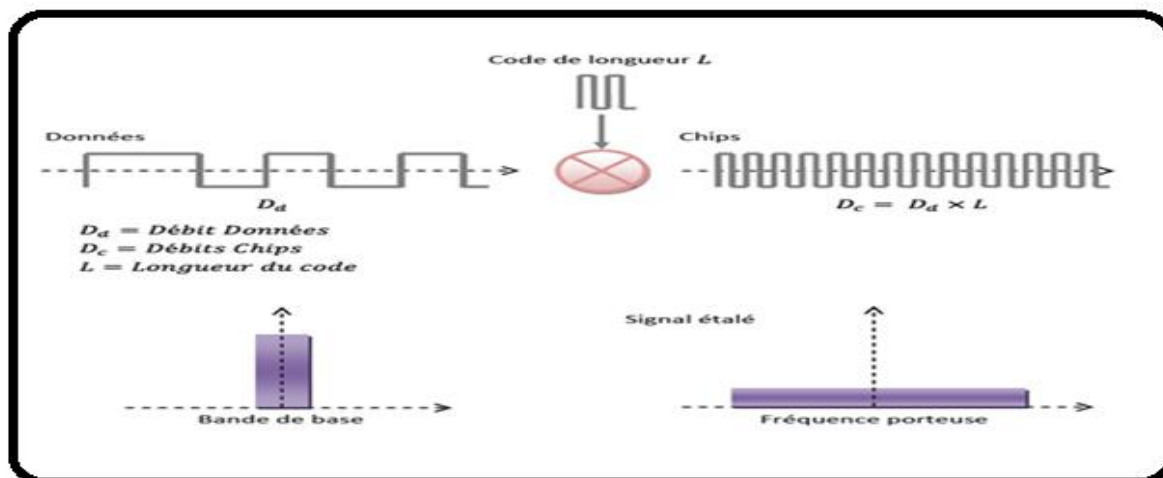
Le **W-CDMA** consiste à « étaler le spectre » au moyen d'un code alloué à chaque communication. Le récepteur utilise ce même code pour démoduler le signal qu'il reçoit et extraire l'information utile. Le code lui-même ne transporte aucune information.

Il existe deux manières d'étalement du spectre :

- ü **Séquence directe** : chaque bit d'information est remplacé par une série de bits, que nous appellerons code; cette série est extraite d'une séquence pseudo-aléatoire. Imaginons un débit  $R$  de 10 kbit/s nécessitant une bande passante de 10 kHz. En remplaçant chaque bit par son code (disons 10 bits par code), on multiplie le débit transmis par 10, ce qui donne 100 kbit/s. Le fait de transmettre 10 fois plus vite élargit donc le spectre transmis dans un rapport 10. Concrètement, on augmente le débit des transmissions, mais le débit d'information utile est inchangé après décodage.
- ü **Évasion ou Saut de fréquence** : on utilise  $N$  fréquences pour une communication. Le choix des fréquences se fait selon un modèle prédéfini à l'avance (afin de permettre au récepteur de récupérer la communication). On dit que le FH (Frequency Hopping) est lent si l'on change de fréquence après l'envoi de plusieurs symboles, ou rapide si l'on change de fréquences durant l'envoi d'un symbole.

Le W-CDMA réalise un étalement de spectre selon la méthode 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. La séquence du code (constituée de  $N$  éléments appelés "chips") est unique pour cet utilisateur, et constitue la clé de codage. Cette dernière 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  $T_b/N$  secondes. Le nouveau signal modulé a un débit  $N$  fois plus grand que le signal initialement envoyé par l'utilisateur et utilisera donc une bande de fréquences  $N$  fois plus étendue.

**Remarque** : La relation ci-dessus nous permet de dire que plus le facteur d'étalement SF (Spreading Facteur) n'est élevé, plus le débit Chip ne sera élevé. Cela implique que le débit de données du canal sera élevé. Les canaux à débits variables peuvent être libérés en fonction des besoins de l'utilisateur.



**Figure II.11** : Principe de l'étalement de spectre

Afin de pouvoir lire le message codé envoyé, le récepteur doit réaliser la même opération. En effet, ce dernier génère la même séquence d'étalement qu'il multiplie au signal reçu afin d'obtenir les données. Les données des autres utilisateurs (pas de multiplication avec la séquence d'étalement) restent étalées.

### Ü Codes d'étalement

Deux types de codes sont utilisés les codes de canalisation (Channelisation) et les codes d'embrouillage (Scrambling):

#### 1. Codes de canalisation

Chaque utilisateur possède un code, il est donc nécessaire de n'avoir aucune interférence entre ceux-ci. Pour cela, nous utilisons des codes orthogonaux dits codes OVFSF (Orthogonal Variable Spreading Factor Code) afin de modifier le facteur d'étalement et de conserver l'orthogonalité des différents codes d'étalement. Ces codes sont définis par un arbre OVFSF où chaque nœud possède 2 fils. Les codes des 2 fils sont issus du code de leur père commun, c'est-à-dire que leur code est composé par le code du père et de son complémentaire.

## 2. Codes d'embrouillage

Le Scrambling est une opération effectuée par l'émetteur permet de séparer les différents signaux d'un même terminal ou d'une même NodeB. Réalisée juste après l'étalement, elle ne modifie pas la bande passante ni le débit, elle se limite à séparer les différents signaux les uns des autres. Ainsi, l'étalement peut être effectué par plusieurs émetteurs avec le même code de canalisation sans compromette la détection des signaux par le récepteur. Le scrambling fait appel aux codes de Gold qui sont une combinaison linéaire de plusieurs m-séquences.

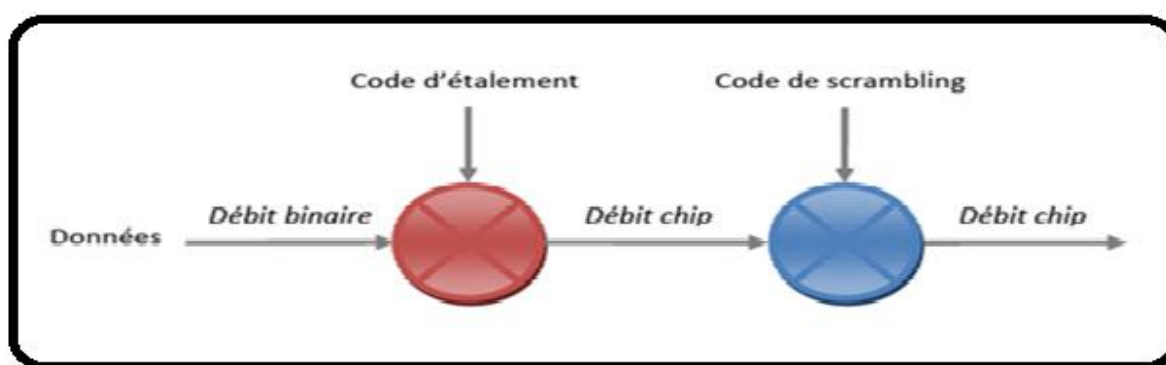


Figure II.12 : Mécanisme de Scrambling

Le tableau II.1 illustre l'utilité de ces deux codes pour chaque sens d'une communication :

Fonctionnalités	Codes de canalisation	Codes d'embrouillage
Utilisation	Uplink : Séparation des canaux donnés d'un même terminal. Downlink: Séparation des connexions des différents utilisateurs d'une même cellule.	Uplink : Séparation des terminaux. Downlink : Séparation des cellules.
Famille de codes	OVSF	Gold code

Tableau II.1 : Relation entre L'étalement et le Scrambling

### II.8.3 Méthodes de duplexage

Les deux modes de fonctionnement possibles, W-CDMA et TD-CDMA utilisent tous les deux un accès CDMA à 3,84 Mchips/s dans une canalisation fréquentielle de 5 MHz. L'intérêt d'une telle largeur de bande est qu'elle est compatible avec la fourniture de débits à 384 Kbits/s, comme requis dans les spécifications de l'IMT 2000, voire même 2 Mbits/s sous certaines conditions, la modulation utilisée est la QPSK.

On distingue deux modes de transmission, définis pour l'UMTS, le mode FDD et le mode TDD.

#### ü Mode FDD (Frequency Division Duplex)

Le mode FDD utilise deux bandes de fréquences indépendantes, l'une pour transmettre et l'autre pour recevoir simultanément. Ces deux bandes de fréquences doivent être séparées par un minimum de 190 MHz. Chaque porteuse lui est associée une bande de fréquence de 5 MHz dans les deux directions. La bande de 5 MHz de fréquence de chaque porteuse est partagée entre plusieurs utilisateurs qui sont séparés par des codes de canalisation qui offrent une signature unique à chacun d'eux.

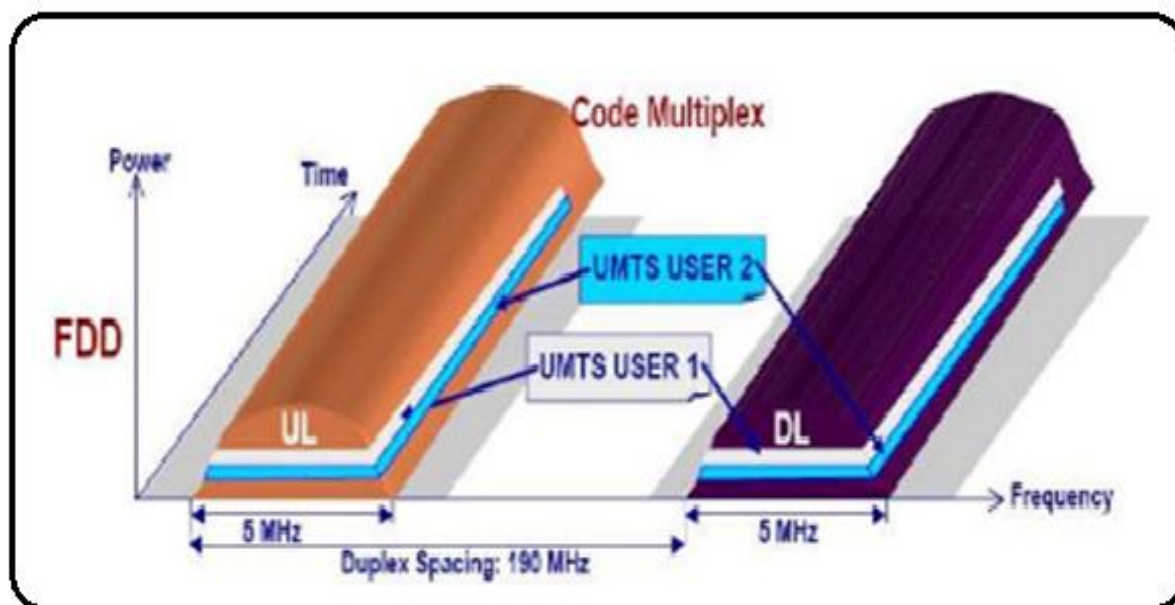
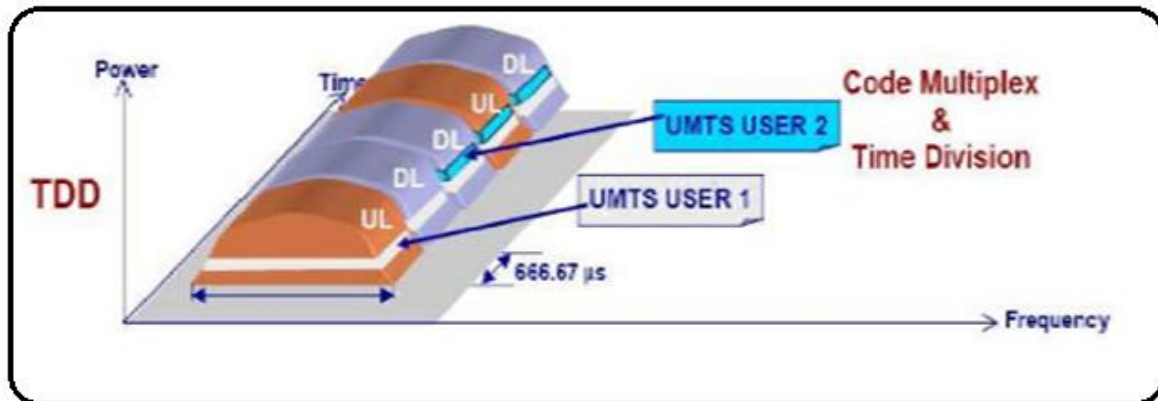


Figure II.13: Mode de duplexage FDD

### ü Mode TDD (Time Division Duplex)

Le mode TDD diffère du mode FDD par le fait que les transmissions UL et DL utilisent la même bande de fréquences de 5 Mhz offrant ainsi un service qui ne nécessite pas une paire de porteuse radio. Puisque UL et DL partagent la même fréquence, les liaisons doivent être séparées en utilisant un domaine temporel. Le TDD est plus convenable pour les services asymétriques.



**Figure II.14:** Mode de duplexage TDD

Le mode FDD est mieux adaptés pour les macros cellules et le mode TDD pour les applications de débit asymétrique (micros cellules).

## II.9 Handover

Le handover est par définition le transfert automatique intercellulaire. Il permet d'éviter les coupures de communication en bordure de cellule et réduit significativement l'interférence créée dans le réseau. L'UMTS réalise plusieurs types de handover (voir **Figure II.15**).

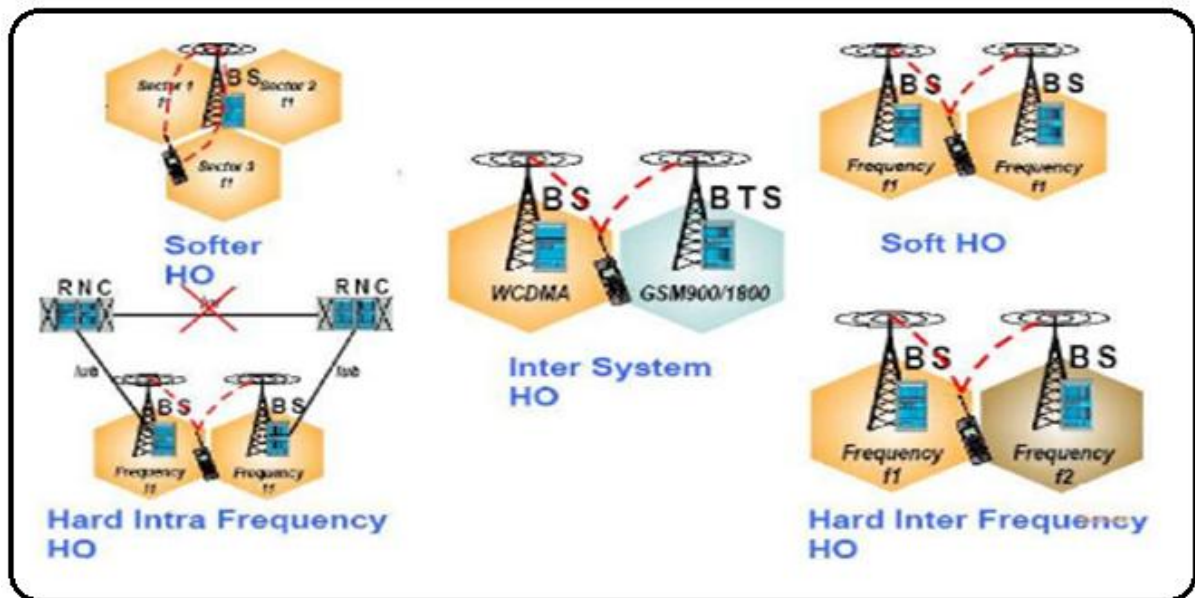


Figure II.15 : Types de handover en UMTS

Il existe quatre types de handover en UMTS :

#### ü Softer handover

Le softer handover se produit quand les Node B sont sectorisés. Ainsi, quand le terminal mobile se trouve dans une zone de couverture commune à deux secteurs adjacents d'un même Node B, les communications avec le Node B 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 par les deux secteurs du NodeB et routés vers le même récepteur de Rake. Les signaux sont ainsi combinés au niveau du NodeB. On compte généralement 5 à 10 % des terminaux mobiles d'une cellule qui sont en situation de softer handover.

#### ü Soft handover

Durant un soft handover, le terminal mobile se trouve dans la zone de couverture commune à deux Node B. Les communications entre le terminal mobile et les Node B utilisent simultanément deux canaux radio, un pour chaque Node B. 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 handovers différent car, dans le cas du soft handover, les signaux reçus par les Node B sont routés et combinés au niveau du RNC. Cela permet au RNC de sélectionner la meilleure trame reçue. Un usager mobile peut être en situation de soft handover avec deux, trois ou quatre Node B. Si l'usager quitte la zone de couverture commune pour se rapprocher d'un Node B, alors ce dernier le prend en charge. Ainsi, 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.

Ü **Le hard handover inter-fréquences** qui permet à un terminal mobile de passer d'un spectre de fréquence à un autre.

Ü **Le hard handover inter-systèmes** qui permet au terminal mobile de passer d'un système à un autre comme d'un mode FDD à un mode TDD ou pour passer à un système 2G comme le GSM (pendant la période de coexistence de deux systèmes 2G /3G).

### **II.10 Comparaison UMTS/GSM**

Le W-CDMA est doté de nombreux avantages par rapport aux technologies utilisées dans la seconde génération (2G) de télécommunications mobiles. La sécurité est nettement améliorée. En effet, le signal, perçu comme un bruit, est codé par une séquence connue uniquement par l'émetteur et le récepteur. La sensibilité aux interférences extérieures est réduite puisque les brouilleurs sont réduits lors du désétament. Plusieurs émetteurs peuvent partager la bande passante. Cela permet d'obtenir des débits supérieurs, en plus d'être variables. De plus, ce partage évite le multiplexage existant en 2G. Cette partie est consacrée pour la comparaison entre les deux systèmes mobiles **GSM/UMTS**, En introduisant :

- § comparaison des appellations d'entités qui constituent chaque système mobile
- § comparaisons techniques (modulation, codage, structure de trame, spectre de fréquence...)
- § Différence et interopérabilité entre les deux systèmes
- § Apport de l'UMTS par apport au GSM
- § Qualité de service

### II.10.1 Comparaison des appellations

Le tableau au dessous représente une comparaison d'appellation d'entités et interfaces qui constituent chaque système mobile GSM et UMTS dans la partie radio :

	GSM	UMTS
<b>Génération</b>	2G	3G
<b>Entités</b>	MS BTS BSC	Eu NodeB RNC
<b>Interfaces</b>	Um A-bis A	Uu Lub Lu

**Tableau II.2** : Comparaison des appellations

### II.10.2 Comparaisons techniques

Le tableau au dessous représente une comparaison technique entre les deux systèmes :

Paramètres de comparaison	GSM	UMTS
Débit	9.6 Kb/s	1,920 Mb/s
Bande de fréquence	890-915 (UL) 935-960 (DL)	1920-1980 UL 2110-2170DL
Largeur de canal	200KHZ	5 MHz
Ecart duplex	45 MHZ	190 MHZ
Type de modulation	GMSK	QPSK /BPSK
Accès multiples	TDMA/FDMA	W-CDMA
Nombre de slot par trame	8	15
Longueur de trame	4,6152 ms	10 ms (38400 chips)
Fréquence de contrôle d'énergie	2 Hz ou moins	1500 Hz
Facteur de réutilisation de fréquence	8	1
Contrôle de qualité	Planification de réseaux	Algorithme management de ressources radio
Sécurité	Faible, utilise des algorithmes de chiffrement <u>A5/1</u> - <u>A5/2</u>	Assurée par des algorithmes cryptographiques 3GPP-TR33.900, 2001

**Tableau II.3** : Comparaison techniques des systèmes GSM et UMTS

### II.10.3 Différence et Interopérabilité entre les deux systèmes

Pour comprendre l'origine de la seconde et de la troisième génération, nous avons besoin de regarder aux nouvelles exigences des systèmes 3G qui sont listées :

- ✘ Débit binaire variable pour offrir une bande passante sur demande.
- ✘ Intégration des services avec des exigences différentes de la qualité sur un seul support.
- ✘ Exigences de la qualité à partir de 10% le taux d'erreurs sur trame à  $10^{-6}$  le taux d'erreur binaire et débits binaires jusqu'à 2 Mbps.
- ✘ Coexistence des systèmes de la seconde et de la troisième génération et inter-système, Handover pour améliorer la couverture et la stabilité de la charge.
- ✘ Supporter un trafic asymétrique Uplink et Downlink.
- ✘ Haute efficacité du spectre et coexistence de deux modes le FDD et le TDD. Les différences dans l'interface radio reflètent les nouvelles exigences des systèmes de troisième génération. La diversité de transmission est incluse dans le W-CDMA pour améliorer la capacité sur la voie descendante et de supporter les exigences de la capacité asymétriques entre voie descendante et voie montante.

### II.10.4 Apport de l'UMTS par apport au GSM

- ü Rend possible un accès plus rapide à Internet depuis les téléphones portables, par un accroissement significatif des débits des réseaux de téléphonie mobile.
- ü Améliore la qualité des communications en tendant vers une qualité d'audition proche de celle de la téléphonie fixe.
- ü Permet de concevoir une norme compatible à l'échelle mondiale, contrairement aux technologies actuelles (les normes utilisées aux Etats-Unis et au Japon ne sont pas toutes compatibles avec le GSM)
- ü Répond au problème croissant de saturation des réseaux GSM, notamment en grandes villes.

### II.10.5 Qualité de service

La philosophie de définition des services de l'UMTS est différente de celle du GSM et de ses évolutions. Plutôt que de standardiser des services, l'UMTS a préféré définir des boîtes à outils permettant de construire des services. Le GSM n'offre pas la possibilité aux opérateurs de se différencier les uns des autres pour les services de télécommunications, la

distinction ne pouvant se faire que sur la couverture d'un territoire. L'UMTS, spécifie plusieurs outils permettant la création de services variés, spécifiques à un opérateur. Ces outils permettent la création d'un environnement personnalisé, ou VHE (Virtual Home Environment), que l'utilisateur peut retrouver, quelque soit l'endroit où il se trouve. Le réseau UMTS offre aux opérateurs qui créent ces services destinés aux utilisateurs la possibilité de les caractériser en classes de qualité de service. Pour cela, deux critères ont été retenus « la tolérance au délai et aux erreurs ».

L'UMTS a spécifié les moyens de définir plus finement les exigences de qualité de service. Pour respecter ces exigences, une signalisation spécifique a été définie. Son principe consiste à s'assurer de proche en proche, en impliquant toutes les entités du réseau, que la QoS demandée peut être assurée.

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

1. **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.
2. **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.
3. **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.
4. **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).

### Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une vue globale sur le réseau UMTS en s'intéressant particulièrement au réseau radio " UTRAN ". Nous avons aussi présenté la technique d'accès multiple WCDMA. En revanche, cette technique dépend de plusieurs contraintes (conditions radio, la charge, la mobilité...) et à la fin nous avons clôturé notre

## *Chapitre II : étude les ondes radio fréquence dans l'UMTS*

---

chapitre par une comparaison entre le GSM et l'UMTS (les appellations, comparaison techniques et les apports de l'UMTS...). Cette comparaison nous a permis de voir la différence en terme technique et l'impact sur la qualité, la capacité et la couverture radio. Nous avons aussi remarqué dans ce chapitre que la technologie UMTS qui se base sur un certain nombre de propriétés que nous verrons en détail dans le prochain chapitre. Nous verrons également les différentes phases de processus de dimensionnement et déploiement du réseau 3G (UMTS).

*Chapitre III : dimensionnement et planification du réseau UMTS*

## **Préambule**

D'après les deux premiers chapitres, nous constatons que les architectures globales des réseaux **GSM** et **UMTS** sont complémentaires et qu'ils constituent une évolution des offres de services des opérateurs télécom, des services simples de type 'voix' vers les services évolués de type Data.

Pour migrer vers un nouveau système de télécommunication, les opérateurs veulent bénéficier au maximum de l'infrastructure existante des anciens réseaux pour diminuer le coût de cette migration. C'est le cas de L'UMTS où les opérateurs veulent utiliser l'infrastructure du réseau GSM en particulier les sites radio. Dans ce chapitre, nous étudions la migration du réseau GSM vers l'UMTS en se basant seulement sur les sites GSM existants.

Pour cela, nous commencerons par étudier le réseau GSM existant qui nous servira comme modèle de réseau pour tout le reste du travail. Ensuite, nous évaluerons les performances du nouveau réseau UMTS obtenu après la migration.

### **III.1 Présentation de projet**

Le but de cette application est de concevoir et de simuler sous un software un réseau 3G (UMTS) à partir d'un réseau 2G (GSM) réel déjà conçu par l'opérateur Mobilis.

La conception du nouveau réseau 3G avec le software (Atoll) passe par les étapes suivantes :

- Ø **Dimensionnement du réseau 3G**
- Ø **planification du réseau 3G**
- Ø **Configuration du réseau 3G**

#### **III.1.1 Description du logiciel utilisé pour notre application**

Atoll est un logiciel de dimensionnement et de planification de réseaux cellulaires qui peut être utilisé sur tout le cycle de vie des réseaux (du design, l'expansion et l'optimisation). Le logiciel exploite différentes données en entrée, il permet de choisir le type de projet à réaliser : GSM 900

ou UMTS. Il permet de définir le model de propagation, le type d'antenne, les caractéristiques du site,...

Enfin après avoir déployé un réseau, ATOLL permet de réaliser de multiples prédictions :

- Ø Couverture par niveau de champ ;
- Ø Couverture par émetteur et étude du trafic ;
- Ø Zone de recouvrement ;

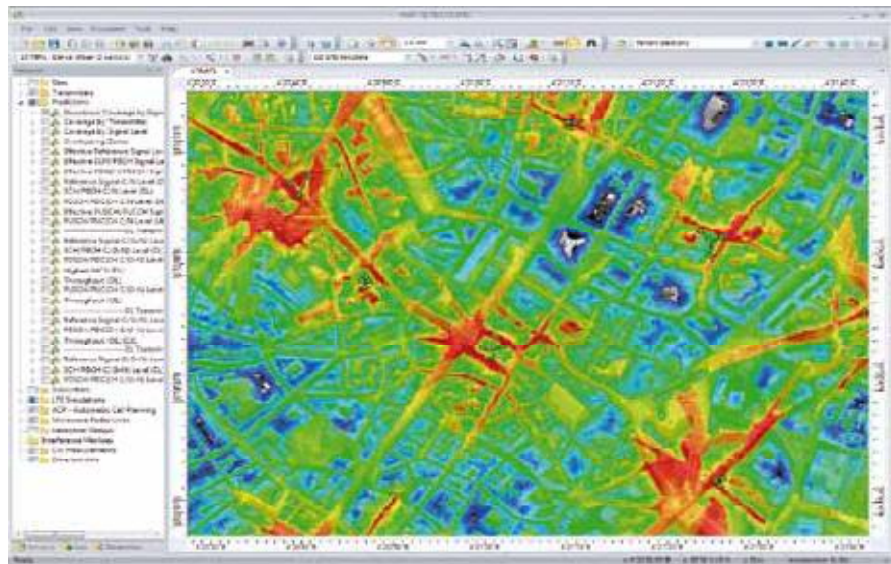


Figure III.1 logiciel atoll

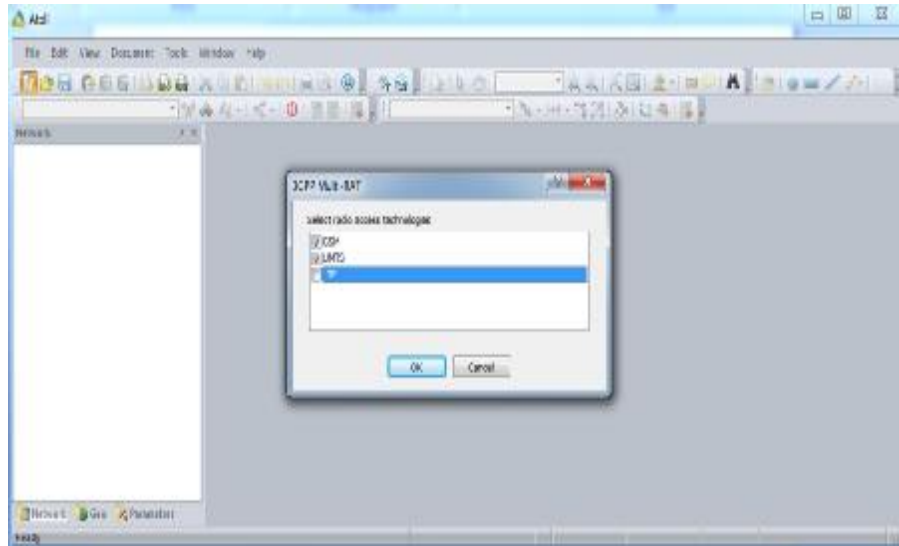
### III.1.2 Les étapes de création de site

On lance le logiciel Atoll, puis on ouvre une nouvelle fenêtre comme illustre la figure III.2

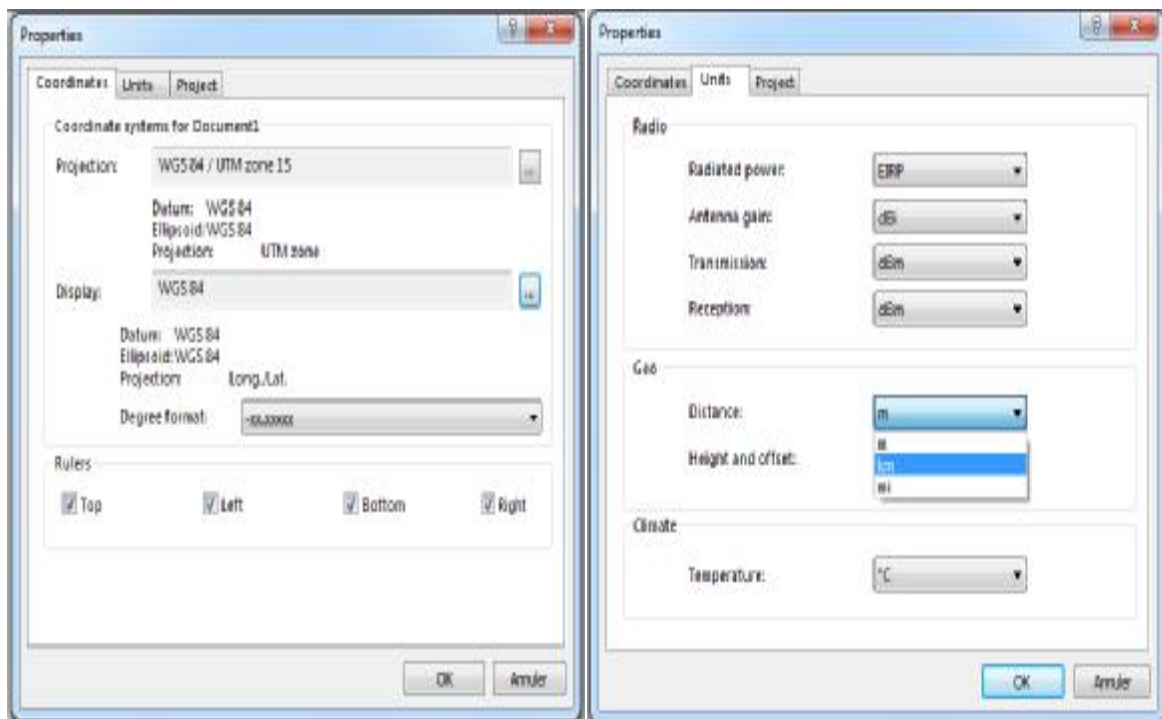


Figure III.2: création d'une nouvelle fenêtre

On choisit les technologies, puis en clic sur ok comme suit :



On choisit les coordonnées systèmes (mode projection, affichage, degré de format et l'unité) comme illustrant les deux figures suivantes :



**Figure III.3:** les propriétés des coordonnées système

Notre projet est basé sur une zone géographique illustré la figure suivante :

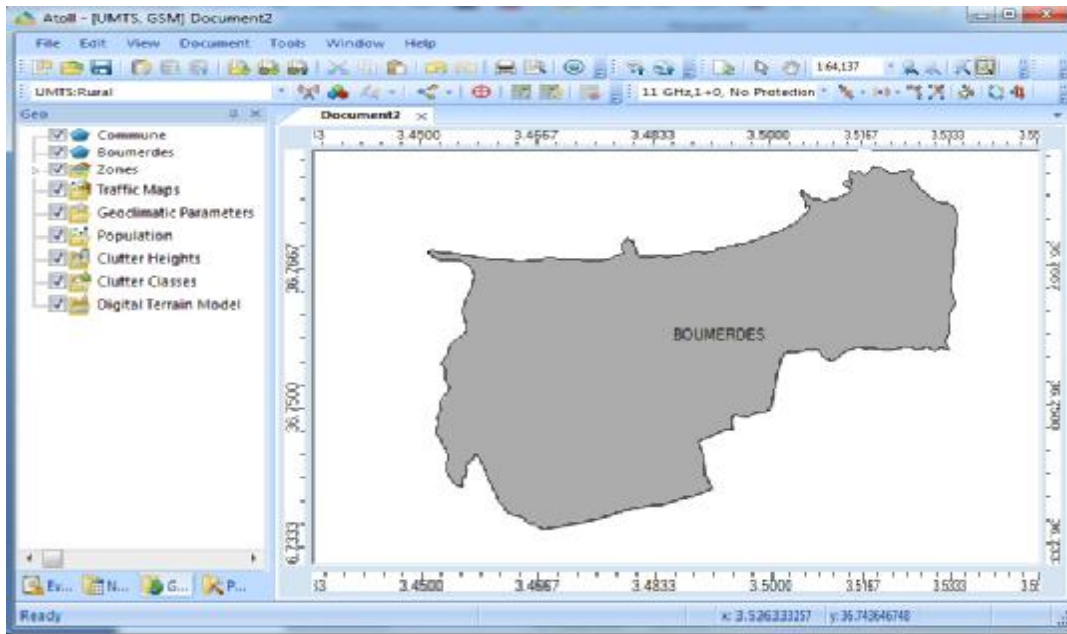


Figure III.4: Zone géographique

Pour la création de cette zone on importe :

ü la taille et le fond d'image comme suit :

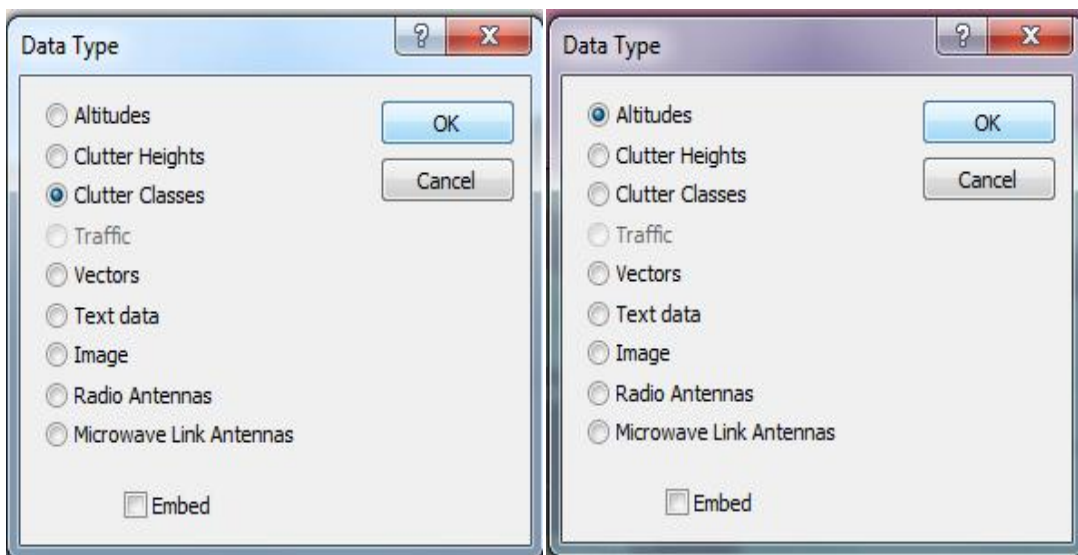


Figure III.5: La taille et le fond d'image de la zone

ü le vecteur et ses coordonnées système comme illustre les figures suivants:

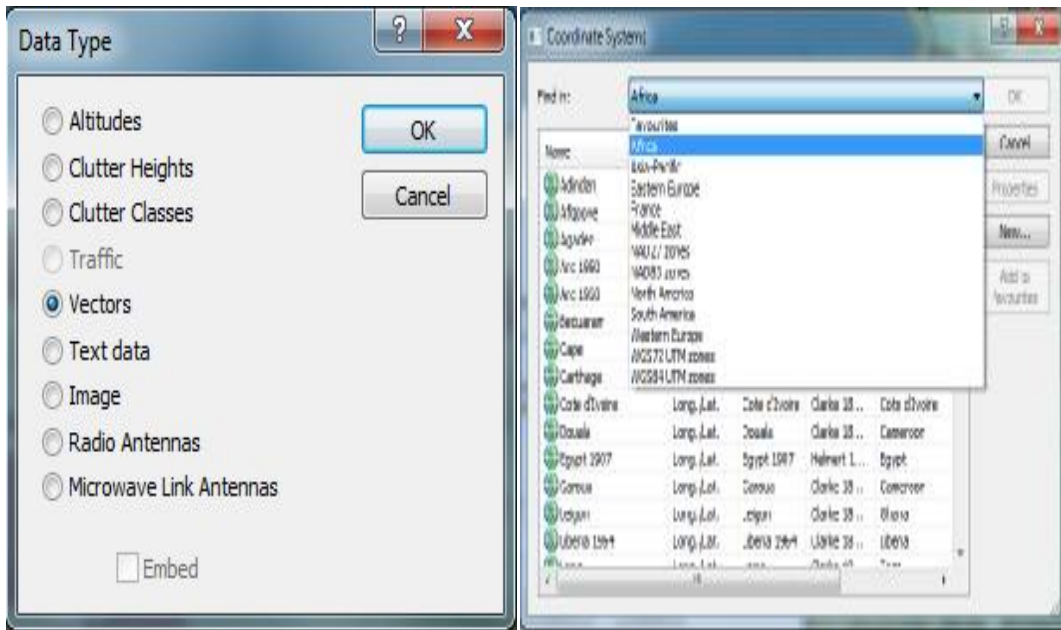


Figure III.6: Le vecteur de la zone

ü l'image par satellite comme suit :

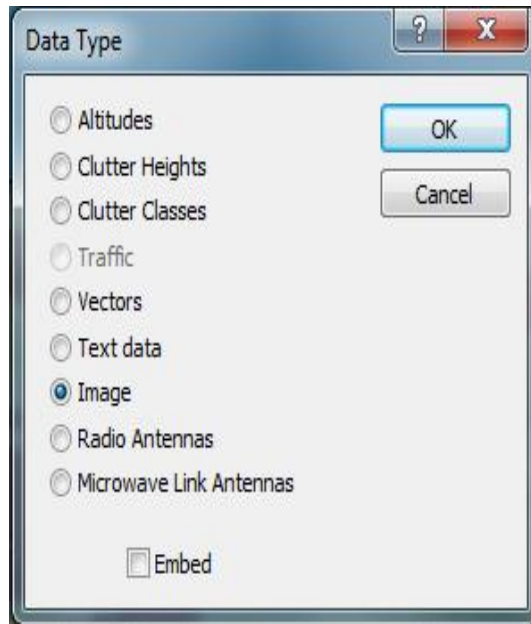


Figure III.7: L'image de la zone

L'ensemble des étapes nous donne la zone finale suivante :

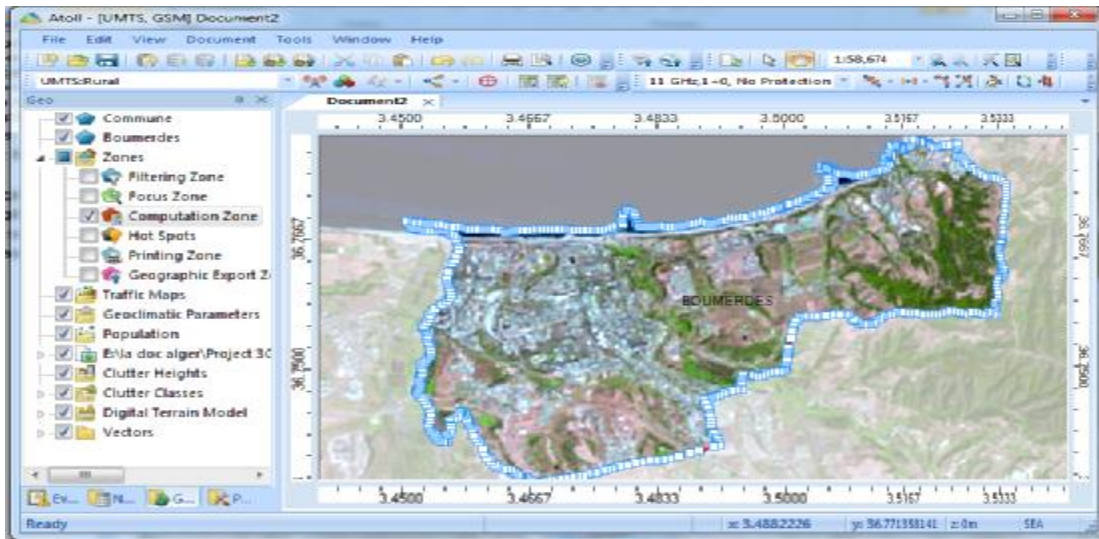


Figure III.8: la zone finale

### III.1.3 Présentation de réseau GSM

Le réseau GSM que nous avons choisi pour notre étude est celui de l'opérateur Mobilis relatif à la ville de Boumerdes. Boumerdes est située dans le nord du pays dans la région de Kabylie. Notre zone d'étude comporte 16 sites GSM, et s'étend sur une superficie de 19.125 km<sup>2</sup>. On estime que la population avoisine les 786 499 habitants. Ce réseau est présenté en figure.III.9 :

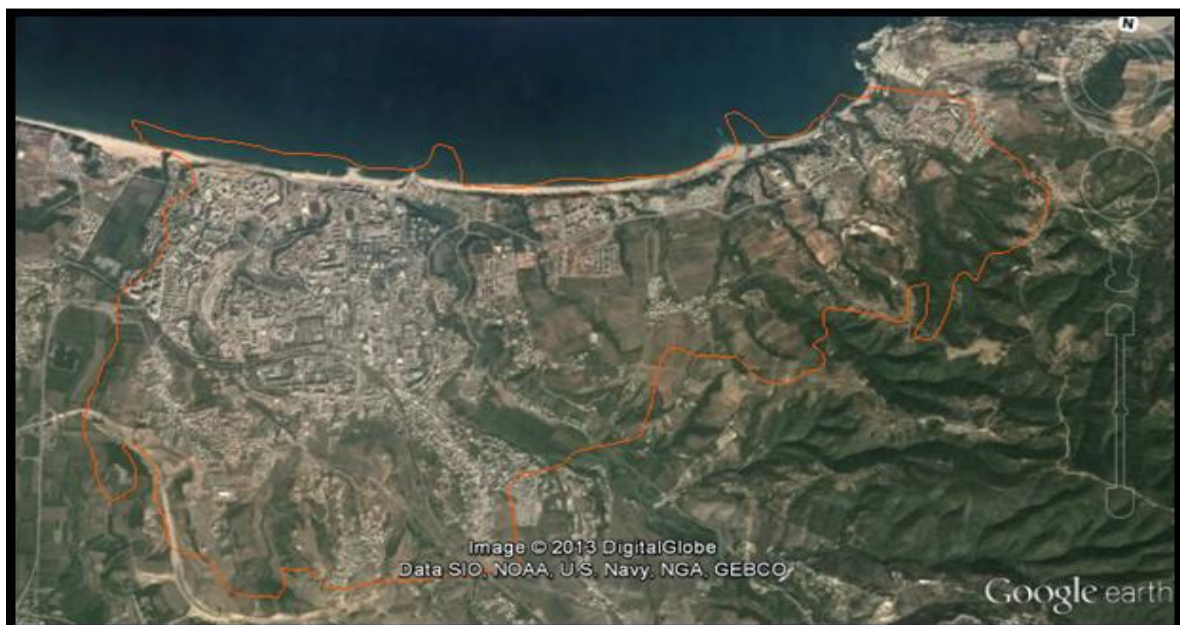


figure.III.9: Zone Géographique

### III.2 Dimensionnement et déploiement du réseau radio 3G

Notre étude a été faite pour un réseau 2G se situant à BOUMERDES déjà planifié et dimensionné par l'opérateur (Mobilis) et il comporte trois services différents (GSM /GPRS/EDGE) et quatre environnements (Urbain dense, Urbain, Suburbain, Rural).

Cette partie correspond à l'étape de dimensionnement et déploiement du réseau d'accès. Elle correspond aussi à l'élaboration des données nécessaires pour la phase de planification (rayon de la cellule, modèle de propagation...) et l'introduction des sites au niveau de la zone géographique considérée, l'ajustement des paramètres des sites, des secteurs et des cellules selon les contraintes déjà existantes.

Dans la phase de planification et dimensionnement il faut estimer le nombre de stations de bases et leurs configurations. Cette estimation est basée essentiellement sur les exigences de l'opérateur et les conditions de propagation radio dans la zone à planifier. Le dimensionnement dépend aussi des exigences de l'opérateur en termes de couverture, de capacité et de la qualité de service QoS. La capacité et la couverture sont liées, cependant, elles doivent être prises en considération simultanément.

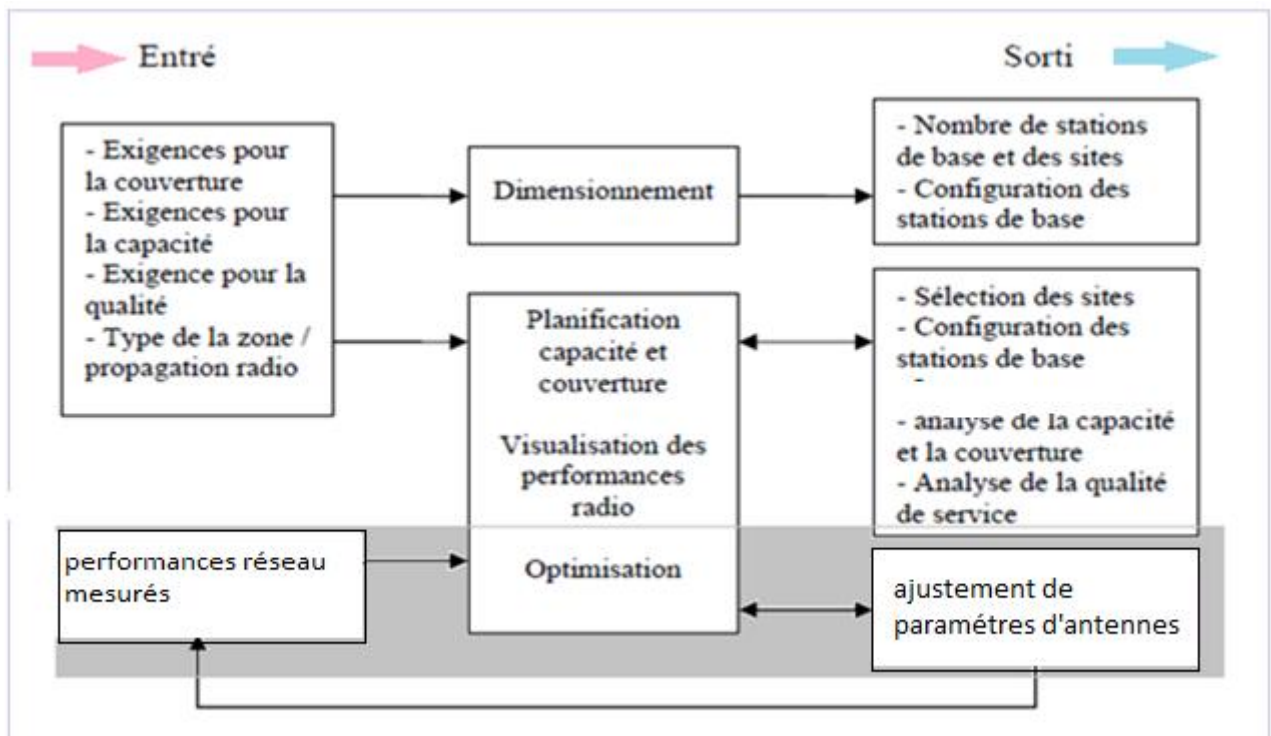


Figure III.10 : Processus de dimensionnement et de planification WCDMA

### III.2.1 Dimensionnement du réseau 3G

Le dimensionnement d'un réseau radio WCDMA est un processus qui permet d'estimer, à partir des besoins et des exigences de l'opérateur, le nombre d'équipements nécessaires ainsi que leurs configurations. Il est courant de distinguer les trois catégories suivantes d'exigences définies chacune par différents paramètres :

- ü Couverture : Zones de couverture, Types d'environnement, Propriétés de propagation.
- ü Capacité : Spectre disponible, Prévisions d'abonnés, Densité de trafic.
- ü Qualité de service : Probabilité de couverture, Taux de blocage, Débits utilisateur.

Les principaux objectifs du dimensionnement sont de définir le bilan de liaison, la couverture, la capacité et d'estimer le nombre de sites, de stations de base, de RNC (Radio Network Controller) ainsi que le nombre d'équipements du réseau cœur nécessaires que ce soit dans le domaine circuit ou dans le domaine paquet.

Le dimensionnement 3G pour notre réseau base sur le déploiement d'un réseau 3G reposant sur les données suivantes :

- ü La technologie UMTS à 2 porteuses (DL : 1950MHz ; 2140MHz).
- ü La densité de population à desservir par notre opérateur client se répartit suivant les zones comme suit :

Dense Urbain	1500 hab/km <sup>2</sup>
Urbain	750 hab/km <sup>2</sup>
Suburbain	360 hab/km <sup>2</sup>
Rural	150 hab/km <sup>2</sup>

**Tableau III.1** : Densité de population suivant les zones

- ü Profil de consommation des abonnés
  - **Voix** à 12.2kbps
  - **Data** à 64kbps: 25kbps/abonné
  - **Data** à 144kbps: 40kbps/abonné
  - **Data** à 384kbps: 50kbps/abonné

### III.2.1.1 Bilan de liaison

Le canal de propagation peut affecter les performances de tout système de radiocommunication à base de CDMA, car il engendre des dégradations sur le signal transmis. Afin de choisir les techniques de traitement des signaux appropriées qui seront mises en œuvre dans la chaîne d'émission et de réception, il faut définir les caractéristiques du canal de propagation. Les propriétés du canal sont également déterminantes pour le dimensionnement du réseau mobile, notamment au moment de la constitution du bilan de liaison.

Le bilan de liaison RLB (Radio Link Budget) permet de déterminer l'affaiblissement maximal admissible MAPL (Maximum Allowable Path Loss), qui pris comme entrée pour les modèles de propagation aboutit à la détermination du rayon maximal de la cellule et par suite le nombre de sites requis. Les critères techniques liés aux services (type de service, débit...), aux types d'environnement, au comportement des mobiles utilisés (puissance, vitesse...), à la configuration du réseau (les gains d'antenne, les pertes dans les câbles, les gains de diversité, les marges d'évanouissement...) et les critères de la QoS fixés au préalable devraient être pris en considération lors de ce calcul.

Cette partie peut être divisée en trois étapes :

- ü Choix du modèle de propagation.
- ü Détermination du rayon de la cellule.
- ü Le nombre de Node B nécessaires.

Pour déployer un réseau de téléphonie il est nécessaire d'étudier l'ensemble des atténuations que peut subir la propagation de l'onde. Cette première analyse consiste à faire un bilan de liaison pour un site qui nous donnera le maximum d'atténuation possible entre l'émetteur et le récepteur que se soit sur une voie montante ou descendante. C'est ainsi qu'on définit le **MAPL** que l'on calcul de la manière suivante :

$$\text{MAPL} = P_k^{UL} \text{ Niveau requis } \sum \text{ Pertes } \sum \text{ Marges } \sum \text{ Gains (Equation N°1)}$$

C'est la limite du MAPL, toutes les autres puissances de transmission vont être adaptées à cette valeur du MAPL. Avec :

- ü **Niveau requis** (sensibilité du service Rx).

ü  $P_k^{UL(UpLink)}$  = **Puissance** de transmission (PIR) du mobile relativement a un service k

ü PIRE [dBm] = Puissance de transmission [dBm] – Pertes dans les câbles et connecteurs [dB] + Gain de l'antenne [dBi]

ü  $\sum$  **Pertes** = **Pertes** corps + **Pertes** câbles connecteur + **Dégradation** UL interférence

ü  $\sum$  **Marges** = **Marge** de pénétration + **Marge** UL Rayleigh + **Marge** Shadowing

ü  $\sum$  **Gains** = **Gain** Soft handover + **Gain** Rx ante

On réalise le bilan de liaison en voie descendante et en voie montante qui représente le cas le plus défavorable pour ensuite les équilibrer.

UL/DL	UL	DL
<b>Project Parameters</b>		
Equipment	UE_U6_D10	BS 3 Sector
TMA		
Sector Type	3 Sector	
Diversity Mode	2 Rx Diversity	No Diversity
<b>Link Parameters</b>		
User Environment	Indoor	
Cell Edge Channel Model	TU3	
Cell Edge Continuous Coverage Service	CS 64	CS 64
Cell Edge Service Rate(kbps)	64.00	64.00
<b>Cell Radius</b>		
UE Antenna Height (m)	1.50	
NodeB Antenna Height (m)	25.00	
Frequency (MHz)	1950	2140
Propagation Model	Cost231-Hata(Huawei)	
Cell Radius (km)	0.39	0.55
TCH Cell Radius (km)	0.39	

**Tableau III.2 : Bilan de liaison UMTS**

A partir de la valeur du **MAPL** on peut déduire la taille de la cellule nécessaire pour assurer la propagation du signal. On applique dans le cas de l'UMTS un modèle de propagation **COST HATA** qui nous donne les dimensions d'une cellule (rayon hexagonal).

### III.2.1.2 Modèle de propagation

Le modèle de propagation permet de déduire le rayon de la cellule à partir du résultat fourni par le bilan de liaison.

Le modèle COST 231-Hata 'applique aux fréquences comprises entre 1 500 et 2 000 MHz. En milieu urbain, l'affaiblissement  $L_u$  exprimé en dB est donné par:

$$L_u = 46.33 + 33.9 \text{Log}(F) - 13.82 \text{Log}(H_b) - a(H_m) + [44.9 - 6.55 \text{Log}(H_b)] \text{Log}(d) + C_m$$

(Equation N°2)

Les conditions d'applications du modèle Hata sont les suivantes :

- $H_b$  hauteur de l'antenne de la station de base  $H_b$ , (en mètres) comprise entre 30 et 200 m,
- $H_m$  hauteur de l'antenne du mobile  $H_m$  (en mètres) comprise entre 1 et 10 m,
- $d$  distance entre le mobile et la station de base  $d$  (en kilomètres) entre 1 et 20 km,

Le paramètre  $a(H_m)$  prend les mêmes valeurs ci-dessus et  $C_m$  prend les valeurs suivante :

- $C_m = 0$  dB pour les villes de taille moyenne et les banlieues.
- $C_m = 3$  dB pour les grands centres métropolitains.

Le modèle de Hata est un modèle très optimiste. En effet, il ne tient pas compte des topologies de terrains et des phénomènes de propagation tels que la réflexion et la diffraction causés par les obstacles (constructions...etc.). Ce modèle reste toujours adapté uniquement à des études théoriques.

### III.2.2 Phase de planification

L'objectif de cette phase est de déterminer avec précision la localisation des stations de base, leur configuration et leurs paramètres. Comme en WCDMA, tous les utilisateurs partagent les mêmes ressources sur l'interface radio, il n'est donc pas possible de les analyser individuellement.

Un utilisateur a une influence sur la puissance d'émission des autres utilisateurs, et les modifications qui en résultent ont également un impact sur le premier utilisateur, etc. Par conséquent, le processus de prédiction doit se faire de façon itérative jusqu'à ce que les puissances d'émission se stabilisent. Par ailleurs, les débits et les types de services jouent un rôle bien plus important en WCDMA que dans les systèmes TDMA et FDMA de deuxième génération. En outre, le WCDMA utilise le contrôle de puissance rapide dans les deux sens de transmission, le handover ainsi que des canaux orthogonaux sur le lien descendant. Toutes ces caractéristiques ont un impact non négligeable sur les performances du système. La principale différence entre les prédictions de couverture pour le WCDMA par rapport à celles des systèmes TDMA et FDMA, est l'importance cruciale de l'estimation des interférences en WCDMA.

Dans le processus de planification de la couverture en GSM, la sensibilité des stations de base est constante et les seuils de couverture sont les mêmes pour chaque station de base. Dans le cas du WCDMA, la sensibilité des stations de base dépend du nombre d'utilisateurs et des débits utilisés dans les cellules, en conséquence la sensibilité peuvent être différente pour chaque station de base.

Notons également que dans les réseaux de troisième génération, les débits des sens montants et descendants peuvent être asymétriques.

### Ü Paramètres d'entrés (Input)

Plusieurs paramètres vont être introduits à l'outil tel que la zone géographique à planifier, les cartes morphologique et topographique, les différents paramètres des services, des utilisateurs, des sites, des secteurs, des cellules, de l'antenne. Ces paramètres ont été soit calculé soit fournis par Mobilis. Dans cette partie, nous allons présenter les différentes valeurs de ces paramètres.

### Ø Introduction des sites

Pour introduire les sites, on a choisi la méthode du motif hexagonal. On définit le type de motif de l'environnement urbain dense, Le rayon de l'hexagone est égal au trois demi le rayon de cellule. Chaque site contient trois secteurs et chaque secteur contient des cellules, le nombre de cellules dépend du besoin des utilisateurs. Les paramètres à introduire par l'environnement sont illustrés par le tableau suivant :

Morphology	Dense Urban	
UL/DL	UL	DL
Frequency (MHz)	1950	2140
Propagation Model	Cost231-Hata(Huawei) <input type="button" value="v"/>	
User Environment	Indoor <input type="button" value="v"/>	
TMA	<input type="button" value="v"/>	
Equipment	UE_U6_D10 <input type="button" value="v"/>	BS 3 Sector <input type="button" value="v"/>
UE/NodeB Antenna Height (m)	1.50	25.00
NodeB Feeder Loss(dB)	Input <input type="button" value="v"/>	0.50
Cell Average Ioc/Ior	0.65	0.65
SHO Overhead	20.00 %	
Softer HO Overhead	20.00 %	
Area Coverage Probability	95.00 %	
<input type="checkbox"/> HSDPA Parameters		
HSDPA MAX used code number For Single Carrier	15	
HSDPA Power Allocation Ratio	70.00 %	
Power Allocation Ratio Per HS-SCCH	5.00 %	
HS-SCCH Number Per Cell	1	

**Tableau III.3 : Paramètres des secteurs et des cellules**

Les valeurs des angles des antennes par rapport au nord (azimut) et des down tilts (angle d'inclinaison) seront modifiées au cours de la phase d'optimisation.

### Ø Type d'antenne

Le problème PPA (Positionnement et Paramétrage des Antennes) est au cœur de la problématique du design des réseaux radio mobiles. L'objectif principal est de déterminer les emplacements des antennes et leurs configurations afin de réaliser une couverture totale du territoire tout en assurant une bonne qualité de service. En effet, un mauvais positionnement ou paramétrage des antennes peut entraîner des situations de recouvrement inextricables qui rendent la tâche de planification difficile, voir même impossible.

Dans les réseaux UMTS, un bon positionnement et un bon paramétrage des antennes permettent d'optimiser le rapport C/I sur l'espace de couverture. Or le rapport C/I a une incidence directe sur le taux d'erreurs binaires et donc sur le débit et la qualité des communications. Chaque antenne est caractérisée en plus de sa sensibilité et de sa perte en émission, par son gain de transmission, sa puissance, son orientation horizontale, l'azimut et le tilt ou encore l'inclinaison ainsi que les diagrammes de rayonnement horizontal et vertical.

Pour notre projet l'antenne utilisée est de type AFxSDHAC. Elle a les propriétés suivantes :

- ü Gain d'antenne de 18 dBi
- ü Tilt électrique de  $0^\circ$
- ü Le diagramme de rayonnement de cette antenne est donné par la figure suivante :

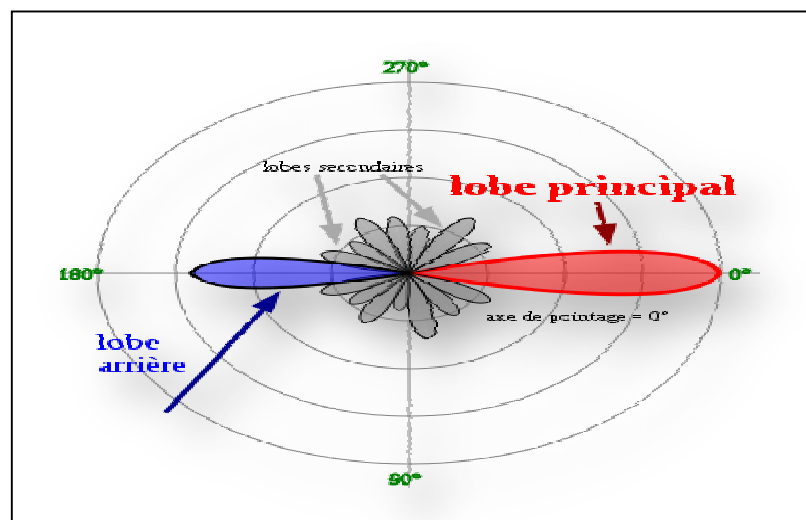


Figure III.11 : Diagramme de rayonnement de l'antenne

### Ø Définition des services des utilisateurs et des équipements

À ce niveau de paramétrage, on définit les services à lancer, à savoir le service conversationnel et les services à commutation de paquets CS 64 et PS128, sur le réseau, la capacité de chaque service, les délais, et les erreurs sur la trame pour qu'ils soient chargés par le simulateur lors de la prédiction de la couverture.

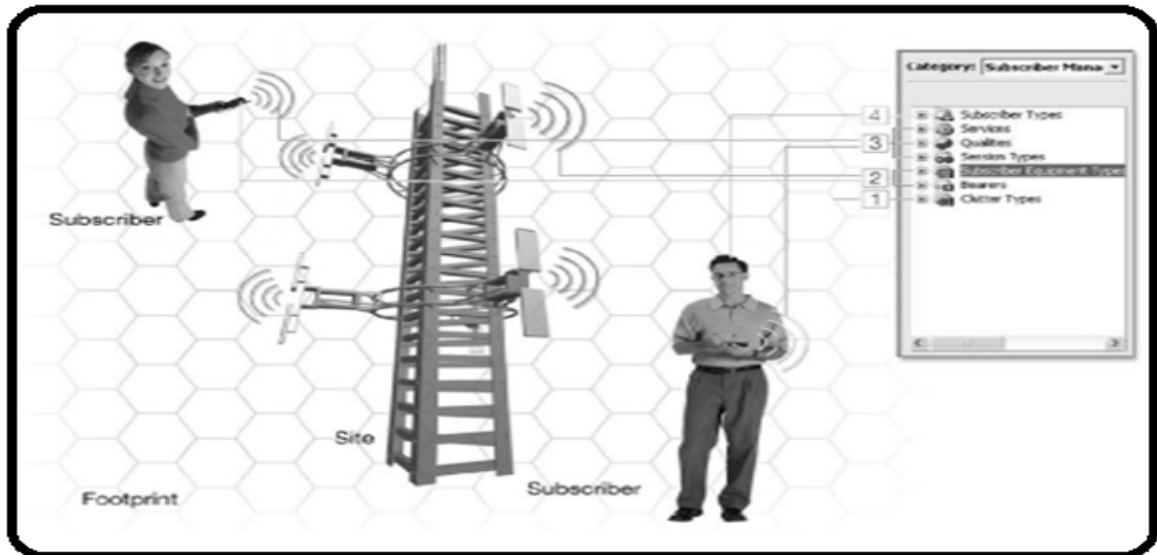


Figure III.12 : Gestion des usagers

Puis on définit le type d'équipement d'usagé, ainsi que les qualités de services ou encore les exigences du C/I. On peut même classer les usagers par classe morphologique en termes de distribution à titre d'exemple les quartiers chic. Mais dans la définition de la carte de trafic on a procuré à avoir une distribution uniforme des usagers.

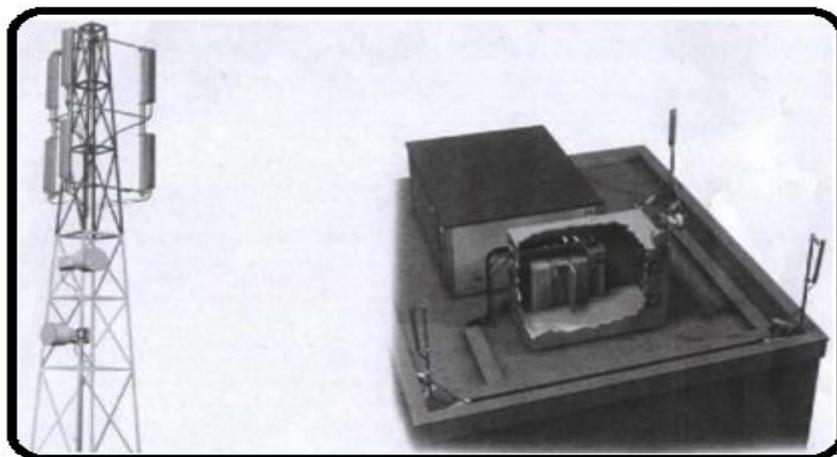


Figure III.13 : Exemple d'installation d'une antenne UMTS

### III.2.3 Configuration du réseau 3G

Cette étape consiste à configurer notre réseau à partir des paramètres radio illustrés dans les deux phases précédentes (Dimensionnement et Planification) afin de créer un nouveau réseau qui supporte les deux technologies 2G/3G, en se basant toujours sur le réseau 2G déjà déployé. La configuration du réseau 3G passe par plusieurs étapes :

#### III.2.3.1 Gestion du modèle 3G

La gestion des modèles en UMTS se fait à partir de l'icône « gérer les modèles », comme en GSM, excepté que dans cette partie, nous définissons les porteuses disponibles et le débit maximum en voie montante et descendante.

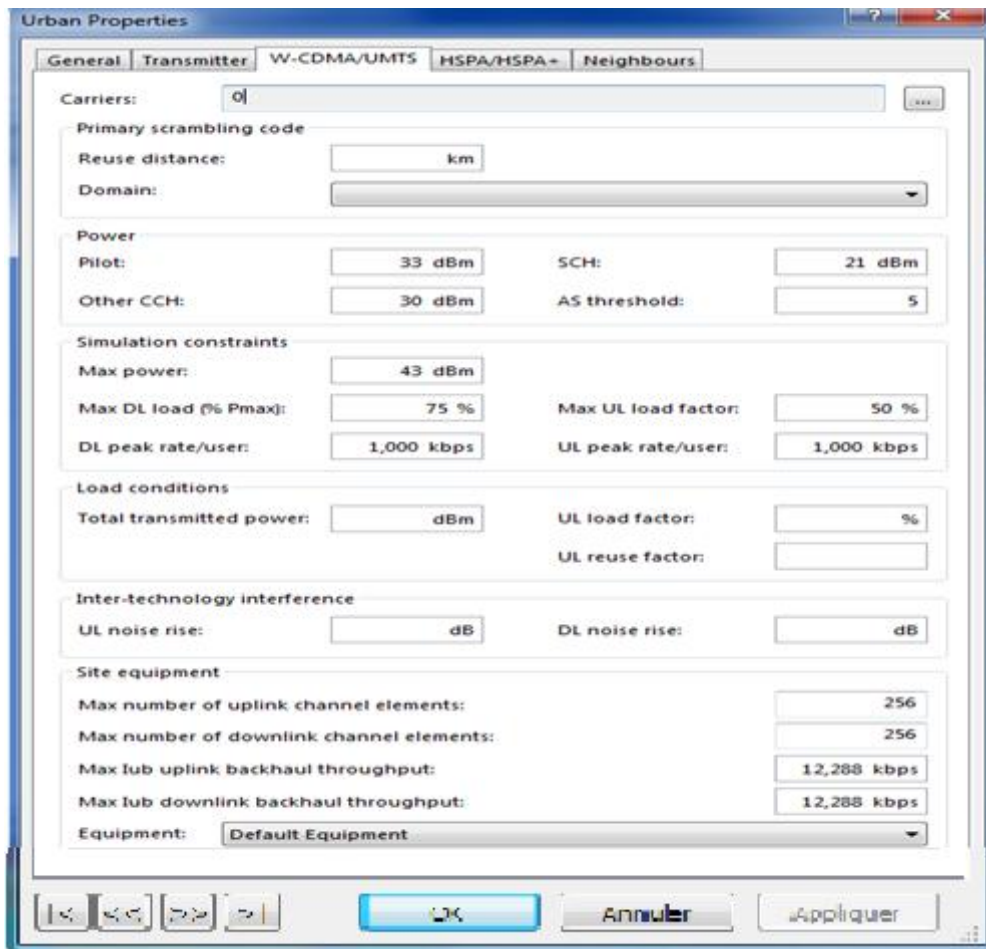
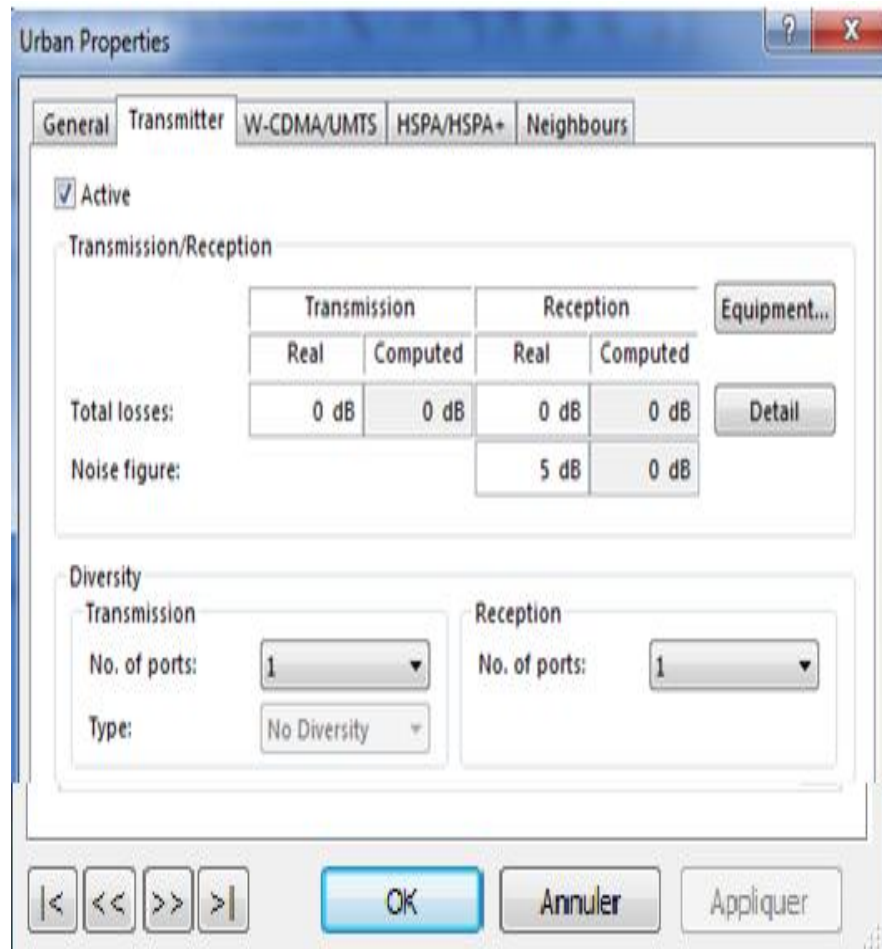


Figure III.14: Paramétrage du modèle

Nous utilisons une antenne de 18dBi pour cette étude avec un angle « tilt » vers le bas de 0° afin de maximiser la couverture dès le début de l'étude. De plus nous utiliserons le rayon de cellule le plus faible afin de pouvoir garantir un service data 384kbps à tous les MS (Mobile Station).

Le modèle de propagation utilisé en UMTS sera le Cost-Hata. Nous prendrons un facteur de bruit de 5dB, se rapprochant plus à un système réel.



**Figure III.15 :** Paramétrage des émetteurs dans le modèle

### III.2.3.2 Gestion des paramètres UMTS

Ce module nous permet d'introduire les paramètres UMTS relatifs aux services, aux types de mobilité, aux profils abonnés, et aux environnements. Ce module est disponible sous la table UMTS paramètres de la partie Data du menu explorer.

### III.2.3.3 Création et gestion des sites

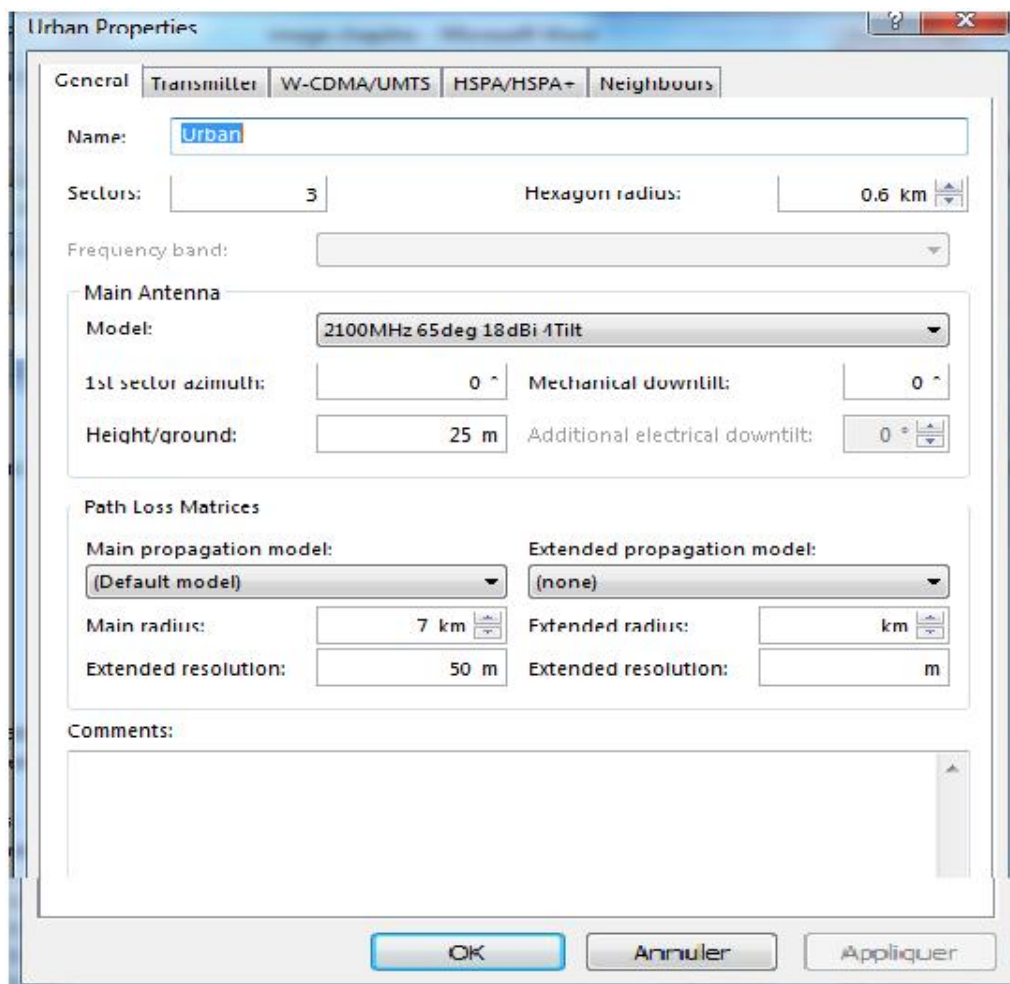
La création d'un site peut se faire de deux manières. La première consiste à choisir un motif hexagonal dans la barre d'outils. Ensuite, on sélectionne la zone où on veut ajouter des sites sur la carte. La deuxième consiste à sélectionner la commande «New» dans la table site de la partie Data du menu explorer.

### III.2.3.3.1 Configuration d'un motif hexagonale

Les étapes à suivre dans le cas de la configuration par motif hexagonal sont les suivantes :

- ü Choisir le motif hexagonal convenable (dense urbain, urbain, rural, suburbain).
- ü Ajuster les paramètres relatifs au motif sélectionné (Nom du motif, nombre de secteurs, rayon du motif, type d'antenne, azimuth, Down tilt, hauteur de l'antenne, modèle de propagation, rayon de calcul des prédictions).

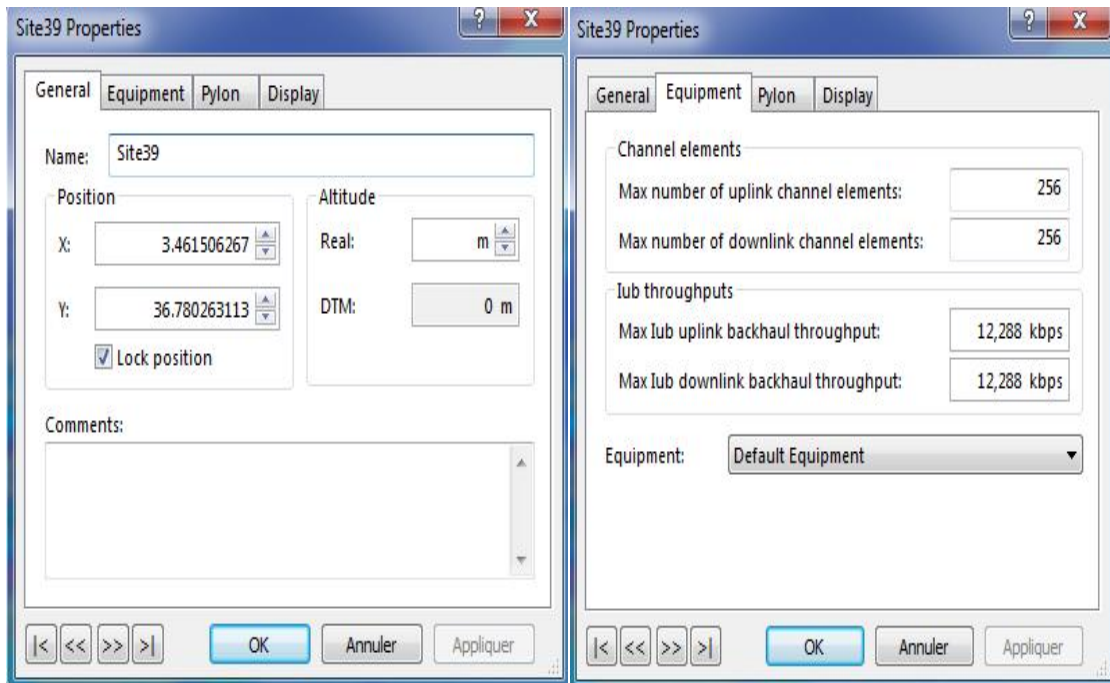
Figure ci-dessous illustre la fenêtre qui s'affiche au niveau de cette étape :



**Figure III.16 :** Menu de configuration d'un motif hexagonal

### III.2.3.3.2 Création du site par la commande « New »

La création d'un site nécessite l'ajustement des paramètres relatifs celui-ci. En créant un nouveau site, la fenêtre suivante s'affiche :



**Figure III.17 :** Menu de configuration des paramètres d'un nouveau site

Au niveau de ces deux fenêtres, on précise le nom du site, sa position (X, Y), son altitude par rapport au niveau de la mer (on peut ne pas saisir cette variable et elle sera déduite automatiquement à partir de la position du site et à partir des données géographiques), le nombre de canaux implémentés au sein de ce Node B pour le lien montant et le lien descendant.

### III.2.3.4 Gestion des paramètres des secteurs

Après avoir ajouté un nouveau site, on doit ajouter les secteurs. Pour cela, on sélectionne la commande «New» dans la table transmitter de la partie Data du menu explorer. Lors de la configuration d'un secteur, les principaux paramètres qui doivent être spécifiés sont :

- ü Nom du secteur et du site auquel il va être ajouté et la position relative par rapport à ce site.
- ü Les caractéristiques de transmissions : le total des pertes en transmission, en réception et la figure total du bruit.
- ü Le modèle de l'antenne utilisée.
- ü L'altitude de d'antenne par rapport au sol, son angle par rapport au nord et son down tilt.

La figure ci-dessous illustre le menu qui permet d'effectuer cette configuration :

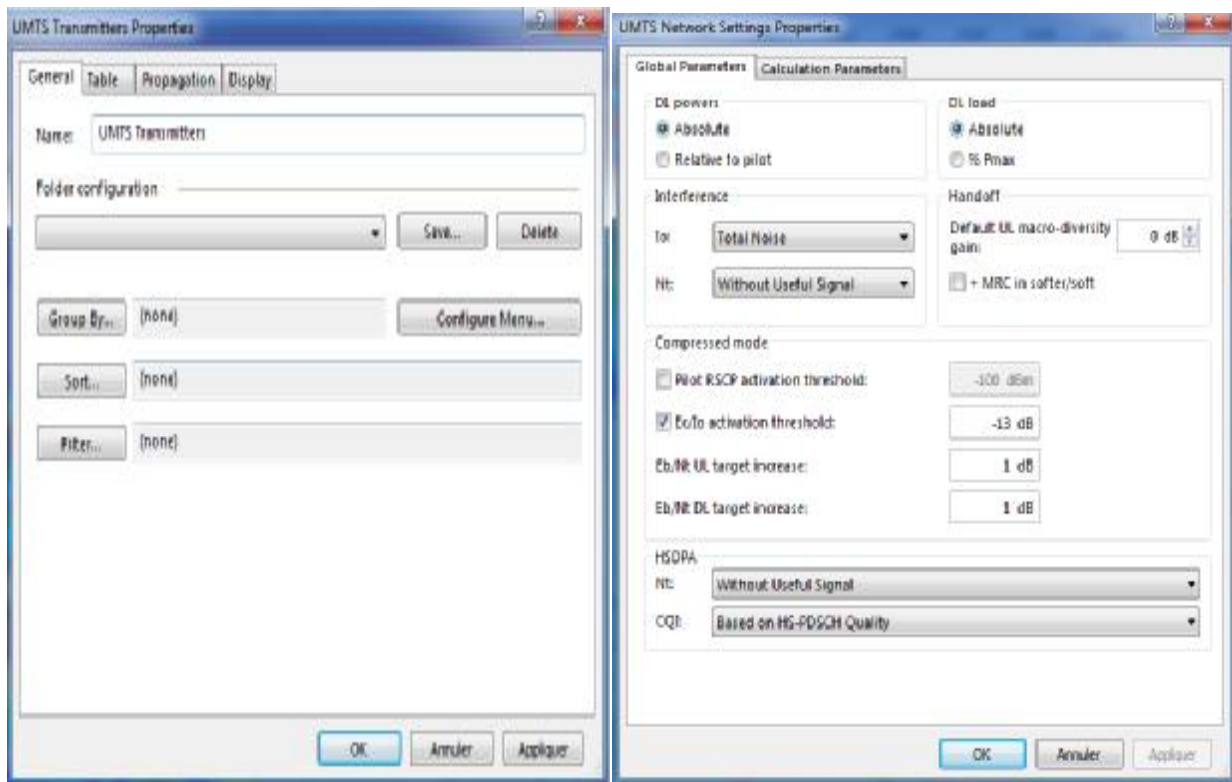


Figure III.18 : Menu de configuration d'un nouveau secteur

### III.2.3.5 Gestion des paramètres des cellules

Une cellule est caractérisée par une fréquence. Donc pour chaque secteur, on doit définir les cellules correspondantes. Dans notre cas, nous avons une seule fréquence. Donc, nous aurons une cellule par secteur. Les caractéristiques relatives aux cellules sont les suivantes :

- ü Nom de la cellule.
- ü Fréquence attribuée à cette cellule.
- ü Le code d'embrouillage primaire attribué à cette cellule.
- ü L'AS threshold : c'est la différence maximale entre la qualité du meilleur secteur servant le mobile et un autre secteur pour que ce dernier devienne membre de l'actif set.
- ü Les caractéristiques de puissance : la puissance maximale de la cellule, la puissance allouée au canal pilote, la puissance allouée au canal SCH.
- ü La classe de la cellule (dense urbain, urbain, rural, suburbain).

### III.2.3.6 Menu Modules

Ce module renferme l'ensemble des modèles de propagation disponibles. Avant de commencer les calculs de prédictions, il faut introduire les paramètres de propagations liées à ce modèle. Il s'agit des facteurs multiplicateurs  $K_i$  et des pertes de propagation pour chaque clutter classe. Ceci permettra de calibrer le modèle de propagation afin de garantir la réussite des calculs.

Après l'introduction de ces paramètres on passe maintenant à la prédiction de notre réseau. Les résultats des différentes prédictions sont illustrés dans les figures ci-dessous (Partie déploiement du réseau 3G).

### III.2.3.7 Prédictions

Les prédictions permettent d'étudier la qualité de la couverture du réseau. Il existe divers types de prédictions (couverture par niveau du signal, couverture par service, situation de handover, ...).

Pour effectuer une nouvelle prédiction, on commence par ajuster les paramètres des prédictions (modèle de propagation, résolution et hauteur du récepteur). Ensuite, on sélectionne la commande «New» dans la table prédictions et on choisit la prédiction qu'on veut effectuer. La fenêtre suivante s'affiche :

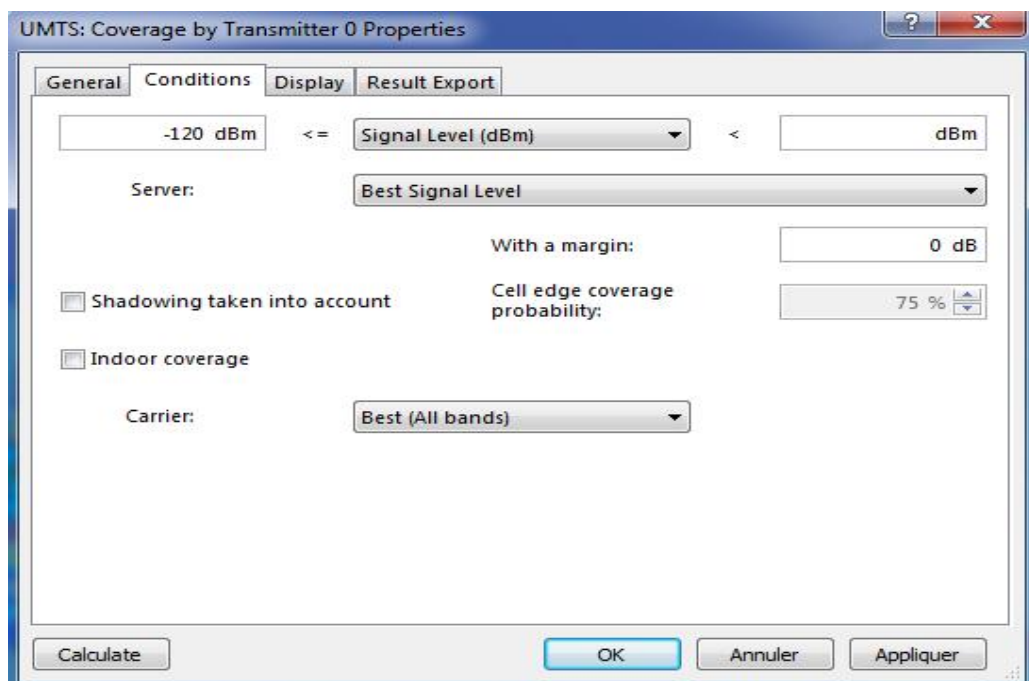


Figure III.19 : Menu de configuration des paramètres des prédictions

### III.2.4 Déploiement du réseau 3G

Du fait de l'interopérabilité de l'UMTS et le GSM, on peut réutiliser l'emplacement des sites GSM pour placer les antennes UMTS à 1.5m plus bas au minimum. Après avoir géré les modèles et définies les services, nous avons lancé une planification automatique sur une zone de calcul (même zone que le GSM).

Après l'introduction par la méthode qui repose sur la forme hexagonale, on procède à la prédiction du réseau en déplaçant les sites dont la morphologie du terrain présente un obstacle pour le champ de rayonné par les antennes, en modifiant les tilts et les azimuts des antennes.

La prédiction a été effectuée sur la phase, en se basant sur trois contraintes :

- Û **La couverture** : effectuer des prédictions sur la couverture, puis des modifications et on recommence les prédictions jusqu'à aboutir à un résultat convainquant. La valeur de seuil est de -100 dBm.
- Û **La qualité** : une fois que la contrainte de couverture a été satisfaite, on passe à la deuxième phase qui se base sur  $E_c/I_0$  (Energie reçue par Chip / densité de puissance dans la bande) qui reflète la qualité du signal.
- Û **La zone de couverture de chaque antenne** : cette phase est essentielle vue qu'elle nous renseigne sur les champs de chaque antenne. On peut alors voir les zones de chevauchement des antennes, puis les réduire afin de minimiser l'interférence et la taille de la table de voisinage.

Les résultats des prédictions sont illustrés dans les figures ci-dessous et les tableaux suivants :

III.2.4.1 Vue d'ensemble de la zone a simulée

Ø Nombre de sites existant 2G/3G



Figure III.20 : Distribution des sites 2G a Boumerdes

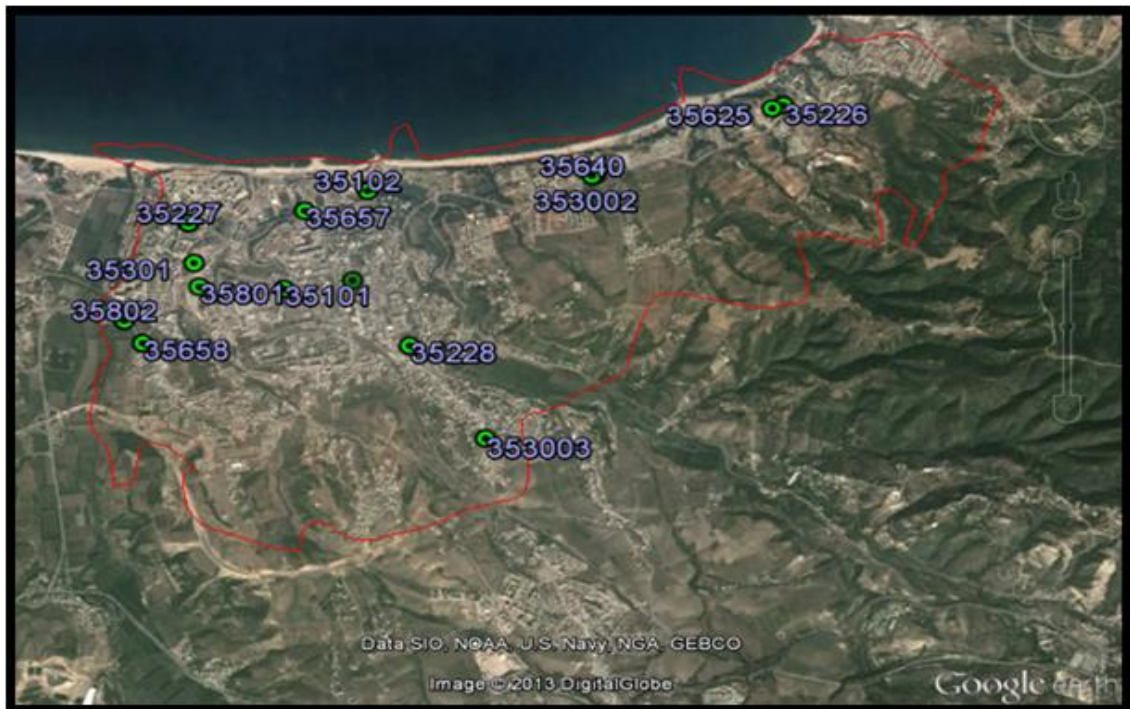


Figure III.21 : Distribution des sites 3G a Boumerdes

III.2.4.2 Prédictions de La couverture terrain

a) Couverture par niveau de signal RSCP (Puissance du Signal de Code Reçu)

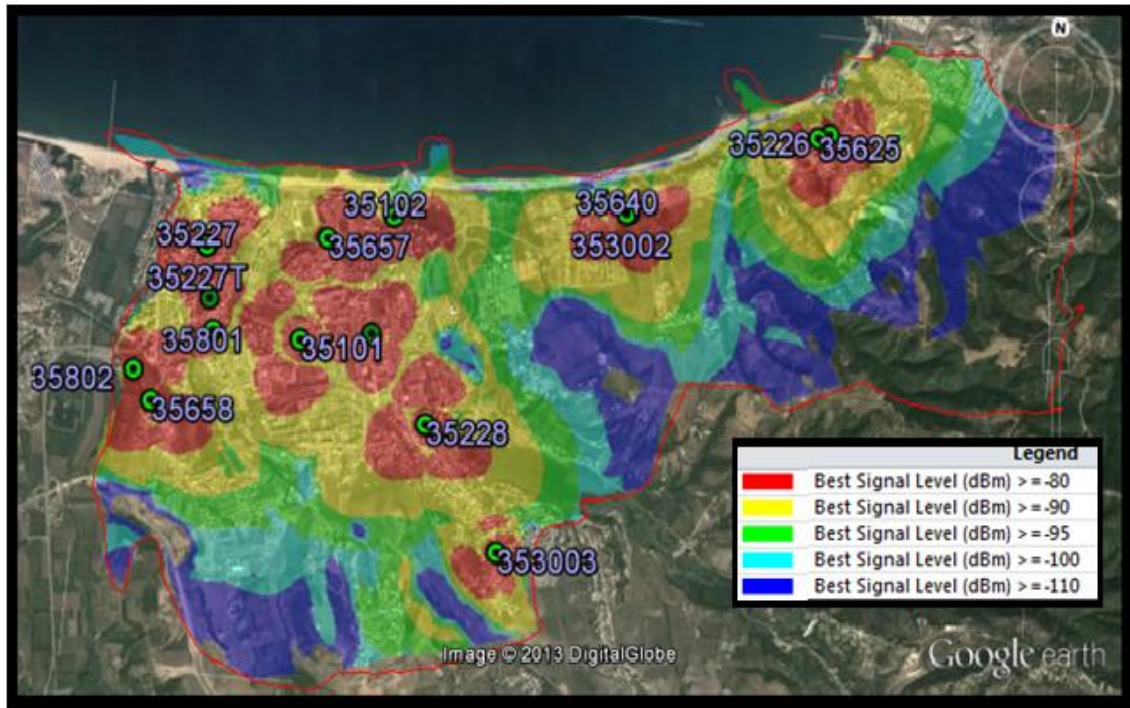


Figure III.22 : Couverture par niveau de signal

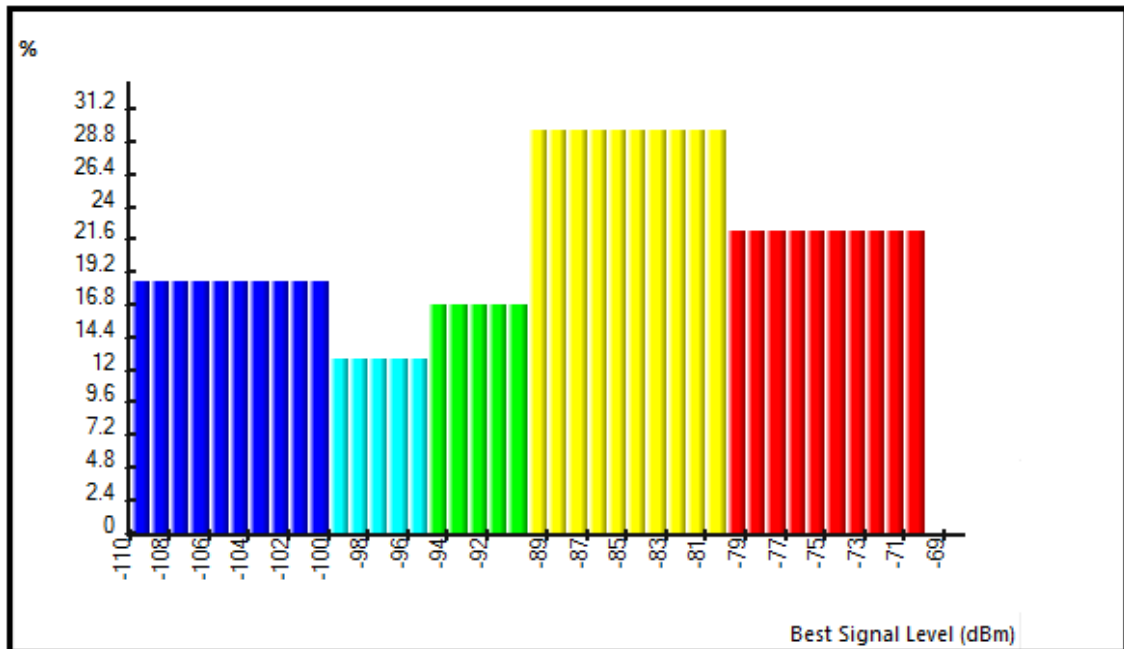


Figure III.23 : Meilleur niveau du signal

b) Prédiction de la qualité du signal Ec/Io

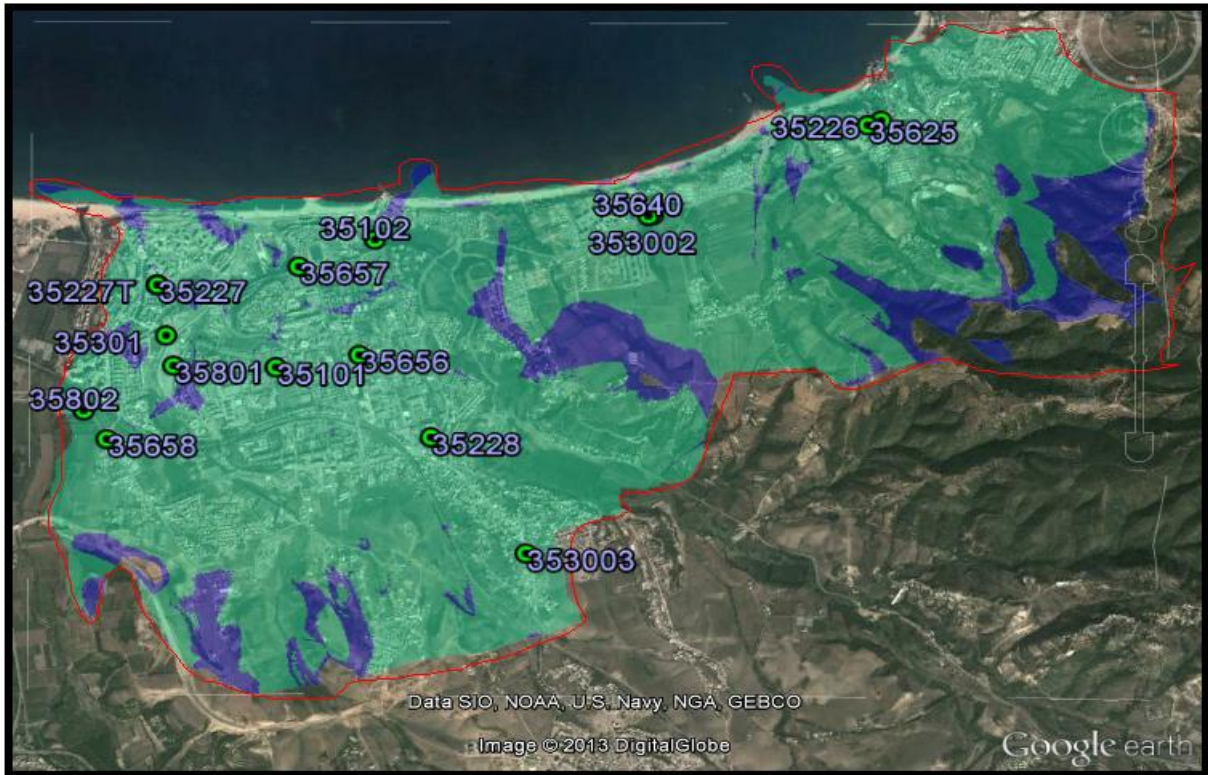


Figure III.24 : Prédiction de la qualité du signal Ec/Io

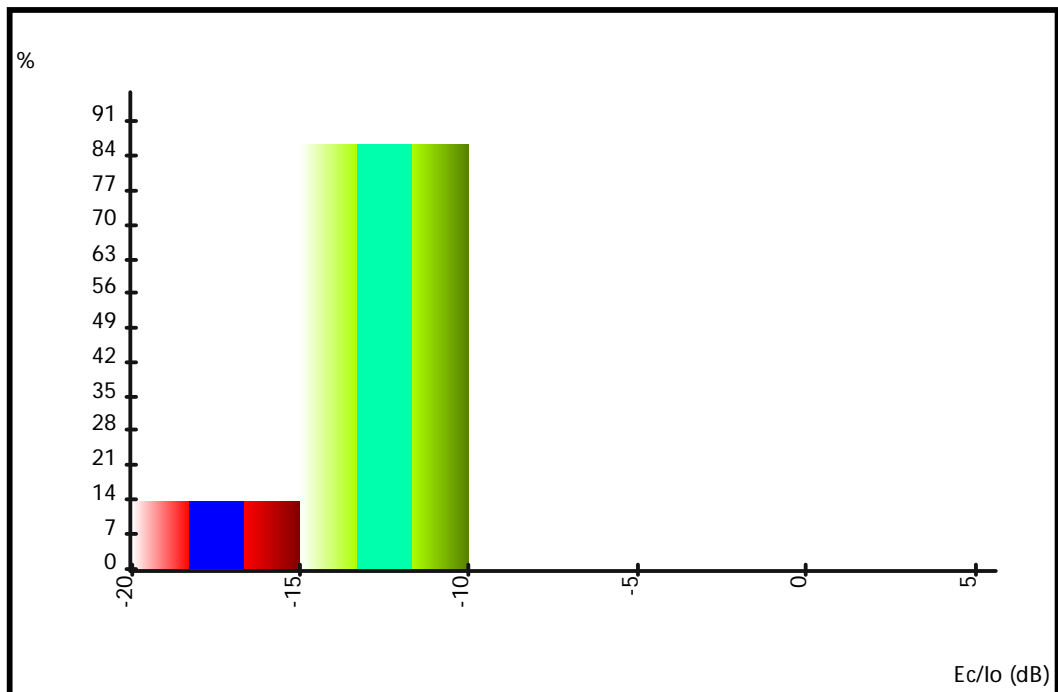


Figure III.25 : Rapport des prédictions de la couverture par apport Ec/Io

c) Handoff Status (statut de Handover)

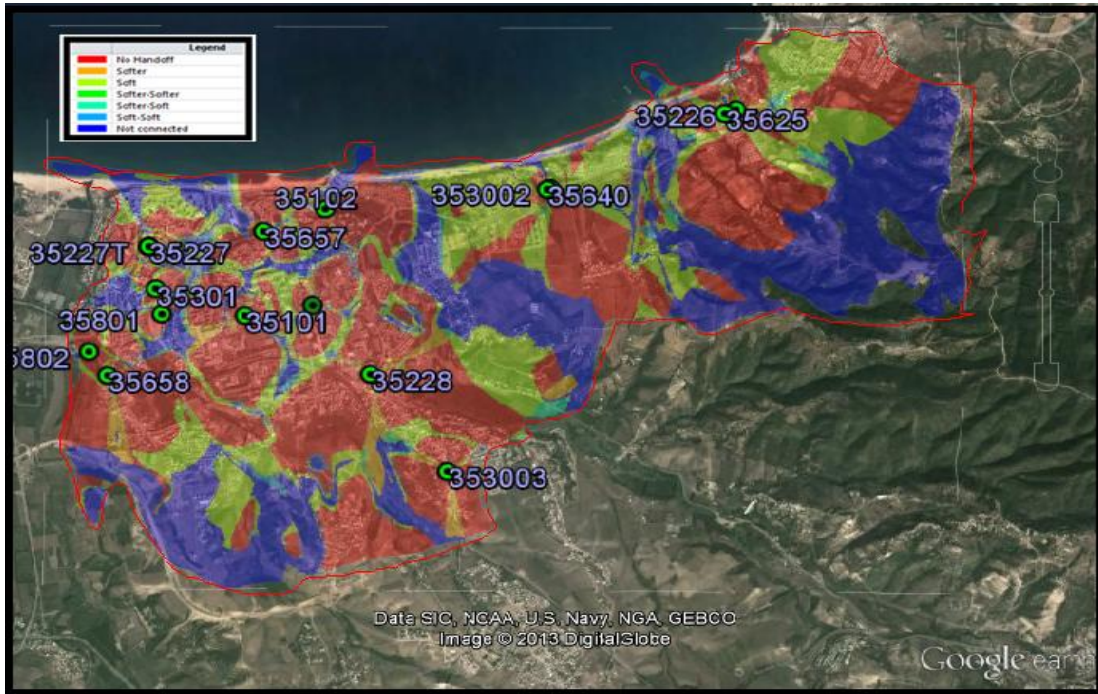


Figure III.26 : Statut de Handover

III.2.4.3 Analyse de la couverture

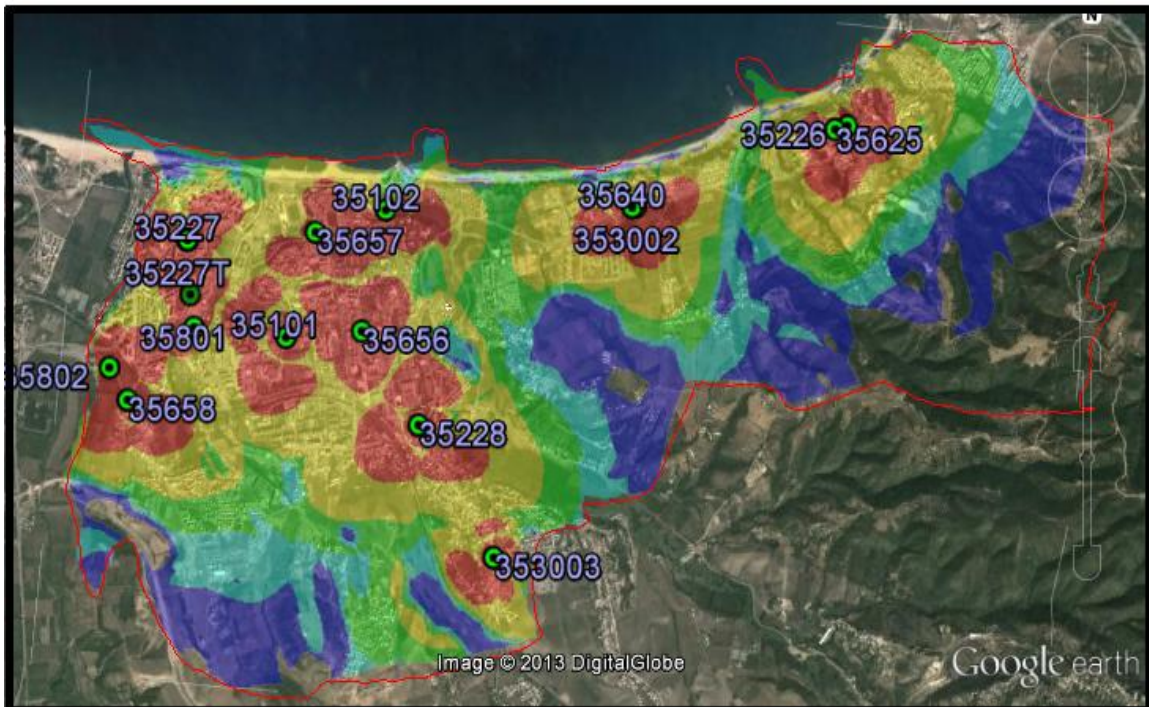


Figure III.27 : Analyse de la couverture

- ∅ Cette ville souffre d'un manque de couverture, alors il est recommandé d'ajouter d'autres sites afin d'améliorer la couverture et la capacité du réseau.

L'analyse de la couverture réseau passe par trois étapes :

Nous avons divisé notre zone géographique en trois sous zones (West-nord, East-nord, et le Sud) afin de bien analyser la couverture.

- ü **étape 1** : Analyse de l'impact sur la couverture pour la zone West-nord avant et après l'ajout des nouveaux NodeB.
- ü **étape 2** : Même processus réalisé en étape 1 mais pour la zone East-nord.
- ü **étape 3** : Analyse de la couverture pour la zone sud.
- ∅ Les résultats des trois étapes sont illustrés dans les figures ci-dessous :

### Étape 1 (Zone West-nord)

- ∅ Avant

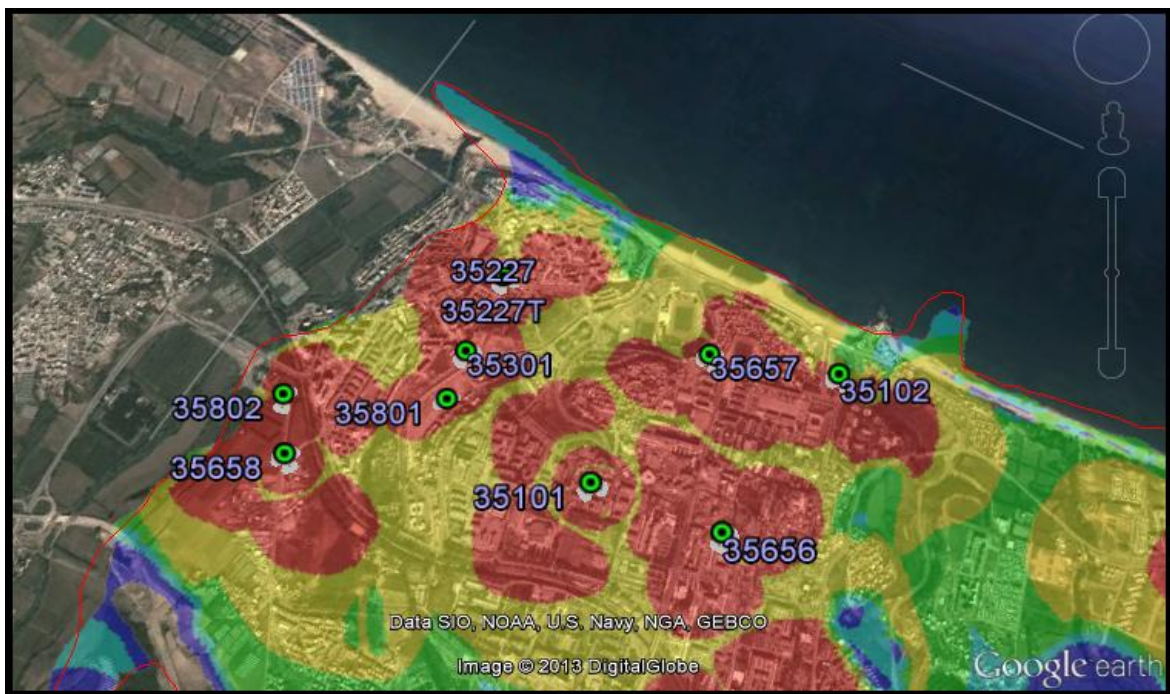


Figure III.28 : Analyse de la couverture avant l'ajout de NodeB

Ø Apres



Figure III.29 : Analyse de la couverture après l'ajout de NodeB

Étape 2 (Zone East-nord)

Ø Avant

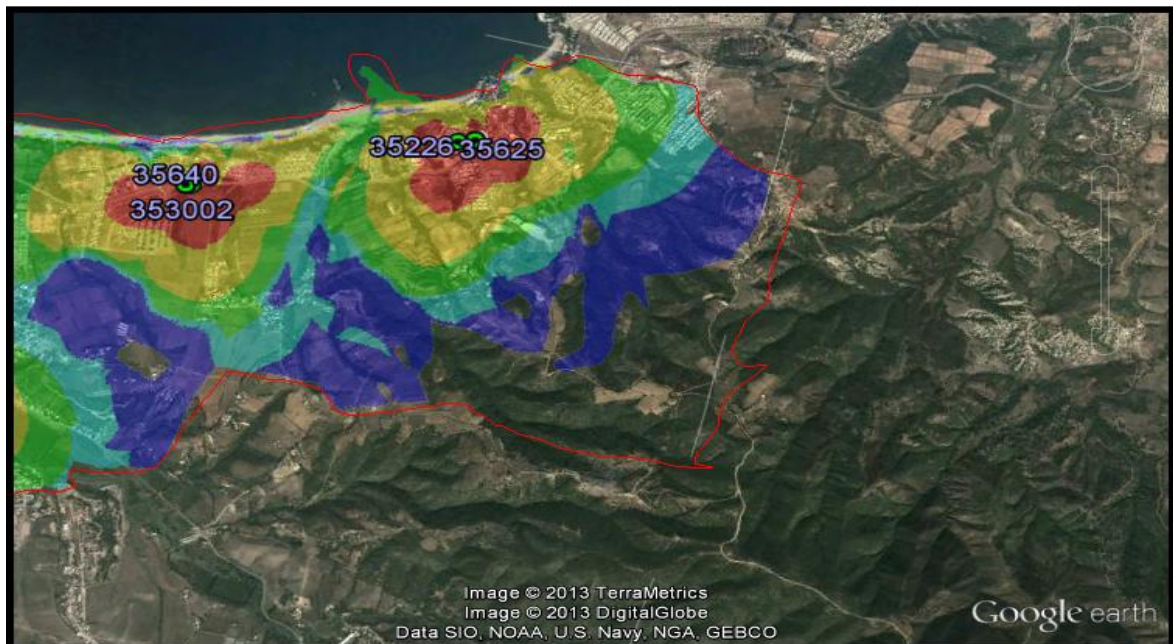


Figure III.30 : Analyse de la couverture avant l'ajout de NodeB

∅ Apres

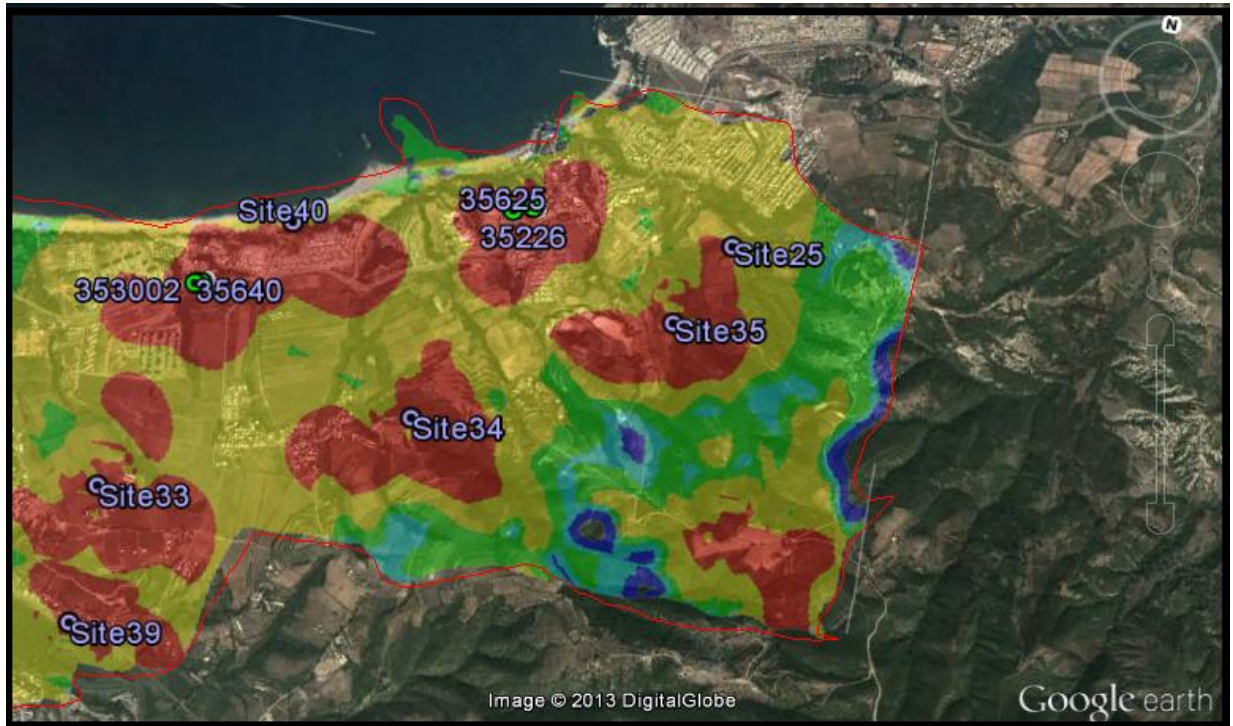


Figure III.31 : Analyse de la couverture après l'ajout de NodeB

### Étape 3 (Zone Sud)

∅ Avant



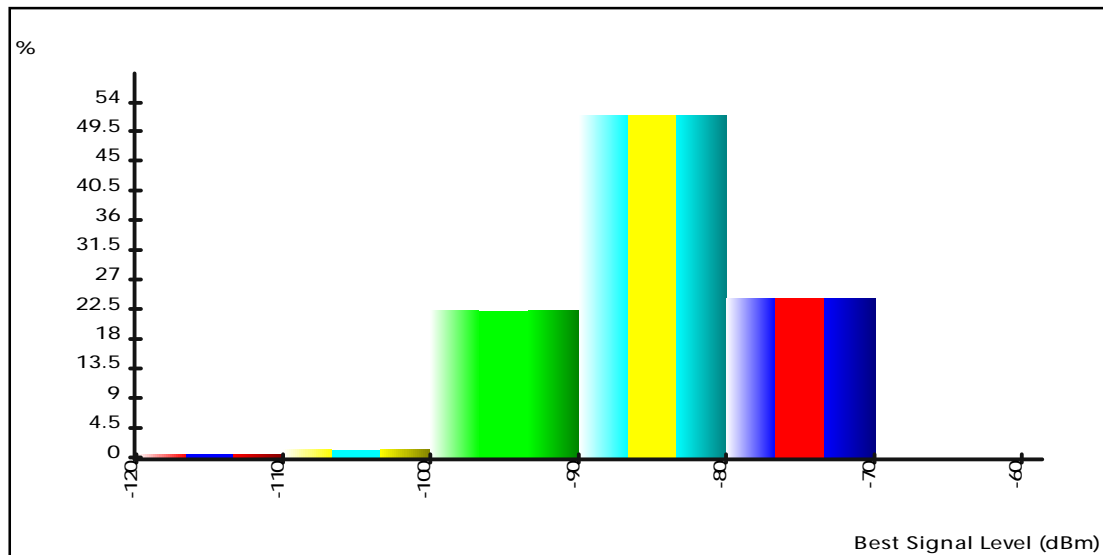
Figure III.32 : Analyse de la couverture avant l'ajout de NodeB





### III.4.4 Interprétations des paramètres (résultats)

Pour qu'une zone soit couverte, il faut avoir un niveau du signal entre -70 et -100 dBm.



**Figure III.37:** Rapport des prédictions de la couverture final.

D'après le rapport de la couverture finale on constate un très bon niveau de signal.

### Conclusion

La conception de notre réseau a été effectuée en plusieurs étapes (dimensionnement, planification et configuration du réseau 3G). Après une génération automatique des sites et certaines prédictions, nous avons obtenu certaines cartes qui nous montrent que le réseau déployé présente certains problèmes en termes de couverture. Pour la résolution de ces problèmes un ajout de nouveaux NodeB a été élaboré. Nous constatons que la configuration radio actuelle du réseau GSM n'est pas donc optimale pour la migration vers l'UMTS.

Dans ce chapitre, nous avons étudié la migration (sans optimisation) du réseau GSM qui couvre le centre ville de Boumerdes vers le réseau UMTS, cette migration est basée seulement sur l'utilisation de l'infrastructure existante du réseau GSM. Cette migration doit donc répondre à certaines normes et exigences et le passage d'une génération à une autre reste difficile et nécessite une étude approfondie.

### Conclusion générale

D'après les deux premiers chapitres, nous constatons que les architectes télécoms des réseaux GSM et UMTS sont complémentaires et qu'ils constituent une évolution des offres de services de l'opérateur télécom, des services simples de type 'voix' vers les services évolués de type Data.

Pour migrer vers un nouveau système de communications, les opérateurs veulent bénéficier au maximum de l'infrastructure existante des anciens réseaux pour diminuer le coût de cette migration. C'est le cas de L'UMTS où les opérateurs veulent utiliser l'infrastructure du réseau GSM déjà déployée, ceci réduit en plus de la charge financière, le temps d'implantation des sites et évite aux opérateurs la charge de recherche de nouveaux emplacements. Vu ces exigences nous avons conçu notre réseau 3G 'UMTS', en se basant seulement sur les sites GSM existants de l'opérateur Mobilis.

L'objectif de ce projet est de concevoir (sans optimisation) un réseau GSM-UMTS projeté en exploitant au maximum l'infrastructure existante. Nous avons entamé ce projet par une étude de l'interface radio des réseaux GSM /UMTS. Ensuite, une méthodologie de dimensionnement et déploiement des sites WCDMA en termes de capacité et de couverture radio a été élaborée.

Après avoir analysé la couverture et la capacité des sites WCDMA selon plusieurs scénarios, nous avons pu mettre en évidence l'interdépendance entre la couverture, le type de services demandé et la capacité des systèmes WCDMA. Ces résultats ont été démontrés à la fois par le calcul analytique et les simulations. Les résultats des simulations relatives au dimensionnement de la couverture des sites radio ont fait l'objet d'une liste de recommandations pour l'implantation d'un réseau UMTS, à savoir l'importance de la connaissance de la répartition spatiales des usagers, la nature des services demandés, le nombre de connexions simultanées...

Par ailleurs, pour aborder la phase de migration d'un réseau GSM vers un réseau UMTS et en se basant sur les résultats obtenu dans les premières phases, nous avons choisi le réseau GSM qui couvre la ville de **boumerdes** comme un modèle d'étude. Ce réseau comporte 26 sites GSM et s'étale sur une Surface de 19.125 km<sup>2</sup>.

Après avoir dimensionner, planifier, configurer et déployer le réseau radio 3G (comme étant une première étape du projet), la deuxième étape consiste à déployer un réseau de transmission afin de relier les différents sites radio et l'acheminement du trafic voix (entre BTS) du réseau 2G et data (entre NodeB) du nouveau réseau conçu 3G.

A la lumière de cette étude, nous avons conçu un réseau permettant à la fois de maximiser la couverture et de minimiser les coûts pour une exploitation maximale de l'infrastructure existante.

Enfin, les performances de cette conception ont été validées par les prédictions et les résultats simulés sous le software utilisé.

## Résumé

La plupart des opérateurs des réseaux GSM en Algérie se préparent, actuellement, pour la migration de leurs réseaux vers l'UMTS. Afin de réduire les dépenses relatives à l'implantation des équipements radio UMTS, les opérateurs des réseaux GSM souhaitent exploiter au maximum l'infrastructure existante abritant déjà des équipements GSM.

L'objectif de ce projet est de concevoir un réseau 2G/3G permettant aux opérateurs d'avoir une conception (sans optimisation) du réseau UMTS projeté en exploitant au maximum le réseau 2G existant (déjà conçu). Nous avons entamé ce projet par une étude de l'interface radio des réseaux GSM /UMTS. Ensuite, une méthodologie de dimensionnement des sites WCDMA en termes de capacité et de couverture radio a été élaborée.

A la lumière de cette étude, nous avons conçu un réseau permettant à la fois de maximiser la couverture et de minimiser les coûts pour une exploitation maximale de l'infrastructure de réseau existante.

Enfin, les performances de cette conception ont été validées par l'étude de la migration de sous réseau GSM vers l'UMTS pour une zone se situe a **boumerdes** de l'opérateur **Mobilis**.

### Mots-clés :

GSM, UMTS, 3G, Capacité, Couverture.

# Liste des abréviations

**2G** Réseau de deuxième génération

**3G** Réseau de troisième génération

**3GPP** 3rd Generation Partnership Project

## A

**AGCH** (Acces Grant Channel)

**AUC** (Authentication Center)

## B

**BTS** (Base station Transceiver System)

**BSC** (Base Station Controller)

**BCH** (Broadcast Channel)

**BCCH** (Broadcast Common Channel)

**BSS** (Base Station sub-System)

## C

**CBCH** (Cell Broadcast Channel)

**CDMA** (Code Division Multiple Access)

**CS** (Coding Scheme)

## D

**DL** (Downlink)

## E

**EDGE** (Enhanced Data for GSM Evolution)

**EIR** (equipment identity register)

## F

**FDD** (Frequency Division Duplex)

**FDMA** (Frequency Division Multiple Access)

FCCH (Frequency Correction Channel)

## G

GSM (Global System for Mobile communications)

GPRS (General Packet Radio Service)

GGSN (Gateway GPRS Support Node)

GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying)

GMS (Gateway Mobile Station)

## H

HLR (Home Location Register)

## M

MSC (Mobile services Switching Center)

MS (Mobile Station)

## N

NSS (Network Sub-System)

## O

OMC (Operating and Maintenance Center)

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

## P

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

PCH (Paging Channel)

PCU (Packet Controller Unit)

## Q

QoS (Quality of Service)

QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)

## R

RNC (Radio Network Controller)

RACH (Random Access Channel)

RLC (Radio Link Control)

RRC (Radio Resource Control)  
RTC (réseau téléphonique commuté)

## S

SMF (Single Mode Fiber)  
SCH (Synchronized Channel)  
SDCCH (Stand-alone Dedicated Control Channel)  
SGSN (Serving GPRS Support Node)  
SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

## T

**TDD (Time Division Duplex)**  
TDMA (Time division multiple access)  
TS (Time Slots)  
TCH (Traffic Channel)  
TSN (Time Slots number)

## U

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)  
UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)  
UE (User Equipment)

## V

VLR (Visitor Location Register)

## W

W-CDMA (Wideband Code-Division Multiple Access)

# Bibliographie

---

## **Ouvrage :**

### **- UMTS : Les réseaux mobiles de troisième génération**

Auteurs : Harri Holma et Antti Toskala

**Edition : "O.E.M"**

### **-UMTS : Les origines, L'architecture, La norme**

Auteur : Pierre Lescuyer

**Edition : "DUNOD"**

**Année : 2001**

### **-Réseaux : GSM-DSC des principes à la norme**

Auteur **Xavier Lagrange**

**Edition : "DUNOD"**

**Année : 2002**

### **- Réseaux : Réseaux**

**Auteur : Andrew Tanenbaum**

**Année : 2003**

## **Sites internet :**

[www.wikipédia.com](http://www.wikipédia.com)

[www.Mentum-Atoll.org](http://www.Mentum-Atoll.org)

[www.3gpp.org/](http://www.3gpp.org/)

[www.rfnitro.com/pdfs/WCDMA.pdf](http://www.rfnitro.com/pdfs/WCDMA.pdf)

[www.imt-2000-online.com/fr/umts](http://www.imt-2000-online.com/fr/umts)

[www.umts-forum.org/](http://www.umts-forum.org/)

[www.efort.com](http://www.efort.com)

[www.agilent.com](http://www.agilent.com)

[www.huawei.com](http://www.huawei.com)

## **Mémoires**

-Mémoire « Ingénieure »

Titre : Présentation du réseau GSM et modélisation par TEMS cellPlanner

Auteur : Melle Ali Slimane Amel

Promotion : 2008/2009

-Mémoire« Ingénieure »

Titre : Optimisation et performances du réseau GSM

Auteur : Melle.Benali Lamia et Melle .Hamadou Kahina

Promotion 2008/2009.

-Mémoire « Ingénieure »

Titre : Etude du dimensionnement d'un réseau 3G(UMTS).Application pour la ville de  
Tizi-ouzou

Auteur : M<sup>r</sup>.Mouhamed Cherif Merzouk et M<sup>r</sup>.Ramdane Rafik

Promotion 2008/2009.

-Mémoire « Ingénieure »

Titre : Etude et fonctionnement du réseau de transmission GSM(Mobilis) à la wilaya de  
tizi-ouzou

Auteur: M<sup>r</sup>.R.Mansour et Melle.Z.Takaznount

Promotion: 2008/2009.

-Mémoire : « Ingénieure »

Titre : Etude et déploiement d'un nouveau site GSM

Auteur : M<sup>r</sup>.Hadid Said

Promotion 2007/2008.

