

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 :

**ETUDE DE DIMENSIONNEMENT ET
PLANIFICATION D'UN RESEAU D'ACCES
WCDMA 3G**

Proposé et dirigé par :

Mr. *BENAMENE.K*

Mr. *LEHDIRI.T*

Mr. *AKROUR.K*

Présenté par :

Mr. BOUGHANIME Belkacem

Mr. DJEBBARA Youcef

Année universitaire 2012/2013

Remerciement

*Nos remerciement 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 nos chères parents, que Dieu les protège et leurs procure une longue vie.

*Nous remercions notre promoteur **M^r BENNAMANE.K** pour ses conseils et ses remarques constitutives. Ainsi qu'à notre Co-promoteur **M^r AKROUR.K** qui a veillé sur le bon déroulement de ce travail.*

*Sans oublies le personnel de Mobilis aux niveaux de la direction qui ont été à la hauteur de leurs nobles tâches et leurs accueil chaleureux tous au long de ce projet ainsi que leurs esprits d'ouverture et leurs disponibilités, surtout **M^r LEHDIRI.T.***

Tous nous 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.

Nous 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

Je dédie ce travail à mes très chers parents, pour leur soutien et tous les efforts qu'on m'a donnés le long de mon parcours et je leur souhaite bonne santé et longue vie.

A toute ma famille.

Je dédie ce travail aussi à mes très chers amis: yacine, saidi, belkacem, mouh.

A tous mes enseignants qui ont fait leurs possibles pour nous donner le maximum d'informations concernant notre étude

*Et finalement à mon co-promoteur
Mr. Akrou .K,*

youcef

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents, pour leurs nombreux sacrifices. Que Dieu les protège

A mon grand frère dada Farid pour son soutien le long de mon parcours

A mes frères Karim et Youba

A mes sœurs Ghenima et Madiha

A tous mes amis sans exception

A mon co-promoteur Mr Akrou .K

A mon binôme Youcef et sa famille.

Belkacem

Sommaire

Sommaire

Introduction générale 1

Chapitre I : Les principaux concepts en réseaux radio mobiles 3G

I.1-Introduction : 2

I.2- Évolution des réseaux mobiles : 2

I.3- Présentation de la norme UMTS : 4

I.3.1-spectres de fréquences : 5

I.3.2- Duplex et accès multiple, les deux modes de l'UMTS: 5

I.3.2.1. Le duplex : 5

I.3.2.2-L'accès multiples : 6

I.3.2.2.1-Accès multiple à répartition fréquentielle (AMRF, FDMA) : 6

I.3.2.2.2-Accès multiple à répartition dans le temps (AMRT, TDMA) : 7

I.3.2.2.3-Accès multiple à répartition par code (AMRC, CDMA) : 7

I.3.3-LES différences majeures entre le GSM et l'UMTS : 8

I.3.4- Les services offerts : 9

a) Services conversationnels 10

b) Services interactifs 10

c) Services streaming 10

d) Services en arrière-plan 10

I.4-Architecture d'un réseau UMTS : 11

I.4.1- Domaine de l'équipement usager : 12

I.4.1.1- L'équipement mobile : 12

I.4.1.2- L'USIM (Universal Subscriber Identity Module): 12

I.4.2- Domaine du réseau d'accès : 13

I.4.2.1- NodeB : 13

I.4.2.2-Les interfaces de communication : 14

I.4.2.3- Le RNC : 14

I.4.3- Domaine du réseau cœur : 15

I.4.3.1- Élément commun : 15

➤ Le HLR 15

➤ L'AuC 15

➤ L'EIR 16

I.4.3.2- Domaine à commutation de circuits : 16

➤ Le MSC 16

Sommaire

➤ Le GMSC	16
➤ Le VLR	16
I.4.3.3- Domaine à commutation de paquets :	16
I.5- Couches de protocoles radio de l'interface d'accès :	17
I.5.1-Les canaux :	18
I.5.1.1- les canaux logiques :	18
I.5.1.2- Les canaux de transport.....	18
I.5.2-La couche physique de l'UTRAN :	18
I.5.3- La couche MAC :	19
I.5.3.1-Fonctionnalités :	19
I.5.3.2-Les unités de données du protocole MAC :	19
I.5.4-Les autres couches :	20
I.6- La gestion des appels dans le réseau UMTS :	20
I.6.1- La mise sous tension :	20
➤ Sélection du PLMN	20
➤ Recherche d'une cellule candidate	21
➤ Inscription au réseau	21
• Inscription au domaine PS :	21
• Inscription au domaine CS	21
I.6.2- Etablissement de la connexion :	21
➤ Etablissement d'un appel PS	21
➤ Etablissement d'un appel CS.....	22
I.6.3. La mise hors tension :	22
I.7-Mobilité dans les réseaux cellulaires :	23
I.7.1-Le handover :	23
I.7.1.1-Type de handover :	24
➤ Le Hard handover	24
➤ Soft handover.....	25
➤ Softer handover.....	25
I.7.1.2-Phases du handover	26
I.7.1.3-Processus du handover.....	27
➤ La décision.....	27
➤ Allocation des ressources	27
➤ Exécution du handover	27
I.7.2-La localisation.....	27

Sommaire

I.8-conclusion :	28
Chapitre II : Dimensionnement et Planification d'un réseau d'accès WCDMA 3G	
II.1-Introduction :	29
II.2-Interface d'accès large bande CDMA (W-CDMA) :	29
II.2.1-Caractéristiques du W-CDMA :	29
II.2.2-Flexibilité et extensibilité de services dans le W-CDMA :	29
II.2.3-Étalement de spectre dans le W-CDMA :	30
II.2.4-control de puissance :	31
II.2.5-Récepteur multi trajet (RAKE) :	32
II.3- Planification et Dimensionnement d'un réseau d'accès radio WCDMA:.....	33
II.3.1-Processus de Planification :	34
➤ Définition des exigences nécessaires :	34
➤ Déterminer le modèle de propagation :	34
➤ Estimation le nombre nominal des cellules	34
➤ Recherche et audit des sites :	34
➤ Conception de réseau radio.....	34
➤ Déterminer les paramètres initiaux :	34
II.3.2-Processus de dimensionnement :	34
II.3.2.1-Bilan de liaison :	35
II.3.2.1.1- paramètres spécifiques au WCDMA dans le bilan radio :	35
➤ Facteur de charge en UL :	35
➤ Facteur de charge en DL :	35
II.3.2.1.2-Les paramètre du bilan de liaison :	36
II.3.2.1.2.1-Paramètre de transmission :	36
➤ Densité de bruit thermique (dBm /Hz)	36
➤ Débit Chip Tc :	36
➤ Marge d'évanouissement rapide (fast fading) :	36
➤ slow fading :	36
II.3.2.1.2.2-Paramètres de l'équipement utilisateur et du Node B :	36
➤ Perte du corp (dB) :	36
➤ facteur bruit du récepteur (dB) :	36
➤ Densité de bruit du récepteur (dBm / Hz) :	36
➤ Puissance du bruit du récepteur (dBm) :	37
➤ Gain de diversité d'antenne (dB) :	37

Sommaire

➤ Sensibilité du récepteur (dBm) :	37
➤ Pertes dans les câbles et les connecteurs (dB) :	37
II.3.2.1.2.3-Paramètres liés aux services	37
➤ Gain de traitement (dB) :	37
➤ Eb/N0 requis :	37
➤ Gain de Soft handover (GSHO).....	37
➤ Marge d'interférence (noise rise) :	37
II.3.2.1.3- Bilan de liaison pour le lien montant(UL) :	37
II.3.2.2- La propagation dans l'environnement radio :	40
II.3.2.2.1- Les modes de propagation :	40
La réflexion :	40
La diffraction :	40
La diffusion.....	40
La réfraction :	40
II.3.2.2.2- Modèle de propagation COST 231 Hata :	40
II.3.2.3-Estimation du rayon et de la surface de la cellule :	41
II.4-Dimension de la capacité W-CDMA :	42
II.4.1-Capacité en uplink	42
II.4.2-Capacité en Downlink :	42
II.4.3-Détermination du rayon de la cellule :	43
II.5- Dimensionnement des interfaces du réseau d'accès:	44
II.5.1-Dimensionnement de CE (Chanel Element) :	44
II.5.2-Dimensionnement de l'interface Iub :	45
II.5.3-Dimensionnement de l'interface Iur :	46
II.5.4-Dimensionnement de l'interface Iu :	46
II.6-Dimensionnement du RNC :	46
II.7-Conclusion :	47

Chapitre III : Application sur un cas réel (ville de Tizi-Ouzou)

III.1-Introduction :	48
III.2-Description du projet :	48
III.2.1-Description de logiciels utilisés pour notre application (Atoll, RND7.0).....	48
a) Atoll :	48
b) RND 7.0 (Radio Network Dimensioning).....	48
III.2.2-Zone géographique à planifier :	50
III.3-Dimensionnement du réseau 3G :	50

Sommaire

III.3.1-Cahier de charges :.....	51
➤ Caractéristique générales WCDMA :.....	51
➤ Caractéristiques des stations mobiles et stations de bases :.....	51
➤ densité de population:.....	51
➤ Mode du trafic :	51
➤ Profil de consommation des abonnés :	51
III.3.2-Portée et estimation de la couverture d'une cellule :	52
III.3.3-Capacité d'une cellule :.....	53
III.3.4-Resultat de dimensionnement de CE /Iub :.....	54
III.4-Phase de planification :	54
III.4.1-Paramètres d'entrés (Input) :.....	55
III.4.1.1-carte de trafic :	55
III.4.1.2-Introduction des sites :	56
III.4.1.3-type d'antennes :	58
III.4.1.4-Définition des services des utilisateurs et des équipements :	59
III.5-Phase de simulation et de prédiction :.....	59
III.5.1-Configuration du réseau 3G :.....	60
III.5.2-Simulation :.....	60
III.5.3-Prédictions :	61
III.5.3.1-Résultat des prédictions :	62
1)Couverture par niveau du signal :	62
2) Qualité du signal E_c/I_o :.....	63
3)Overlapping zones (zones de chevauchement) :	64
4)Handoff Status (statut de Handover) :.....	65
III.6-Conclusion:.....	65
Conclusion générale	67
Résumé	68
Bibliographie.....	69
Liste des abréviations.....	71
Annexe.....	76

Liste des figures

Liste des figures

Figure. I.1 : Couverture globale de l'UMTS suivant une structure hiérarchique de cellules.....	5
Figure. I.2 : Attribution du spectre fréquentiel pour l'UMTS.....	5
Figure. I.3 : Accès multiple par répartition de fréquences (FDMA).....	6
Figure. I.4 : Accès multiple par répartition dans le temps (TDMA).....	7
Figure. I.5 : Méthode d'accès multiple à répartition de codes (CDMA).....	8
Figure. I.6 : Architecture générale du réseau UMTS.....	11
Figure. I.7 : L'équipement usager.....	12
Figure. I.8 : Éléments du réseau d'accès UTRAN.....	13
Figure. I.9 : NodeB avec antenne omnidirectionnelle.....	14
Figure. I.10 : NodeB avec antennes sectorielles.....	14
Figure. I.11 : Architecture du réseau cœur de l'UMTS	15
Figure. I.12 : Couches de protocoles de l'interface radio.....	17
Figure. I.13 : Unité de données du protocole MAC (MAC-PDU).....	19
Figure. I.14 : Mise sous tension du terminal.....	20
Figure I.15 : Différents cas du handover.....	24
Figure I.16 : Procédure d'exécution du handover.....	24
Figure I.17 : Hard handover.....	25
Figure I.18 : Soft handover.....	25
Figure I.19 : Softer handover.....	26
Figure I.20: Phases du handover.....	27
Figure II.1 : Arbre des codes OVSF.....	30
Figure II.2 : Effet Near-Far	31
Figure II.3 : contrôle de puissance WCDMA.....	32
Figure II.4 : Processus de dimensionnement et planification WCDMA.....	33
Figure II.5 : Organigramme globale de dimensionnement du rayon.....	44
Figure III.1: interface graphique Atoll	49
Figure III.2: interface graphique de RND 7.0	49
Figure III.3: Zone géographique (ville Tizi-Ouzou)	50
Figure III.4 : Carte de trafic.....	55
Figure III.5 : Antenne tri-bandes.....	58
Figure III.6 : Diagramme de rayonnement de l'antenne.....	58
Figure III.7 : Menu de configuration des paramètres d'une simulation.....	60
Figure III.8 : Menu de configuration des paramètres des prédictions.....	60
Figure III.9 : Couverture par niveau de signal (RSCP : puissance du signal de code reçu...)	61
Figure III.10 : Meilleur niveau du signal.....	61
Figure III.11 : Prédictions de la qualité du signal E_c/I_o	62
Figure III.12 : Rapport des prédictions de la couverture par apport E_c/I_o	62
Figure III.13 : carte de zone de recouvrement.....	63
Figure III.14 : Rapport d'Overlapping zones	63
Figure III.15 : Statut de Handover.....	64

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux

TAB. I.1 : Exemple de systèmes cellulaires.....	2
TAB. I.2 : Exemple de réseaux numériques 2G.....	3
TAB. I.3 : Différence entre l'UMTS et GSM.....	8
TAB. I.4 : Classes de services de l'UMTS.....	11
TAB II.1 : Code de Channelization et de Scrambling.....	31
TAB II.2 : Processus de Planification.....	34
TAB II.3 : Bilan de liaison UMTS.....	39
TAB II.4 : valeur de C_m	41
TAB II.5 : Relation entre la surface couverte et distance entre les BTS avec nombre des secteurs dans la cellule.....	41
TAB II.6 : facteur d'utilisation de CE.....	45
TAB.III.1 : Mode du trafic.....	51
TAB.III.2 : Consommation des abonnés.....	51
TAB.III.3 : Resultat de bilan de liaison UMTS.....	52
TAB.III.4 : Paramètre de la capacité.....	53
TAB.III.5 : Paramètre de la bande.....	53
TAB.III.6 : Résultat de dimensionnement de la capacité.....	53
TAB.III.7 : Résultat de dimensionnement de CE/Iub.....	53
Tableau III.8 : Points nominaux des sites candidats.....	57

Présentation de l'entreprise

Présentation de l'entreprise :

Mobilis, filiale d'Algérie Télécom, est l'un des 3 grands opérateurs mobiles en Algérie. Devenu autonome en août 2003, Mobilis propose à ses clients : offres post et pré-payées, SMS, roaming à l'international, messagerie vocale, consultation de la facture sur Internet, notification gratuite du solde après chaque appel, appel gratuit vers un ou plusieurs numéros favoris...

Le 15 décembre 2004, Mobilis a lancé le premier réseau expérimental UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) en Algérie. Avec son offre GPRS « Mobi+ », Mobilis est un opérateur multimédia en Algérie.

Mobilis a lancé un vaste chantier de déploiement de son réseau GSM.

Aujourd'hui, près de 80 % de la population algérienne est couverte par le réseau et plus de 10 millions d'abonnés actifs.

L'opérateur offre également à ses clients la possibilité de se connecter à internet via son réseau de téléphonie mobile en utilisant les technologies GPRS/EDGE et ce grâce à son offre MobiConnect qui consiste en un modem USB dans lequel se glisse une puce DATA que l'on peut relier à son ordinateur portable ou de bureau. Cette offre de connexion n'offre, malheureusement, aux abonnés que deux seules adresses IP publiques uniques partagées par des milliers de clients (213.140.59.46 et 213.140.59.45).

En fin Mobilis va lancer la technologie 3G au début de décembre 2013 dans quelques wilayas (Oran, Alger, Ouargla...)

Mobilis	
 Nouveau Logo de Mobilis	
Création	2003
Dates clés	Janvier 2003 : Création de Algérie Télécom à partir des PTT Août 2003 : Création de Algérie Télécom Mobile nommée Mobilis
Fondateurs	Algérie Télécom
Personnages clés	Saâd Damma, Mehmel Azouaou
Forme juridique	Société par actions
Slogan	« "Partout Avec Vous » (Français) « أينما كنتم » (Arabe)
Siège social	 Siège ATM Mobilis, Quartier d'Affaires, Bab Ezzouar, 16000, Alger (Algérie)
Direction	Saâd Damma (2012)
Actionnaires	État Algérien
Activité	Opérateur de télécommunications, Opérateur de téléphonie mobile
Produits	Commercialisation d'équipements et de services de télécommunication pour les particuliers, les professionnels et les entreprises (via Mobilis Corporate), UMTS, GPRS, GSM, SMS...
Société mère	Algérie Télécom
Sociétés sœurs	Algérie Télécom Satellite, Djaweb
Effectif	4 700 (au 31/12/2012)
Site web	Mobilis.dz ↗

Introduction
générale

Introduction générale

Les systèmes de troisième génération sont conçus pour fournir des services multimédias avec une qualité et une couverture meilleure que celles offertes par les réseaux de 2^{ème} génération. Le réseau UMTS est issu du concept IMT2000 pour les systèmes mobiles. Il est conçu comme support pour les applications large bande grâce à l'étalement de spectre et le mode d'accès multiple CDMA. Cette technologie est la dénomination de la norme détenue en Europe pour les systèmes de radiocommunications mobiles de troisième génération, qui permettront une large gamme de services intégrant la voix, les données, l'image et la vidéo... En outre ces applications présentent de nouveaux défis pour les opérateurs du fait qu'ils présentent de fortes contraintes de la QoS et qu'ils demandent des débits élevés pouvant atteindre des centaines de Kbits/s.

Pour les opérateurs, la question qui se pose aujourd'hui est de déployer un réseau mobile adapté à la fois au transport de trafic Internet et à celui du trafic vocal et qui peut être le siège de nouvelles applications multimédias. C'est dans ce cadre que les réseaux mobiles de troisième génération constituent une réponse à cette question. La planification des réseaux mobiles de 2^{ème} génération type TDMA s'effectue en deux étapes disjointes. La première consiste à déterminer l'emplacement des stations de base afin d'assurer une couverture totale. La seconde étape a pour but d'attribuer des bandes de fréquences aux stations de base afin de répondre à un besoin en trafic. Dans le cadre de l'UMTS, cette approche n'est plus valide car toute la bande disponible est partagée par tous les mobiles. Il n'y a donc pas d'attribution de fréquences comme en GSM. En outre, le nombre d'utilisateurs que peut servir une cellule n'est pas limité par un nombre de canaux disponible mais plutôt par le niveau d'interférence.

Le niveau d'interférence dans le réseau dépend à la fois de la distribution du trafic et de l'emplacement des stations de base (node-B). Ainsi, l'emplacement des stations de base doit être fait en tenant compte à la fois des critères de couverture et de capacité. C'est dans ce cadre que notre projet s'inscrit. On se propose de dimensionner et planifier un réseau 3G en utilisant plusieurs paramètres et un modèle de propagation afin de répondre aux besoins de couverture et de trafic.

Dans ce rapport, on présentera dans le premier chapitre un aperçu général sur le réseau UMTS. Nous allons étudier en premier lieu, l'architecture et les fonctionnalités de ce réseau. Ensuite, nous ferons une étude détaillée de l'interface radio UMTS. Le chapitre 2 portera sur la description de la méthodologie adoptée pour le dimensionnement et la planification de l'interface radio des réseaux radio mobiles 3G. Le troisième chapitre consacré aux résultats issus de l'application de cette démarche sur un cas réel, à savoir le dimensionnement et la planification de la ville de Tizi-Ouzou.

Nous allons utiliser le logiciel Atoll pour simuler le réseau d'accès WCDMA. Cette phase est abordée pour évaluer les ressources nécessaires à fin d'assurer la couverture des services à lancer.

Chapitre I

**Les principaux
concepts en réseaux
radio mobiles 3G**

*Chapitre I : Les principaux concepts en réseaux radio mobiles 3G***I.1-Introduction :**

Le réseau mobile UMTS est un système qui utilise la technologie W-CDMA afin de pouvoir offrir une multitude de services à valeur ajoutée. Dans ce chapitre, nous faisons une synthèse des principaux concepts du réseau radio mobile 3G (UMTS). Nous commencerons par présenter l'évolution des standards de réseaux mobiles classés sous forme de générations. Puis, nous ferons l'étude des méthodes d'accès dans les réseaux mobiles et plus particulièrement celles à base de CDMA. Par la suite, nous présenterons l'architecture générale du réseau mobile de troisième génération UMTS, ainsi que les classes de services qu'il supporte. Nous nous intéresserons particulièrement au sous-système radio de l'UMTS et ses protocoles ainsi les fonctions de la couche physique. Pour terminer, nous détaillerons la gestion la mobilité des appels dans le réseau UMTS.

I.2- Évolution des réseaux mobiles :

La première génération de réseaux mobiles est souvent appelée « réseaux cellulaires » en raison de la subdivision en cellules de l'étendue géographique du réseau. À la fin des années 80, le premier réseau cellulaire, baptisé AMPS (Advanced Mobile Phone Service), a vu le jour à Chicago. Par la suite, plusieurs pays ne tardent pas à lancer leurs propres réseaux que nous pouvons résumer dans le tableau 1. L'ensemble des réseaux cellulaires fonctionne en mode de transmission analogique et utilise la technique d'accès FDMA.

Standard	Bande de fréquences DL(MHz)	Bande de fréquence UL(MHz)	Largeur de bande d'un canal(KHz)
AMPS	869-894	824-849	30
TACS	935-960	890-915	25
E-TACS	917-950	872-905	25
NMT450	463-467.5	453-457.5	25
NMT900	935-960	890-915	12.5
C450	460-465.74	450-455.74	10
RMTS	460-465	450-455	25
NTT	870-885	925-940	25/6.25

TAB. I.1 : Exemple de systèmes cellulaires

Malgré le succès de ces réseaux cellulaires, un problème important apparaissait lorsque le nombre d'utilisateurs augmentait car ceux-ci avaient tendance à être plutôt regroupés dans des zones urbaines et cela affectait inévitablement la capacité en terme de nombre d'utilisateur de cette région. En plus de ce problème, des cas de fraude importants ont commencé à faire surface, ce qui a nécessité des améliorations nécessaires et urgentes devant être apportées à cette première génération.

Au début des années 90, la deuxième génération de réseaux mobiles a fait son apparition. À l'instar de la première génération qui est analogique, les systèmes de la 2G sont tous numériques. Ce passage offre plusieurs avantages, dont une augmentation de la capacité, une meilleure sécurité contre les fraudes ainsi que de nouveaux services, comme la messagerie texte SMS (Short Message Service).

L'un des standards les plus répandus de la 2G est sans doute le GSM (*Global System for Mobile Communications*). Le GSM a été lancé en 1991 et a été développé en tant que standard ayant pour but d'être utilisé partout à travers les pays d'Europe dont la plupart utilisaient des systèmes 1G différents. Les différents systèmes de la 2G sont présentés dans le tableau 2.

Standard	Bandes de fréquences DL et UL (MHz)	Méthode d'accès	Largeur du canal	Utilisateur par canal	Région
GSM	935-960 et 890-915	TDMA	200 kHz	8	Europe/Asie
IS-136	869-894 et 824-849	TDMA	30 kHz	3	É.U.A.
IS-95	869-894 et 824-849	CDMA	1.25 MHz	64	É.U.A./Asie
iDEN	851-866 et 806-821	TDMA	25 kHz	3/6	É.U.A.
PDC	935-960 et 890-915	TDMA	25 kHz	3/6	Japon

TAB. I.2 : Exemple de réseaux numériques 2G

Les systèmes de deuxième génération offrent plusieurs avantages par rapport aux systèmes analogues, mais restent néanmoins concentrés sur l'optimisation d'un seul service : la voix. Le débit de transfert de données n'a pas été une priorité et reste assez limité à l'ère des communications multimédia. Pour palier à cette situation, une technologie de transition, souvent dénotée par 2.5G, a été développée. Cette évolution avait pour but de permettre aux opérateurs de réseaux mobiles de déployer des services de données plus efficaces tout en gardant la même infrastructure de leurs réseaux 2G. Ces services se basent sur la technique de commutation par paquets utilisée dans le réseau Internet. Le GPRS (General Packet Radio Service) est une solution qui a été introduite dans les réseaux GSM à la fin des années 90. Ce système propose des débits maximums (peak rate) de l'ordre de 115 kbps. Une seconde étape de cette évolution, du nom d'EDGE (Enhanced Data for Global Evolution), est proposée en conjonction avec GPRS. Celle-ci permet, en théorie, de tripler le débit obtenu avec le GPRS, soit un maximum de 473.6 kbps. Cependant, ces débits étaient loin d'être atteints avec un nombre d'utilisateurs constamment en augmentation.

Il existe plusieurs technologies 3G dans le monde. Chacune d'elles suit les recommandations IMT2000. Suivant les continents la norme utilisée est différente : Europe : UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) Amérique : CDMA2000 Japon et Corée : W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) Chine : TD-SCDMA. Ces normes permettent de transporter les données sans-fil à haut-débit sur la même connexion. La particularité des technologies 3G est d'avoir un réseau cœur IP.

L'organisme UIT (Union Internationale des Télécommunications) qui réglemente les différents standards de télécommunications au niveau mondial avait pour objectif de définir

un standard unique et international pour la troisième génération : l'IMT-2000. Mais cela a échoué puisque pas moins de quinze technologies d'accès radio lui ont été proposées. Au final, seulement 6 technologies d'accès radio terrestre auront été gardées : UTRA/FDD, UTRA/TDD, TD-SCDMA, Cdma2000, UWC-136, DECT. L'UMTS quant à lui regroupe les deux premières technologies.

I.3- Présentation de la norme UMTS :

L'UMTS est donc la norme de télécommunications de troisième génération utilisée en Europe et est basée sur la technologie W-CDMA (utilisée au Japon et au Corée). Elle a été développée à partir de 2004 avec la Release 99 (R99). Sa bande de fréquence de fonctionnement est 1900MHz-2000MHz. Les spécifications techniques de cette norme sont développées au sein de l'organisme 3GPP. L'UMTS est compatible avec tous les réseaux du monde du fait de la possibilité de roaming au niveau mondial. Ainsi l'UMTS est conçu de manière à proposer ces services suivants :

- Elle rend possible un accès plus rapide à Internet à haute débit depuis les téléphones portatifs ;
- Elle améliore la qualité des communications et assure une continuité avec les services actuels de téléphonie mobile ;
- Elle répond au problème croissant de saturation des réseaux GSM (dans les grandes villes) ;
- Elle assure une haute flexibilité pour permettre aisément l'introduction de nouveaux services et le support de services mobiles multimédias à haut débit;
- Fournir des services à commutation de circuits (idéal pour la voix) et à commutation de paquets (idéal pour la transmission de données) ;
- Elle permet d'augmenter les débits supportés par le réseau par rapport au réseau de 2ème génération :
 - ✓ 144 Kbits/s en environnement extérieur avec une grande mobilité ;
 - ✓ 384 Kbits/s en environnement extérieur avec une mobilité quasi-stationnaire ;
 - ✓ 2 Mbits/s usagers quasiment immobiles et proches de l'antenne d'émission de la cellule ;

L'architecture de ce système est composée d'un réseau terrestre d'accès radio, UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) et d'un réseau cœur (Core Network). L'UTRAN utilise deux modes d'accès fondés sur la technologie CDMA large bande (WCDMA) :

- L'UTRA/FDD (Universal Terrestrial Radio Access/Frequency Duplex Division).
- L'UTRA/TDD (Universal Terrestrial Radio Access/Time Duplex Division).

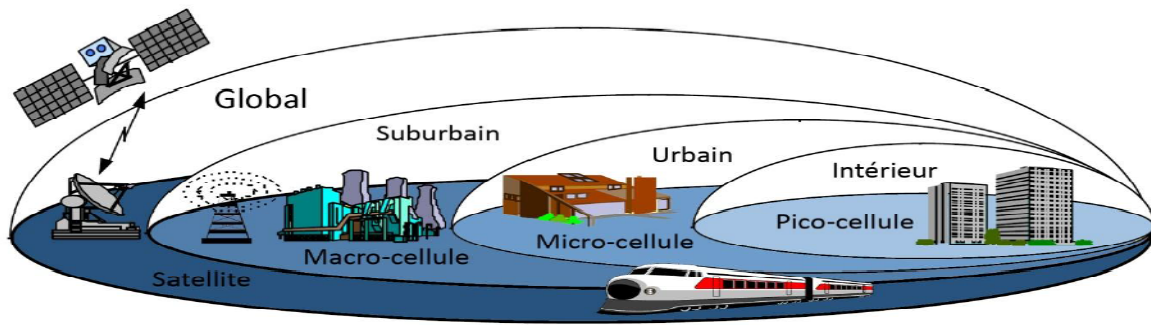


Figure. I.1 : Couverture globale de l’UMTS suivant une structure hiérarchique de cellules

I.3.1-spectres de fréquences :

Les bandes de fréquences allouées pour l’IMT 2000 sont 1885-2025 MHz et 2110-2200MHz.

L’UMTS propose les répartitions suivantes :

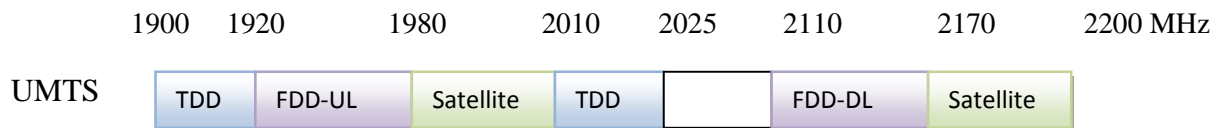


Figure. I.2 : Attribution du spectre fréquentiel pour l’UMTS

I.3.2- Duplex et accès multiple, les deux modes de l'UMTS:

Lors de la définition de l'interface radio d'un réseau de communication mobile multiutilisateur, les deux premiers points à préciser sont :

- la façon dont sont séparées la voix montante et la voix descendante d'une même communication entre le terminal et la station de base : c'est le duplex,
- la façon dont est partagée la ressource fréquentielle entre les divers utilisateurs du système : c'est l'accès multiple

I.3.2.1. Le duplex :

Le duplex correspond à la séparation des voies montante et descendante d'une même communication. Pour l'UMTS, deux possibilités ont été identifiées : le duplex fréquentiel (FDD, Frequency Division Duplex) et le duplex temporel (TDD, Time Division Duplex).

Le duplex fréquentiel correspond à la situation où le terminal et la station de base émettent à des fréquences différentes. Ce mode de duplex offre la possibilité d'émettre et de recevoir des données en même temps, mais impose de disposer du matériel suffisant pour

émettre et recevoir à deux fréquences différentes en même temps. D'autre part, la mise en place d'un tel mode de duplex nécessite l'attribution de deux fréquences, et plus généralement la division de la bande de fréquence attribuée à l'opérateur en deux sous-bandes appairées, une réservée à la voie montante, l'autre à la voie descendante. La différence entre les fréquences d'émission et de réception est appelée écart-duplex, et peut être fixe, comme pour GSM, ou variable, comme pour l'UMTS (en UMTS-FDD est fixé à 190 MHz).

Pour le duplex temporel, les deux voies empruntent la même fréquence porteuse : des deux côtés de la liaison, l'émission et la réception se font à la même fréquence, mais jamais en même temps. Un système de temps de parole et d'écoute est mis en place pour éviter la collision des émissions : le mobile émet pendant un temps t , puis c'est au tour de la station de base d'émettre pendant le même temps t , et ainsi de suite. . .

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

I.3.2.2-L'accès multiples :

Le partage des fréquences entre des différents utilisateurs est réalisé par des techniques d'accès permettant la gestion du spectre radio. Ces techniques sont appelées techniques d'accès multiples. Elles sont réparties en trois types :

I.3.2.2.1-Accès multiple à répartition fréquentielle (AMRF, FDMA) :

C'est la méthode la plus ancienne. Le spectre disponible est divisé en canaux. Chaque canal fréquentiel est assigné à un seul utilisateur simultanément. La méthode d'affectation d'un canal est alors basée sur une règle du type premier arrivé, premier servi.

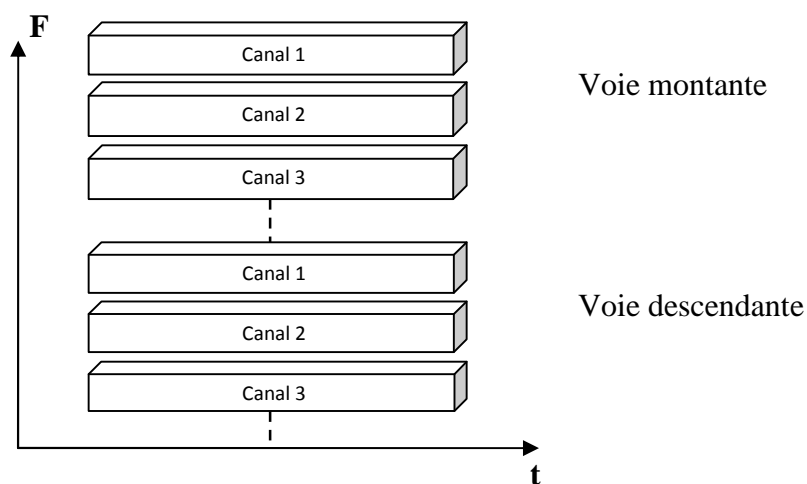


Figure. I.3 : Accès multiple par répartition de fréquences (FDMA)

I.3.2.2.2-Accès multiple à répartition dans le temps (AMRT, TDMA) :

Le TDMA est surtout utilisé dans les systèmes de deuxième génération, tels que le GSM ou le IS-136 (appelé aussi *Digital AMPS*). Par cette technique, une même bande de fréquences est partagée par un certain nombre d'utilisateurs qui se voient attribués un intervalle (*slot*) de temps unique, comme le montre la figure I.4. Dans le cas de la norme européenne GSM, chaque canal de 200 kHz est divisé en huit tranches de temps, tandis que selon la norme américaine IS-136, chaque canal de 30 kHz est divisé en trois tranches de temps. Ces systèmes permettent d'avoir, dans des conditions réelles d'utilisation, une capacité un terme de nombre d'utilisateurs 3 à 6 fois supérieure à celle des systèmes qui se basent sur le FDMA.

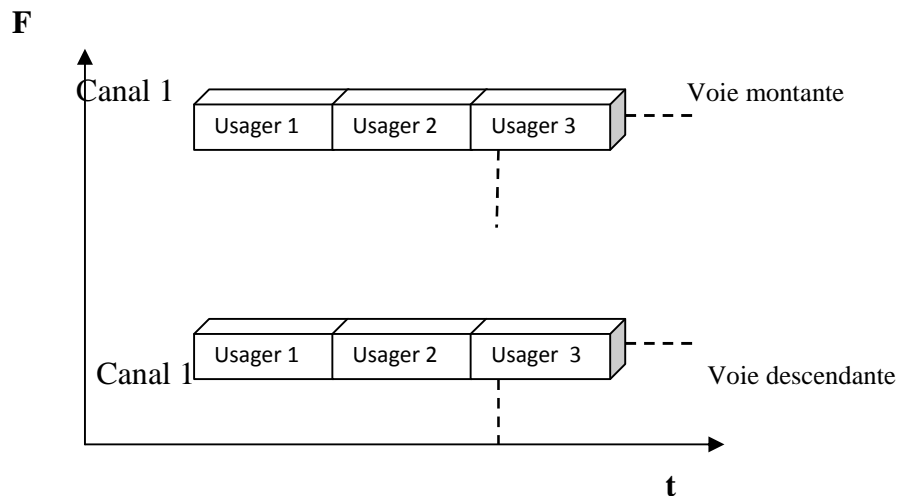


Figure. I.4 : Accès multiple par répartition dans le temps (TDMA)

I.3.2.2.3-Accès multiple à répartition par code (AMRC, CDMA) :

Elle constitue une méthode d'accès où tous les utilisateurs partagent la même bande de fréquences comme illustré à la figure I.5. La technique d'étalement de spectre est utilisée pour affecter à chaque utilisateur un code, ou séquence, unique qui détermine les fréquences et la puissance utilisées. Le signal contenant l'information de l'émetteur est modulé avec la séquence qui lui est attribuée, ensuite le récepteur recherche la séquence en question. En isolant toutes les séquences provenant des autres utilisateurs (qui apparaissent comme du bruit), le signal original de l'utilisateur peut alors être extrait.

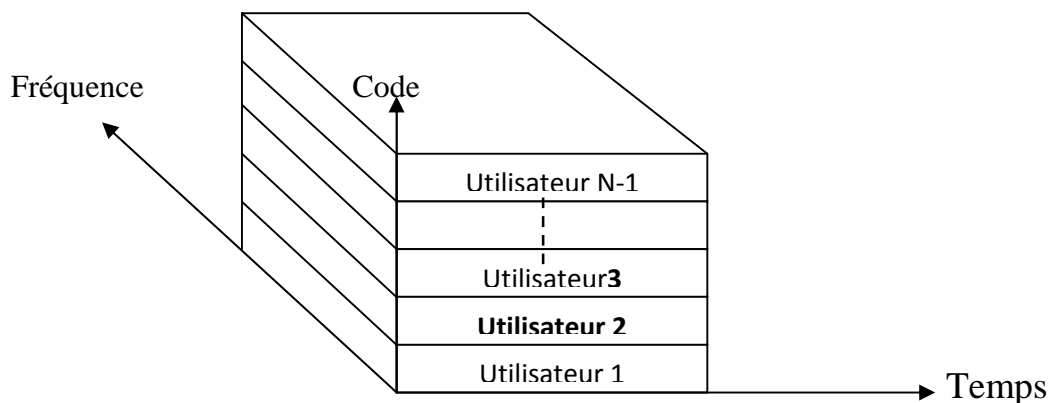


Figure. I.5 : Méthode d'accès multiple à répartition de codes (CDMA)

I.3.3-LES différences majeures entre le GSM et l'UMTS :

L'UMTS est conçu pour s'interconnecter et interagir avec le GSM, par conséquent il est tout à fait possible de comparer ces deux systèmes.

		GSM	UMTS	
			UTRA/FDD	UTRA/TDD
Technique d'accès multiple		FDMA TDMA	FDMA CDMA	FDMA TDMA CDMA
Mode de duplexage		FDD	FDD	FDD
Séparation entre porteuses (kHz)		200	5000	5000
Spectre de Fréquences (MHz)	Voie Descendante	925-960 1805-1880 1850-1910	2110-2170	1900-1920 2010-2025
	Voie Montante	880-915 1720-1785 1930-1990	1920-1980	1900-1920 2010-2025
Type de modulation de données		GMSK	BPSK (VM) QPSK (VD)	QPSK
Périodicité du contrôle de puissance		2	1500	100 à 750
Durée d'une trame (ms)		4,615	10	10
Durée d'un slot (ms)		4,615/8= 0,577	10/15=0,667	10/15=0,667
Synchronisation entre station de base		Asynchrone	Asynchrone Synchrone	Synchrone

TAB. I.3 : Différence entre l'UMTS et GSM

I.3.4- Les services offerts :

Standardiser un nouveau service requiert généralement une modification des spécifications techniques, procédé long et ardu qui peut représenter un frein à l'innovation et à la standardisation de services. Par conséquent, dans l'UMTS, on standardise uniquement certains services afin de préserver une continuité dans l'offre et on donne les moyens aux opérateurs et aux fournisseurs de services de développer et de personnaliser leurs propres services. Les services standardisés en UMTS regroupent les :

- services supports (bearer services) ;
- télé-services (remote services) ;
- services supplémentaires.

Un service support est une sorte de « tuyau » que l'opérateur du réseau mobile met à la disposition de l'abonné pour transmettre de l'information entre deux points. Il joue un rôle fondamental dans le réseau en transportant l'information liée au service (voix, données, vidéo...) et à la signalisation. Les télé-services proposent une offre complète pour la transmission d'information en incluant les fonctions de l'équipement terminal. On peut citer, par exemple, la transmission de la voix (téléphonie et appels d'urgence), le service de messages courts SMS (Short Message Service), la transmission de fax ou alors des services de voix groupés (communication en groupe, voix en diffusion). Les services supplémentaires sont toujours proposés en association ou comme complément à un service support ou à un télé-service. Ils offrent la possibilité de personnaliser les services support et les télé-services, en apportant des fonctionnalités additionnelles. Un même service supplémentaire peut être proposé en association avec des services support ou des télé-services différents. Parmi ces services, nous pouvons citer le renvoi d'appel, le transfert d'appel, le rappel automatique, etc.

Chaque service support est caractérisé par un certain nombre d'attributs qui concernent, entre autres, le débit, le temps qu'il met pour acheminer l'information d'un bout à l'autre, le taux d'erreur qu'il garantit, etc. Tous ces paramètres doivent être choisis pour que le service support soit le plus adapté possible, car la qualité finale du service offert, appelée QoS (Quality of Service), en dépend. La QoS regroupe une série de caractéristiques quantitatives et qualitatives qui permettent au destinataire de considérer que la qualité du service est satisfaisante. A chaque service correspond une QoS particulière. Aussi, les services support doivent-ils être choisis en conséquence.

Le transfert de l'information fait référence à la capacité du réseau à acheminer différents types d'information entre deux ou plusieurs points. La qualité de l'information transférée entre deux ou plusieurs points peut être quantifiée en fonction d'un nombre limité de paramètres :

- le délai maximum toléré pour le transfert de l'information ;
- les variations du délai ;
- le débit binaire ;
- le taux d'erreur binaire.

La maîtrise des variations du délai est fondamentale pour offrir des services en temps réel. Le taux d'erreur binaire BER (Bit Error Rate) mesure le rapport entre le nombre de bits d'informations erronés et le nombre total de bits transmis. Le débit représente la quantité d'information transmise entre deux points par intervalle de temps et que l'on mesure en bits par seconde (bps).

En conclusion, l'application doit indiquer ses besoins en termes de QoS au réseau UMTS. Plus précisément, elle doit spécifier les attributs du service support requis : le type de trafic (temps réel ou non), les caractéristiques du trafic (point à point, point à multipoint), le délai de transfert maximum, les variations du délai et le taux d'erreur.

Nous allons donner quelques exemples de services que l'UMTS peut offrir suivant un découpage par « classes » qui dépendent de la QoS désirée. Ces classes de services sont résumées dans le tableau 4 et définies comme suit :

- a) **Services conversationnels** : les services de cette catégorie permettent de transmettre principalement du son et des images entre deux personnes ou groupes de personnes. Leur qualité est donc assez sensible à des délais dans la transmission, ces délais pouvant être facilement perceptibles par les utilisateurs. Parmi ces services, nous pouvons citer la téléphonie en mode circuit, la téléphonie en mode paquet utilisant le protocole VoIP (*Voice over IP*) et la vidéophonie. Néanmoins, cette dernière est moins tolérante aux erreurs que la téléphonie et requiert généralement un débit plus important ;
- b) **Services interactifs** : ce type de service est caractérisé par le fait que le terminal ayant envoyé un message/commande attend une réponse du destinataire dans un certain intervalle de temps. Par conséquent, un paramètre clé pour identifier la QoS des services interactifs est le temps d'aller-retour, c'est à dire le temps écoulé entre le moment où le message/commande est émis et celui où la réponse arrive. Comme exemple, nous pouvons citer le commerce électronique ainsi que les services de localisation qui se développent de plus en plus ;
- c) **Services streaming** : on retrouve dans cette classe les services qui traitent l'information au niveau du terminal de façon continue, c'est à dire au moment même où elle est reçue (avant de la recevoir dans sa totalité). Ce type de service est unidirectionnel. Ces services sont assez récents et offrent un potentiel d'application assez vaste. Le streaming audio et vidéo sont des exemples d'applications typiques. À la différence des services conversationnels, les services de type streaming sont assez asymétriques (on ne reçoit pas au même débit que l'on émet) et on peut tolérer dans ce cas des délais importants ;
- d) **Services en arrière-plan** : il existe des services qui ne posent, ou presque, aucune contrainte de temps dans le transfert de l'information qu'ils génèrent. Ils peuvent s'exécuter en « arrière-plan » (background). Parmi ces services, nous pouvons trouver l'envoi d'un courrier électronique, d'un message court SMS ou alors le téléchargement d'un fichier. Le paramètre pour quantifier la QoS de ce type de ce service est principalement le taux d'erreurs qui doit être souvent assez faible.

Service	Délai	Exemples d'application	Débit	Tolérant à des erreurs
Conversationalnel (temps réel)	<< 1 s	Téléphonie	28.8 kbps	Oui
		Vidéophonie	32-384 kbps	Oui
Interactif	environ 1 s	Commerce Electronique	Non garanti	Non
		Services de Localisation	Non garanti	Non
Streaming	< 10 s	Audio/vidéo haute qualité	32-128 kbps	Oui
Arrière-plan (<i>Background</i>)	> 10 s	Fax	Non garanti	Oui
		E-mail	Non garanti	Non

TAB. I.4 : Classes de services de l'UMTS

I.4-Architecture d'un réseau UMTS :

Le réseau UMTS repose sur une architecture flexible et modulaire. Cette architecture n'est associée ni à une technique d'accès radio, ni à un ensemble de services, ce qui assure sa compatibilité avec d'autres réseaux mobiles et garantit son évolution. Une telle architecture, illustrée à la **figure I.6**, est composée de trois « domaines » :

- l'équipement usager : UE (User Equipment) ;
- le réseau d'accès universel : UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) ;
- le réseau cœur : CN (Core Network).

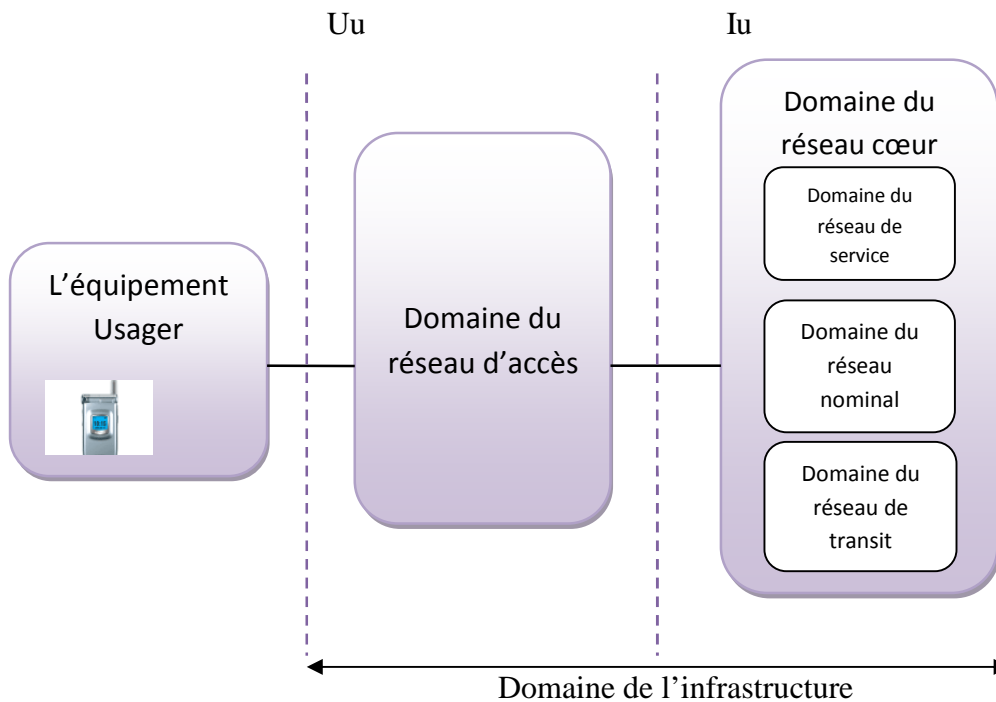


Figure. I.6 : Architecture générale du réseau UMTS

Chaque domaine réalise une fonction bien précise dans le réseau, tandis que des points d'échange, dénotés par Uu et Iu, servent d'interfaces permettant les échanges entre les différentes parties du réseau.

I.4.1- Domaine de l'équipement usager :

Le domaine UE comprend tous les équipements terminaux et permet à l'abonné l'accès à l'infrastructure et à ses services par le biais de l'interface Uu.

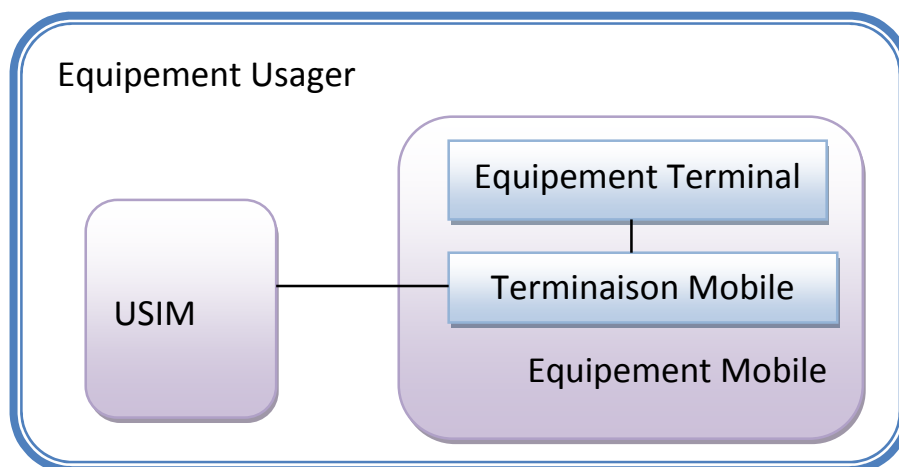


Figure. I.7 : L'équipement usager

I.4.1.1- L'équipement mobile :

L'équipement mobile se subdivise en deux parties :

- L'équipement terminal (TE) est la partie où les données d'information sont générées en émission ou traitées en réception.
- La terminaison mobile (TM) qui assure la transmission de l'information vers le réseau UMTS ou autre et applique les fonctions de correction d'erreurs,

I.4.1.2- L'USIM (Universal Subscriber Identity Module):

L'USIM est une application qui gère les procédures d'authentification et de chiffrement ainsi que les services auxquels l'abonné a souscrit. L'USIM réside dans une carte à puce appelée UICC (UMTS Integrated Circuit Card). Elle peut être utilisée sur un terminal UMTS indépendamment du fabricant et en général de l'opérateur de réseau : la carte associe un abonné à un ou plusieurs fournisseurs de services et pas nécessairement à l'opérateur du réseau courant. La carte UICC peut contenir une application USIM et SIM, ce qui va permettre son utilisation aussi bien dans un réseau UMTS que GSM.

I.4.2- Domaine du réseau d'accès :

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.

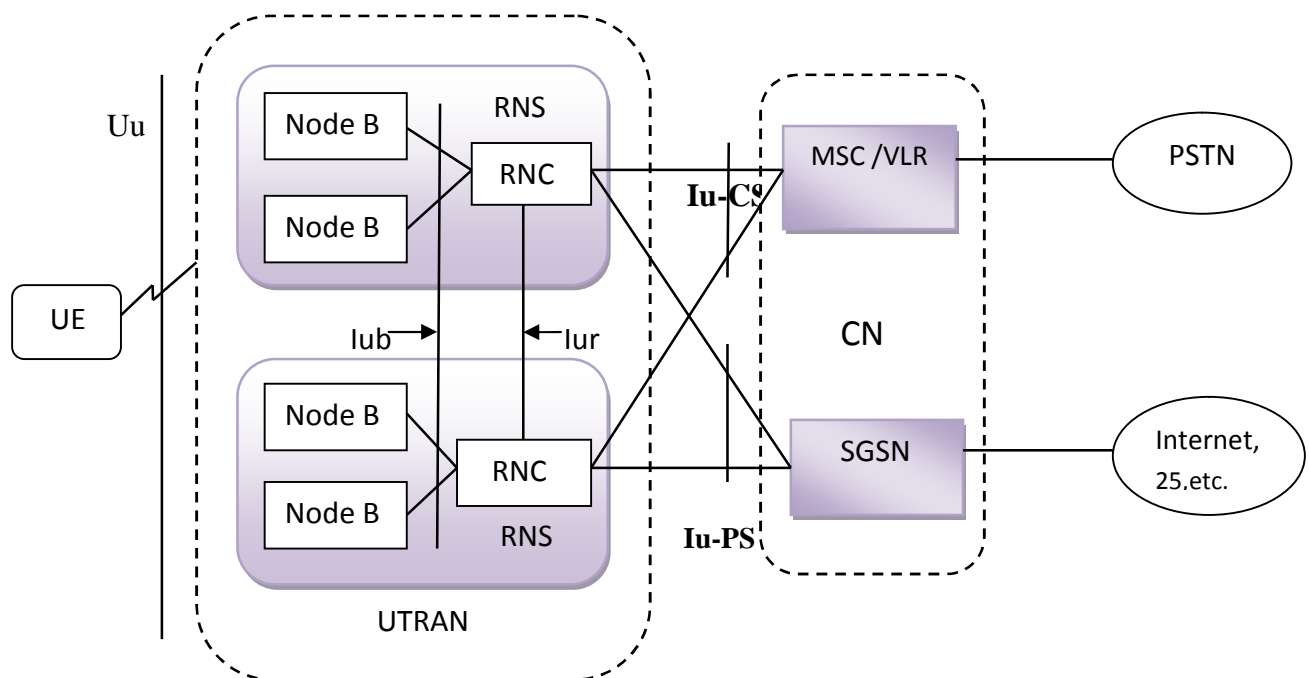


Figure. I.8 : Éléments du réseau d'accès UTRAN

I.4.2.1- NodeB :

Node B, il assure la transmission et la réception d'informations entre l'UTRAN et un ou plusieurs équipements usagers. Parmi ses fonctions, on peut citer le contrôle de puissance. En effet, la puissance d'émission de l'UE est contrôlée systématiquement pour lui assurer la

même qualité de service indépendamment de sa position dans le réseau. Nous pouvons trouver deux types de NodeB :

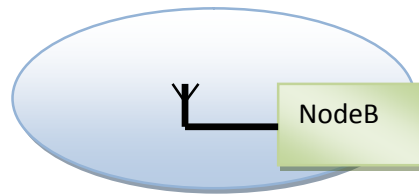


Figure. I.9 : NodeB avec antenne omnidirectionnelle

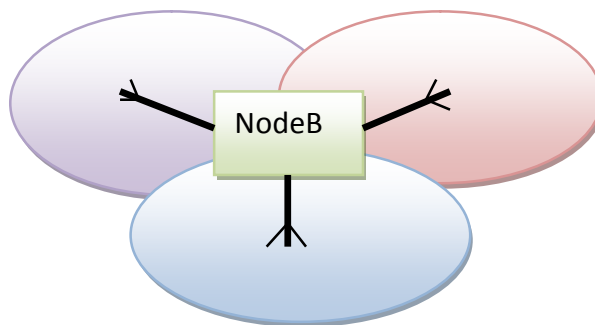


Figure. I.10 : NodeB avec antennes sectorielles

I.4.2.2-Les interfaces de communication :

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

- Uu : Interface entre un équipement usager et le réseau d'accès UTRAN. Elle permet la communication avec l'UTRAN via la technologie CDMA.
- Iu : Iu se décline, du point de vue fonctionnel, en deux interfaces « Iu CS » et « Iu PS ». La première permet au RNC de communiquer avec le MSC/VLR (Mobile Switching Center/Visitor Location Register), c'est à dire avec la partie du réseau qui gère les services à commutation de circuits, tandis que l'interface Iu PS permet au RNC de communiquer avec le SGSN (Serving GPRS Support Node), la partie du réseau qui gère les services à commutation de paquets
- Iur : Interface qui permet à deux contrôleurs radio RNC de communiquer.
- Iub : Interface qui permet la communication entre un NodeB et un contrôleur radio RNC.
-

I.4.2.3- Le RNC :

Le RNC commande plusieurs stations de base via l'interface Iub. Il est responsable de la gestion des ressources radio de l'ensemble des NodeB sous son contrôle, et aussi de router les communications entre le NodeB et le réseau cœur de l'UMTS.

I.4.3- Domaine du réseau cœur :

Le réseau cœur regroupe l'ensemble des équipements assurant les fonctions de contrôle de la sécurité et de gestion de l'interface avec les réseaux externes. C'est à ce niveau que l'on peut percevoir la modularité de l'architecture d'un réseau UMTS. En effet, en théorie il est possible de relier au réseau cœur commun d'autres réseaux d'accès radio (GERAN, DECT, cdma2000, ...). Le schéma de la figure 5 représente l'architecture du réseau cœur de l'UMTS :

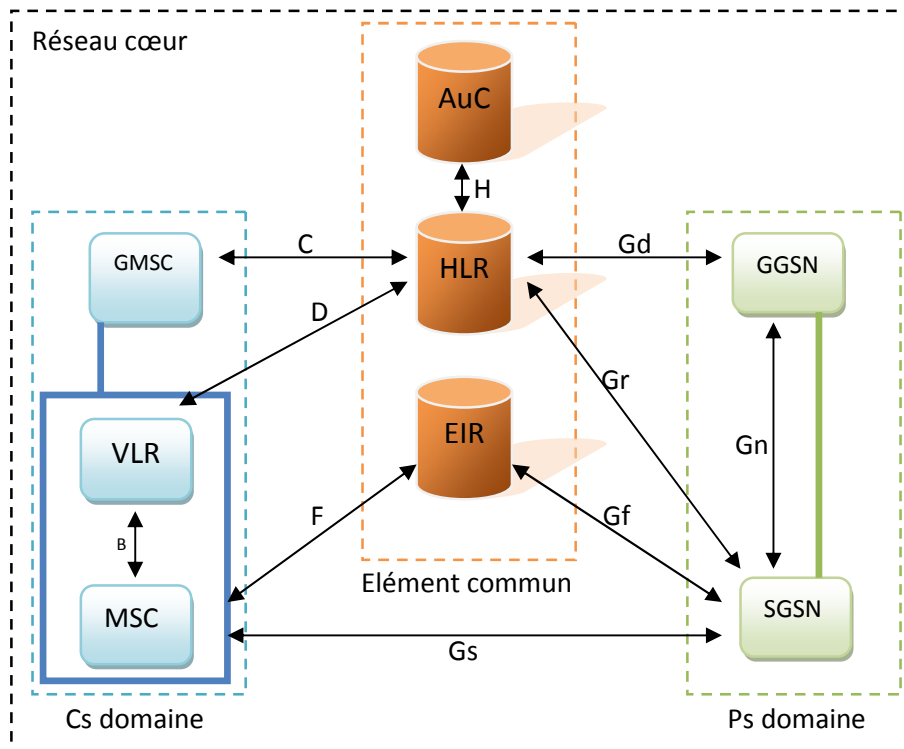


Figure. I.11 : Architecture du réseau cœur de l'UMTS

I.4.3.1- Élément commun :

Le groupe des éléments communs est composé de plusieurs modules :

- Le **HLR** (Home Location Register) représente une base de données des informations de l'utilisateur suivantes :
 - ✓ L'identité de l'équipement usager ;
 - ✓ Le numéro d'appel de l'utilisateur ;
 - ✓ Les informations relatives aux possibilités de l'abonnement souscrit par l'utilisateur.
- L'**AuC** (Authentication Center) est en charge de l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication. Si une de ces deux fonctions n'est pas respectée, la communication est rejetée. L'AuC se base sur le HLR afin

de récupérer les informations relatives à l'utilisateur et pour ainsi créer une clé d'identification.

- L'**EIR** (Equipment Identity Register) est en charge de la gestion des vols des équipements usagers. Il est en possession d'une liste des mobiles blacklistés par un numéro unique propre à chaque équipement usager, le numéro IMEI (International Mobile station Equipment Identity).

I.4.3.2- Domaine à commutation de circuits :

Le domaine CS est composé de plusieurs modules :

- Le **MSC** :(Mobile-services switching center) Centre de commutation des mobiles qui assure l'interface avec le réseau cœur pour un mobile accédant aux services à commutation de circuits par l'interface radio. Il gère les procédures d'enregistrement des abonnés, leur authentification, la mise à jour de leur position dans le réseau et la sécurisation de l'accès au système.
- Le **GMSC** : (Gateway MSC) est une passerelle entre le réseau UMTS et le réseau téléphonique commuté PSTN (Public Switched Telephone Network). Si un équipement usager contacte un autre équipement depuis un réseau extérieur au réseau UMTS, la communication passe par le GMSC qui interroge le HLR pour récupérer les informations de l'utilisateur. Ensuite, il route la communication vers le MSC dont dépend l'utilisateur destinataire.
- Le **VLR** : (Visitor Location Register) est une base de données, assez similaire à celle du HLR, attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR garde en mémoire l'identité temporaire de l'équipement usager dans le but d'empêcher l'interception de l'identité d'un utilisateur. Le VLR est en charge d'enregistrer les utilisateurs dans une zone géographique LA (Location Area).

I.4.3.3- Domaine à commutation de paquets :

Le domaine à commutation de paquets utilise l'architecture GPRS et permet de se connecter à des réseaux PDP (Packet Data Protocol) tel Internet. Certaines entités sont communes aux domaines CS et PS.

Le nœud de service GPRS (**SGSN** : Serving GPRS Support node) peut être comparé à l'ensemble MSC/VLR du domaine CS. Le **SGSN** est en charge de l'acheminement des paquets de données depuis et vers la station mobile située dans la zone qu'il dessert.

Le nœud passerelle du GPRS (**GGSN**) joue le rôle d'interface entre le réseau fédérateur GPRS intra-PLMN et les réseaux à commutation de paquets externes. Il est à avoir qu'un PLMN (Public Land Mobile Network) est un réseau UMTS ou GSM appartenant à un opérateur agréé.

I.5- Couches de protocoles radio de l'interface d'accès :

Dans le but de comprendre les fonctions de l'interface d'accès au réseau UTRAN, nous allons décrire les protocoles de communication mis en œuvre sur l'interface entre un terminal mobile et le réseau d'accès radio du système UMTS. On pourra distinguer sur cette interface radio trois couches principales de protocoles illustrées à la **figure I.12** :

- la couche physique (couche 1) ;
- la couche de liaison de données (couche 2) ;
- la couche de contrôle de la ressource radio RRC (*Radio Resource Control*).

La couche 2 est elle-même composée aussi de quatre sous-couches :

- la sous-couche MAC (Medium Access Control) ;
- la sous-couche RLC (Radio Link Control) ;
- la sous-couche PDPC (Packet Data Convergence Protocol) ;
- la sous-couche BMC (Broadcast/Multicast Control).

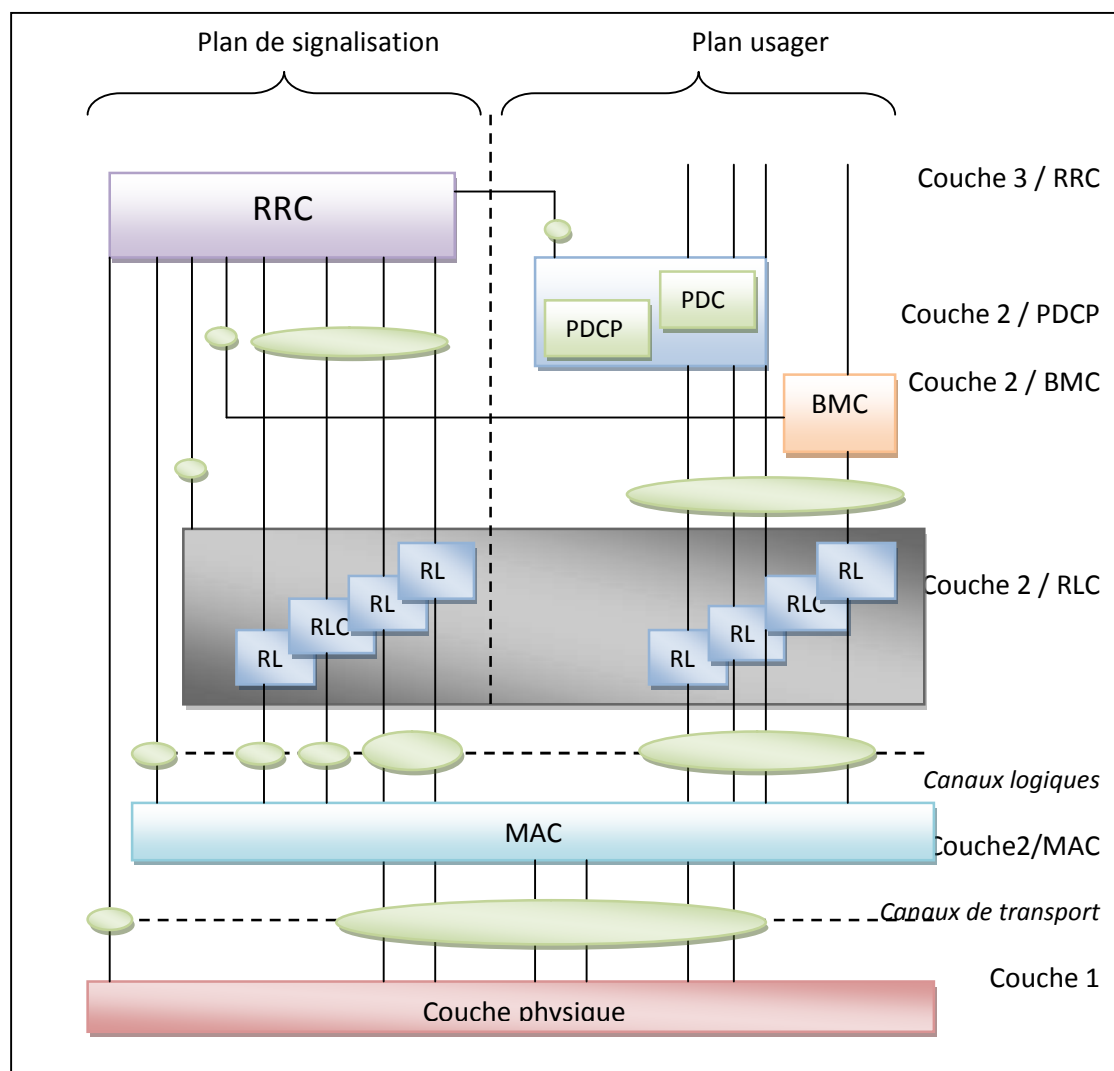


Figure. I.12 : Couches de protocoles de l'interface radio

Un découpage en vertical permet de distinguer le plan de signalisation qui supporte le transfert des messages de signalisation entre le mobile et le réseau et le plan usager qui supporte le transfert des données utilisateurs.

I.5.1-Les canaux :

Les canaux de transports sont le point d'accès aux services de la couche physique tandis que les canaux logiques sont le point d'accès aux services de la couche MAC. Un troisième type de canal existe, ce sont les canaux physiques qui sont les ressources utilisées sur l'interface radio pour la transmission des informations.

I.5.1.1- les canaux logiques :

Les canaux logiques se divisent en deux :

- les canaux logiques de contrôle utilisés pour le transfert des informations dans le plan de signalisation ;
- les canaux logiques de trafic utilisés pour le transfert des informations dans le plan usager.

I.5.1.2- Les canaux de transport :

Les canaux de transport se divisent en trois :

- les canaux de transport communs utilisés pour le transfert d'information d'un ou de plusieurs UE ;
- les canaux de transport partagés utilisés pour le transport des données de contrôle ou de trafic uniquement en voie descendante et partagés dynamiquement par différents utilisateurs ;
- les canaux de transport dédiés qui sont des canaux point à point dédiés à un seul UE et qui transportent des données de contrôle ou de trafic.

I.5.2-La couche physique de l'UTRAN :

La couche physique est chargée de transporter l'information générée par les couches supérieures. Il s'agit de véhiculer cette information tout en respectant des contraintes de qualité imposées par le service (délai, débit, taux d'erreur, etc). Nous commencerons par présenter la chaîne de transmission UTRA/FDD. Puis, nous aborderons le multiplexage et le codage canal en détail. Nous verrons ensuite l'application de l'étalement de spectre et nous terminerons par la modulation radio.

I.5.3- La couche MAC :

I.5.3.1-Fonctionnalités :

La couche MAC gère l'accès au médium de transmission à travers un ensemble de fonctions :

- l'association des canaux logiques avec les canaux de transport
- la commutation, sur ordre de RRC, du type de canal de transport associé à un canal logique qui permet d'adapter dynamiquement les ressources mobilisées à l'activité de la source du trafic
- le contrôle du volume de trafic sur chaque canal de transport actif
- la gestion des priorités entre les différents flux de données d'un utilisateur et entre les différents utilisateurs sur les canaux communs et les canaux partagés par l'agencement de leurs trafics
- le multiplexage en émission des données de plusieurs canaux logiques sur un canal de transport
- le démultiplexage en réception de plusieurs canaux logiques supportés par un seul canal de transport
- l'identification des mobiles lorsqu'ils utilisent les canaux de transport communs.

I.5.3.2-Les unités de données du protocole MAC :

L'unité de données PDU (Protocol Data Unit) du protocole MAC est composée :

- de la donnée transportée SDU (Service Data Unit) qui est reçue de la couche supérieure RLC
- d'un en-tête optionnel qui est nécessaire pour permettre à l'entité réceptrice de démultiplexer les différents canaux logiques multiplexés sur un canal de transport

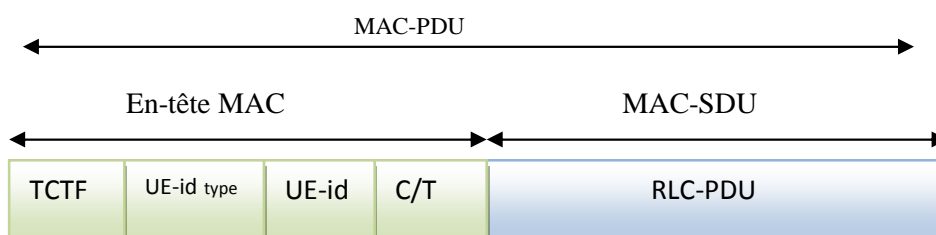


Figure. I.13 : Unité de données du protocole MAC (MAC-PDU)

L'en-tête est composé des champs :

- C/T qui est utilisé lorsque plusieurs canaux logiques sont multiplexés sur un même canal de transport. Il est codé sur 4 bits et permet l'utilisation de 15 interfaces de canaux logiques supportés par un seul canal de transport ;
- UE-id qui est utilisé pour identifier le mobile sur les canaux de transport communs ;

- UE-Id type qui indique le type d'identificateur utilisé et permet le décodage correct du champ UE-Id ;
- TCTF qui identifie le type de canal de transport utilisé.

I.5.4-Les autres couches :

RRC gère la connexion de signalisation établie entre l'UTRAN et le mobile, **PDCP** compresse les en-têtes de protocoles des paquets TCP/IP, **BMC** assure la diffusion de messages usagers sur l'interface radio pour un service, et **RLC** assure la transmission fiable d'informations, en provenance du plan usager ou du plan de contrôle, sur l'interface radio entre le mobile et l'UTRAN.

I.6- La gestion des appels dans le réseau UMTS :

La gestion des appels peut se résumer en trois phases principales : la mise sous tension, l'établissement de la communication et la mise hors tension

I.6.1- La mise sous tension :

Dès sa mise sous tension (allumage), le mobile effectue certaines opérations lui permettant d'envoyer ou de recevoir des appels du réseau. Ces opérations sont regroupées en trois processus dans le mobile (**figure I.14**) :

- Sélection du PLMN (Public Land Mobile Network)
- Sélection d'une cellule candidate
- Inscription au réseau

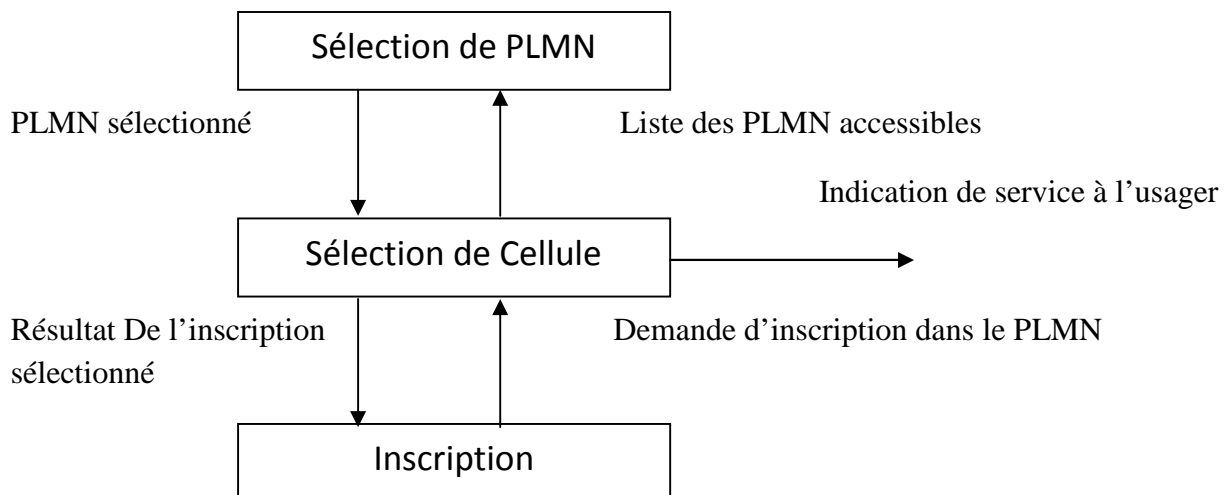


Figure. I.14 : Mise sous tension du terminal

- **Sélection du PLMN** : Le mobile scrute l'ensemble des fréquences disponibles, et sélectionne celle qu'il peut supporter. Une fois qu'un canal balise ou un UTRA-FDD est identifié, le mobile lit les informations systèmes qui lui permettent d'obtenir

l'identifiant du PLMN auquel la cellule est rattachée. Si un HPLMN (Home PLMN de l'utilisateur) est disponible, alors le mobile va tenter de s'inscrire.

- **Recherche d'une cellule candidate :** La première tâche effectuée par le mobile est l'établissement d'une liste de cellules candidates. Une cellule est considérée convenable à une éventuelle sélection par le mobile que si elle vérifie certaines conditions :
 - Elle ne doit pas être interdite, l'information est transmise sur le canal balise de la cellule
 - Elle doit satisfaire le critère radio S (Il permet au mobile de déterminer une liste de cellules satisfaisant à la fois : exigence de qualité et puissance minimum)
- **Inscription au réseau :** Pour s'inscrire au réseau, le mobile doit s'inscrire dans chacun des domaines offerts par le réseau cœur, c'est-à-dire les domaines CS et PS.

- **Inscription au domaine PS :**

Ce processus se décompose en trois phases:

- Une demande d'inscription est émise vers le SGSN.
- Le SGSN procède à certaines vérifications sur la validité de l'identité de l'utilisateur (son IMSI), par l'authentification auprès du HLR ; ainsi que l'identité du terminal (IMEI) par une vérification auprès de l'EIR.
- Une fois ces vérifications faites, le SGSN procède à l'inscription du mobile, il informe le HLR de cet enregistrement dans sa base de données. La dernière opération est l'allocation d'une identité temporaire P-TMSI (Packet Temporary Mobile Subscriber Identity). C'est cette identité qui sera utilisée dans les échanges ultérieurs entre le mobile et le réseau.

- **Inscription au domaine CS**

Pour l'inscription au domaine CS, on suit les mêmes étapes précédentes. A la fin de l'inscription, l'identité temporaire TMSI est attribuée au mobile.

I.6.2- Etablissement de la connexion :

Lors de l'établissement d'un appel PS ou CS, différentes phases et procédures sont mises en œuvre.

- **Etablissement d'un appel PS :** L'appel PS correspond en fait à l'activation d'un contexte PDP (Packet Data Protocol) par le mobile, soit à la demande de l'utilisateur, soit du réseau.

1- La première opération effectuée est l'établissement de la connexion RRC (Radio Resource Control) entre le mobile et le réseau.

2- Sur réception de la requête du mobile, si les attributs du contexte PDP sont compatibles avec les informations de souscription de l'abonné (c'est-à-dire les caractéristiques de son abonnement), le SGSN va commander l'établissement de toutes les ressources nécessaires à la communication pour le réseau cœur et pour l'UTRAN.

Au niveau du réseau cœur, le tunnel entre le SGSN et le GGSN est établi au moyen de la procédure créées PDP contexte.

Au niveau de l'UTRAN, l'allocation de ressources est commandée par le message assignement raques. Le SRNC doit alors:

- Configurer le nœud B par rapport aux ressources radio choisies ;
- Indiquer au mobile les caractéristiques des ressources radio allouées ;
- Etablir le ou les circuits virtuels correspondant aux ressources radio allouées.

➤ **Etablissement d'un appel CS** : Nous présentons un exemple d'établissement d'appel sortant, c'est-à-dire à l'initiative du mobile.

1- La phase d'établissement de la connexion RRC est identique à celle de l'établissement de l'appel PS, à la seule différence que MSC/VLR doit procéder à l'authentification du mobile.

2- Le mobile envoie alors le message **setup**. Contenant entre autres le numéro appelé. Le message **call proceeding** permet au réseau d'indiquer au mobile qu'il dispose de tous les éléments nécessaires pour acheminer et traiter l'appel.

Le réseau va ensuite allouer les ressources nécessaires dans l'UTRAN, par la procédure **RAB assignment**.

3- Une fois les ressources allouées, l'appel va être acheminé vers l'appelé via le centre d'acheminement situé à l'extérieur du réseau UMTS, au moyen du message IAM (Initial Address Message) de la couche ISUP (ISDN User Part), contenant le numéro appelé.

Le message ACM (Address Complete Message) indique que l'appelé a été alerté (sonnerie). Cette information est relayée à l'appelant par le MSC/VLR.

Le message ANM (Answer Message) indique à l'appelé de décrocher. L'appel est alors établi.

I.6.3. La mise hors tension :

Lors de la mise hors tension du terminal, la procédure d'IMSI peut être utilisée par le mobile pour effacer son inscription dans le réseau. Cette procédure n'est pas obligatoire; son utilisation est contrôlée par le réseau.

I.7-Mobilité dans les réseaux cellulaires :

La mobilité dans les réseaux cellulaires permet aux utilisateurs de ne pas être contraints à une position géographique fixe pour avoir accès au réseau. En effet, les abonnés se trouvent libres de se déplacer dans toute la zone desservie, sans pour autant se déconnecter du réseau.

Plusieurs techniques ont été mises en œuvre pour assurer cette mobilité. Elles peuvent se résumer dans le transfert intercellulaire : le handover, et les procédures de localisation.

I.7.1-Le handover :

Le handover est le processus par lequel une communication est maintenue lors du déplacement du mobile dans le réseau cellulaire. Ce maintien est possible grâce à un changement du canal radio utilisé. Le nouveau canal peut être dans la même cellule, on parle alors d'un handover intracellulaire, ou vers une nouvelle cellule, c'est le handover intercellulaire. Comme illustré dans la **Figure I.15**.

L'objectif du handover est de maintenir une qualité de communication suffisante entre le mobile et le réseau à travers un changement de fréquence ou de cellule. Le handover permet entre autre de :

- Permettre aux usagers de se déplacer en cours d'appel ;
- Minimiser les interruptions ;
- Optimiser l'utilisation des ressources radio ;
- Equilibrer la charge de trafic entre les cellules ;
- Baisser la consommation d'énergie des mobiles.

Le déclenchement du handover est lié à certains critères qu'on appelle indicateurs de déclenchement. Parmi eux :

- La puissance du signal reçu. La station de base mesure en permanence la force du signal reçu par la station de base de rattachement, mais écoute également les stations de bases des cellules voisines ; c'est ce qu'on appelle le handover assisté par le réseau ;
- La distance (mobile, SB). Lorsque le mobile s'aperçoit qu'il est loin de sa station de base, et en recevant un signal plus fort d'une autre cellule, il en informe sa station de base actuelle ; c'est le handover assisté par le mobile ;
- La station de base courante décide, alors, de passer le relais à la station de base voisine et met en œuvre la procédure du handover.

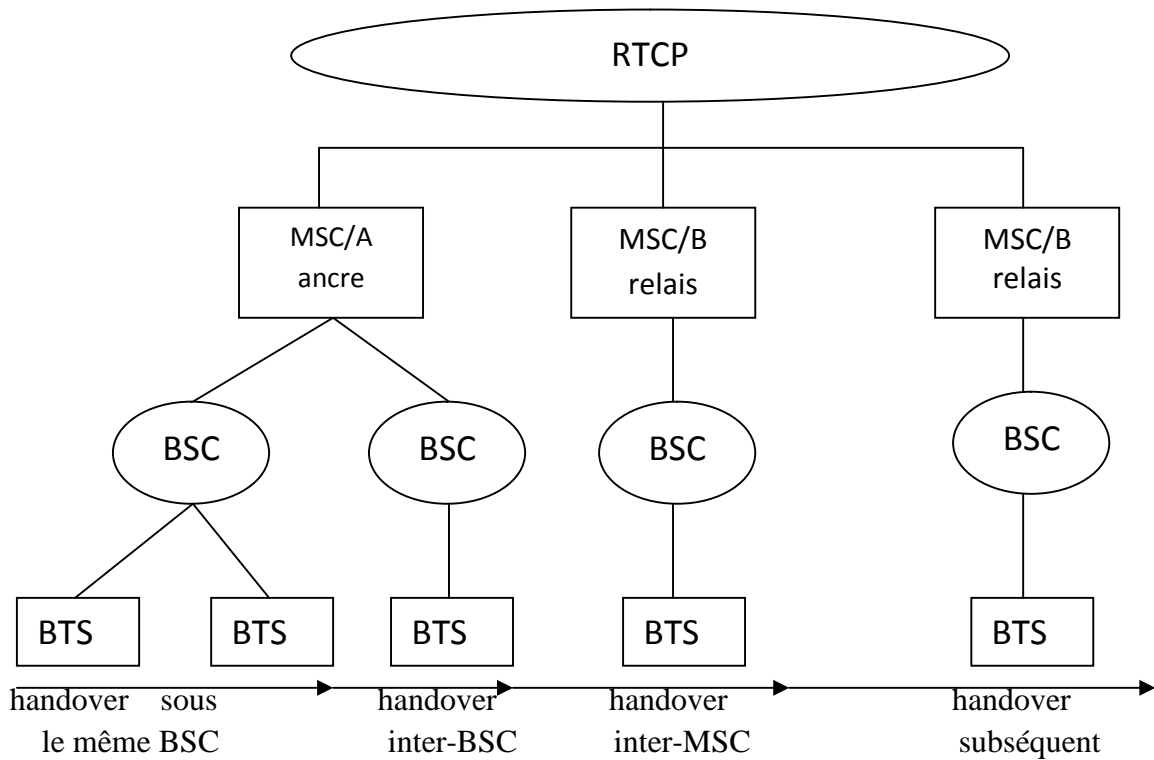


Figure I.15 : Différents cas du handover

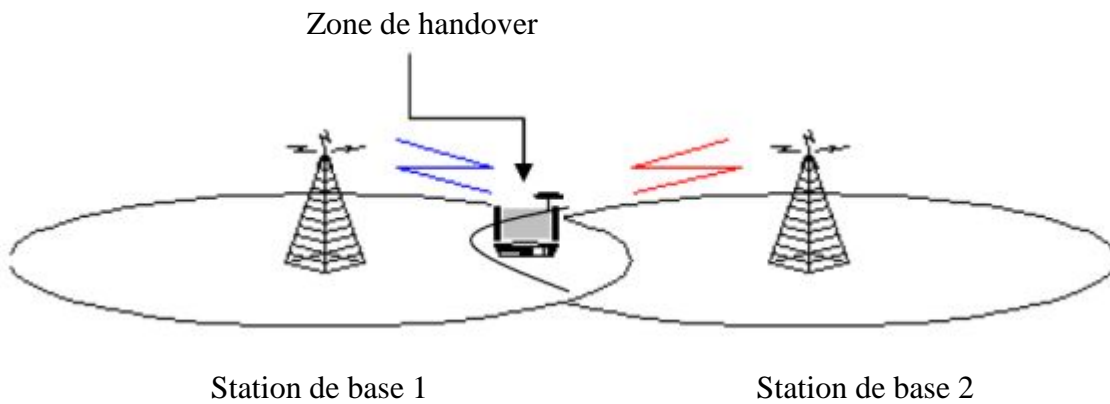


Figure I.16 : Procédure d'exécution du handover

I.7.1.1-Type de handover :

La procédure d'exécution du handover est liée principalement au moment de libération et l'établissement du nouveau lien. Ce qui amène à observer trois types de handover (Hard,Seam-less, Soft).

- **Le Hard handover** : Le hard handover a lieu quand l'ancien lien est libéré avant l'établissement du nouveau lien avec la station de base cible, il est caractérisé par :

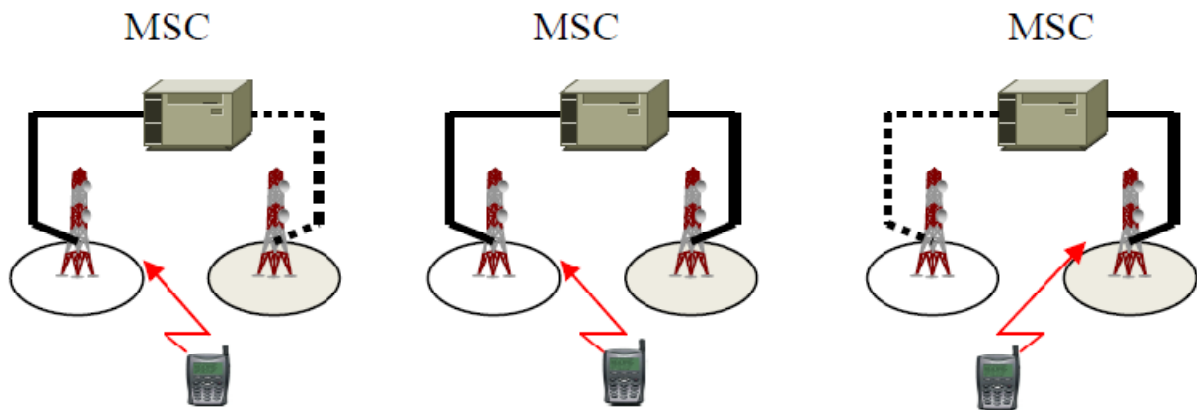


Figure I.17: Hard handover

- Une communication et un routage des informations vers le nouveau lien simultanément.
 - Un seul canal radio à la fois.
 - Une légère interruption de la communication.
- **Soft handover** : L'ancien lien est libéré pendant l'établissement du nouveau lien avec la nouvelle station de base. Il est caractérisé par :
- Une meilleure qualité de service offerte à l'utilisateur.
 - Charge élevée au niveau du réseau.
 - Charge élevée sur l'interface radio

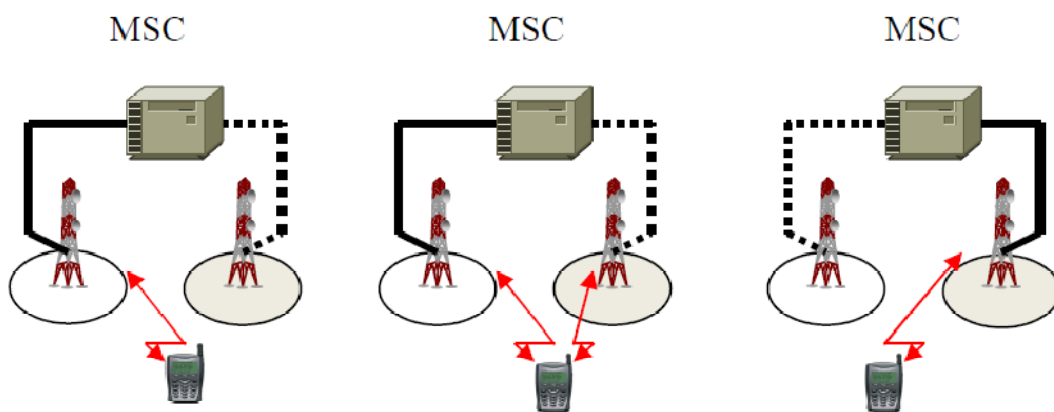


Figure I.18 : Soft handover

- **Softer handover** : L'ancien lien est libéré après l'établissement du nouveau lien avec la station de base cible. Il est caractérisé par :
- Une meilleure qualité de service offerte à l'utilisateur.
 - Charge élevée au niveau du réseau.
 - Charge élevée sur l'interface radio.

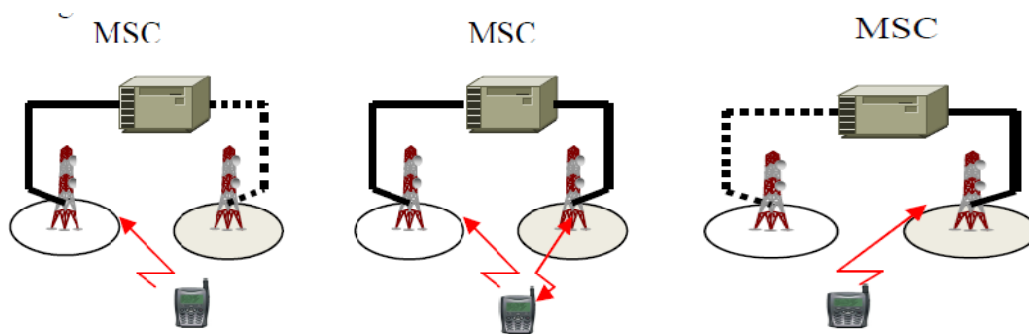


Figure I.19 :Softer handover

I.7.1.2-Phases du handover :

Le mécanisme de transfert inter cellulaire ne s'exécute pas directement il doit passer par trois phases :

- Prise de mesure et supervision du lien.
- Choix de la cellule cible et déclenchement du handover.
- Exécution du handover (transfert effectif des liens).

Remarque :

L'exécution du handover est liée directement à des contraintes temporelles comme : la période des mesures, la durée du traitement et le temps d'exécution.

- **La période des mesures** doit être inférieure à la durée de traversée d'une cellule.
- **La durée de traitement** des critères de décision d'exécution du handover et le choix de la cellule cible doit être courte.
- **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 montrée dans la **figure I.20**, comprend les opérations suivantes :

- La suspension des opérations normales sauf pour la couche de gestion des ressources radio.
- La déconnexion du lien de signalisation.
- 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.

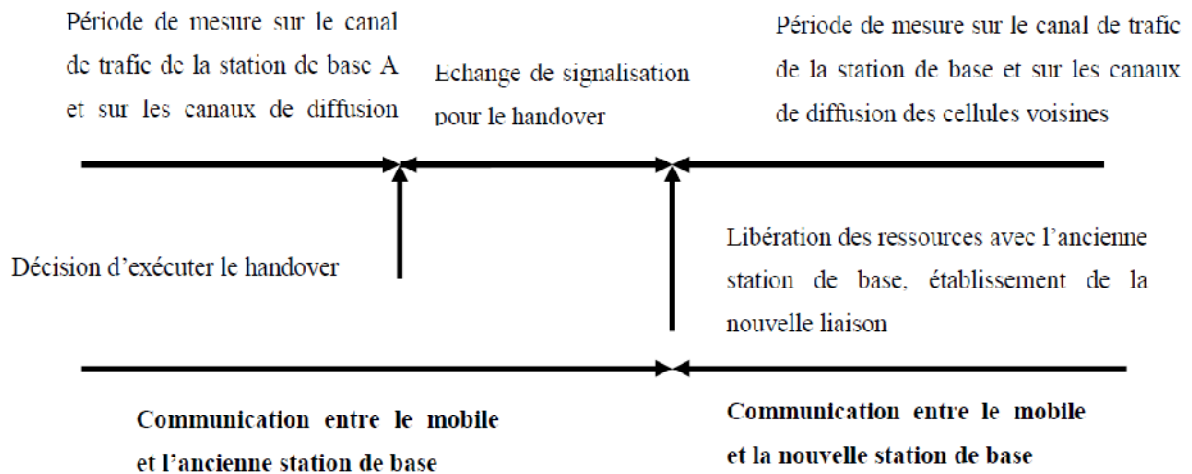


Figure I.20: Phases du handover

I.7.1.3-Processus du handover :

Le handover s'effectue en trois phases :

- **La décision :** La décision de l'exécution du handover est prise soit par le mobile ou par le réseau, soit par les deux conjointement.
- **Allocation des ressources :** Une fois la nouvelle station de base est choisie, le système vérifie la disponibilité des ressources radio nécessaires pour accueillir le mobile.
- **Exécution du handover :** Arrivé à ce stade, il ne reste plus qu'au système d'informer le mobile et la nouvelle station de base de la nouvelle configuration. Ce mécanisme doit être très rapide et fiable, de façon à ne pas perdre les données lors de l'exécution du handover.

I.7.2-La localisation :

Dans les réseaux de communication cellulaires, un abonné peut se trouver dans n'importe quelle cellule du réseau ; sa position change constamment. Il est, donc, nécessaire au système de mettre en place des mécanismes et des procédures permettant de localiser les utilisateurs à tout moment, afin de leurs acheminer les appels et les données.

La procédure principale qui permet cette localisation est la procédure de paging. Le réseau lance un avis de recherche dans toutes les cellules de la zone de localisation où le mobile est sensé s'y trouver.

I.8-conclusion :

L'évolution de la téléphonie mobile a passé par plusieurs génération jusque a l'arrive de la 3G (UMTS) basé sur une technique d'accès W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) que nous détaillions dans le prochain chapitre. Nous verrons également les déférentes phases de processus de dimensionnement et de planification d'un réseau 3G (UMTS).

Chapitre II

Dimensionnement et Planification d'un réseau d'accès WCDMA 3G

Chapitre II : Dimensionnement et Planification d'un réseau d'accès WCDMA 3G

II.1-Introduction :

Le but de la phase de dimensionnement et planification est d'estimer le nombre approximatif de sites nécessaires, le nombre de stations de base, et la configuration des éléments du réseau afin de prévoir les couts projetés et les investissements associés.

II.2-Interface d'accès large bande CDMA (W-CDMA) :

Le CDMA a large bande (*W-CDMA*) est une extension du concept de CDMA a bande étroite .L'évolution du CDMA vers le W-CDMA a été faite pour tenir compte des nouvelles exigences introduites par les systèmes de communication 3G. Ces exigences sont principalement dictées par les nouveaux services haut débit tels que le multimédia, la vidéoconférence, l'internet, etc. Dans cette section, les principales caractéristiques de l'interface d'accès W-CDMA sont présentées.

II.2.1-Caractéristiques du W-CDMA :

Toutes les caractéristiques du CDMA s'appliquent également au W-CDMA. Néanmoins, le W-CDMA apporte plusieurs améliorations concernant les performances et la flexibilité des services, ainsi que l'exploitation de l'extensibilité.

Le W-CDMA est un système d'accès multiple par répartition de code utilisant une modulation par séquence directe (DS-SS-CDMA, Direct Sequence Code Division Multiple Access). Cela signifie que les bits correspondants aux données utilisateur sont étalés sur une large bande passante en multipliant ces données utilisateur par une séquence pseudoaléatoire de bits (appelée *chip*) provenant des codes d'étalement CDMA. Afin de pouvoir supporter des débits très élevés (jusqu'à 2Mbit/s), le W-CDMA utilise des transmissions a facteur d'étalement variable et a codes multiples. Le débit *chips* (débit binaire de la séquence de code) de 3.84 Mc/s donne une bande passante par porteuse de l'ordre de 5 MHz .La large bande passante par porteuse du W-CDMA permet de supporter des débits utilisateur importants.

II.2.2-Flexibilité et extensibilité de services dans le W-CDMA :

Le W-CDMA permet d'offrir des débits variables aux utilisateurs. Autrement dit, il est possible de proposer aux utilisateurs de la bande passante « à la demande » (BoD, Bandwidth on Demand). A chaque utilisateur est attribuée une trame d'une durée de 10 ms durant laquelle le débit est constant. Cependant, ce débit peut varier d'une trame à l'autre. Cette allocation dynamique de la capacité est contrôlée par le réseau afin d'obtenir un débit optimal pour les services paquets. En fait, le W-CDMA propose l'utilisation d'un facteur d'étalement variable (Spreading Factor SF) et de transmission multicodes afin d'obtenir la BoD. Dans la transmission multicode, plus d'un canal de données est consacré à un utilisateur. Par exemple,

pour arriver au débit maximal de 2.3 Mbps dans la voie descendante, nous utilisons un facteur d'étalement égal à quatre, et trois canaux parallèles de code.

Le W-CDMA propose également une extensibilité de service. En effet, il est aussi possible de mélanger des services simultanés avec différentes conditions de qualités et différents débits dans un même signal de connexion.

II.2.3-Étalement de spectre dans le W-CDMA :

L'étalement de spectre contient deux opérations :

- La première opération est la «canalisation» (channelization) ; cette opération transfère tous les symboles de données aux *chips* par la multiplication du chaque bit d'information par une séquence du code orthogonal, ce qui augmente la largeur de bande du signal. En fait, la longueur de cette séquence de bits est appelée facteur d'étalement (SF, spreading factor). Le code utilisé (appelée code de canalisation) doit réaliser l'orthogonalité entre les différents utilisateurs du canal physique.

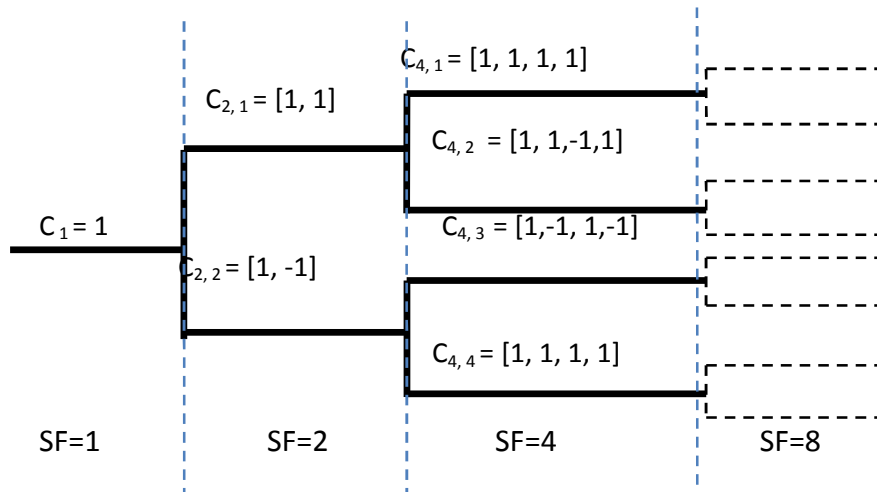


Figure II.1 : Arbre des codes OVSF

- La deuxième opération est l'embrouillage et est appliquée sur le signal étalé sans affecter sa largeur de bande. Le code utilise (appelé code d'embrouillage) permet a une station de base de différencier sur la voie montante les utilisateurs sous son contrôle, et aux utilisateurs d'identifier les stations de base.

	Channelization code	Scrambling code
usage	<p>UL : -Séparation des canaux (data /contrôle) pour 1MS ; -Séparation des services.</p> <p>DL : -Séparation des connexions avec différents users dans la cellule -Séparation des services</p>	<p>UL : -Séparation des MS</p> <p>DL : -Séparation des secteurs 1^{er} code : identifier la cellule 2^{eme} code : augmenté la capacité de la cellule</p>
longueur	UL : 4-256 chips	UL : 10ms = 38400chips

	DL : 512 chips	66,7ms=256chips DL : 38400 chips
Nombre de code	Nombre de codes sous un scrambling code =Spreading Factor	UL :plusieurs millions. DL :512(64 groupe de 8code)
Famille de codes	OVFS	Golde code short code

TAB II.1 : Code de Channelization et de Scrambling

II.2.4-control de puissance :

On parle d'effet near-far lorsqu'un appareil mobile émet à une puissance trop élevée qui empêche tous les autres appareils mobiles du voisinage. L'appareil mobile à forte puissance éblouit son entourage. Prenons par exemple un appareil mobile émetteur se trouvant au pied de la station de base et d'autres appareils mobiles en périphérie dont leur puissance qui arrive au pied de la station de base est affaiblie par la distance. Ces dernières seront masquées par le signal de l'émetteur puissant.

Pour remédier à ce problème, il est possible de mettre en place un système de contrôle de puissance. Le système de contrôle rapide en boucle fermée (Closed-loop Power Control) a été retenu pour le W-CDMA. Ce système permet à la station de base de réaliser des estimations régulières (1500 fois par seconde pour chaque mobile) du rapport signal à interférence (Signal to Interference Ratio) en les comparants avec la valeur du rapport signal à interférence du destinataire. Si l'estimation de cette valeur est supérieure à la valeur du destinataire, la station de base demande à l'appareil mobile concerné de réduire sa puissance d'émission ou de l'augmenter. Le contrôle de puissance permet à la station de base de recevoir les signaux de même puissance. Ce mécanisme permet de prendre en compte tout type de variation d'affaiblissement.

Le schéma ci-dessous illustre le phénomène de near-far. En effet, nous avons 3 équipements mobiles qui sont connectés à la même station de base. Cependant, du fait de leur distance à celle-ci, leur puissance est différente pendant l'arrivée du signal à la station de base.

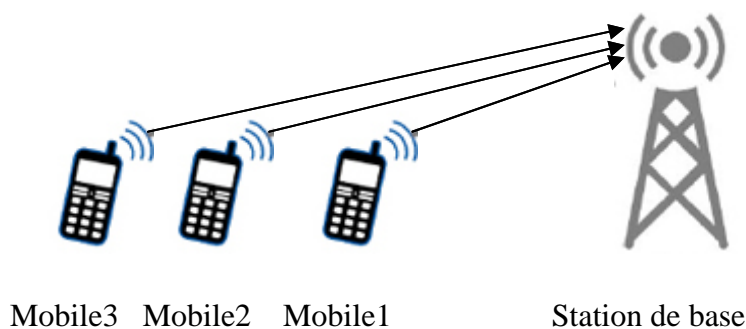


Figure II.2 : Effet Near-Far

Le schéma ci-dessous présente le processus de contrôle de puissance réalisé en WCDMA :

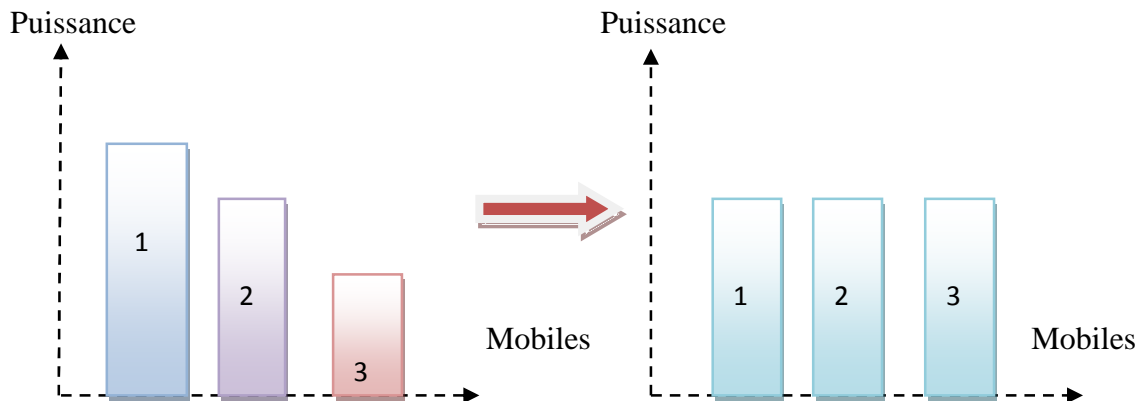


Figure II.3 : contrôle de puissance WCDMA

II.2.5-Récepteur multi trajet (RAKE) :

L'une des propriétés des systèmes WCDMA est le traitement des trajets multiples. Ce traitement des différents trajets du signal va servir à augmenter la capacité de système ainsi qu'à améliorer ses performances. En effet, la propagation des ondes radio dans un canal est caractérisée par de multiples réflexions et atténuations du signal. Ces phénomènes sont dus aux obstacles naturels, tels que les immeubles et les montagnes qui provoquent une propagation caractérisée par des trajets multiples.

Le signal peut mettre plus ou moins de temps pour arriver au récepteur en fonction du parcours qu'il emprunte. Ainsi, la même information peut être reçue plusieurs fois par le récepteur avec une puissance plus ou moins importante. Si le retard est plus long que la durée d'un chip, le récepteur considère habituellement l'information reflétée comme un bruit indésirable. À un instant donné, il est clair qu'une onde peut emprunter plusieurs parcours ayant chacun une longueur sensiblement différente. Les ondes qui empruntent des parcours ayant une différence de longueur équivalente à une demi-longueur d'onde arrivent donc quasiment au même instant au récepteur, ces deux ondes s'annulent. Cette annulation de signal due à des trajets multiples est appelée « fast fading » et intervient lorsque le récepteur est immobile ou se déplace à faible vitesse.

Du point de vue de chacun des signaux du trajet multiple, les autres signaux ou les autres trajets peuvent être considérés comme des interférences. Ces trajets multiples vont donc conduire en général à diminuer le gain de traitement. Mais, cette propriété peut être exploitée en recevant les signaux des trajets multiples séparément et en les combinant de façon cohérente par l'emploi d'un récepteur en râteau (RAKE). Le principe à la base d'un récepteur RAKE est le suivant : les déphasages des différents signaux reçus selon différents trajets sont compensés, après les signaux sont combinés de façon à renforcer le signal déséparé. Il s'agit fondamentalement d'une série de corrélateurs parallèles (pour le désétalement) appelés « doigts ». Chaque doigt reçoit, traite et combine un trajet du signal.

Comme chaque doigt reçoit une copie du même signal (un trajet), et que chaque trajet a un retard différent, le code d'étalement (dans l'opération de désétalement) doit être retardé d'une même durée pour le synchroniser avec le trajet correspondant.

II.3- Planification et Dimensionnement d'un réseau d'accès radio WCDMA:

La figure suivante présente le processus globale de dimensionnement et planification WCDMA.

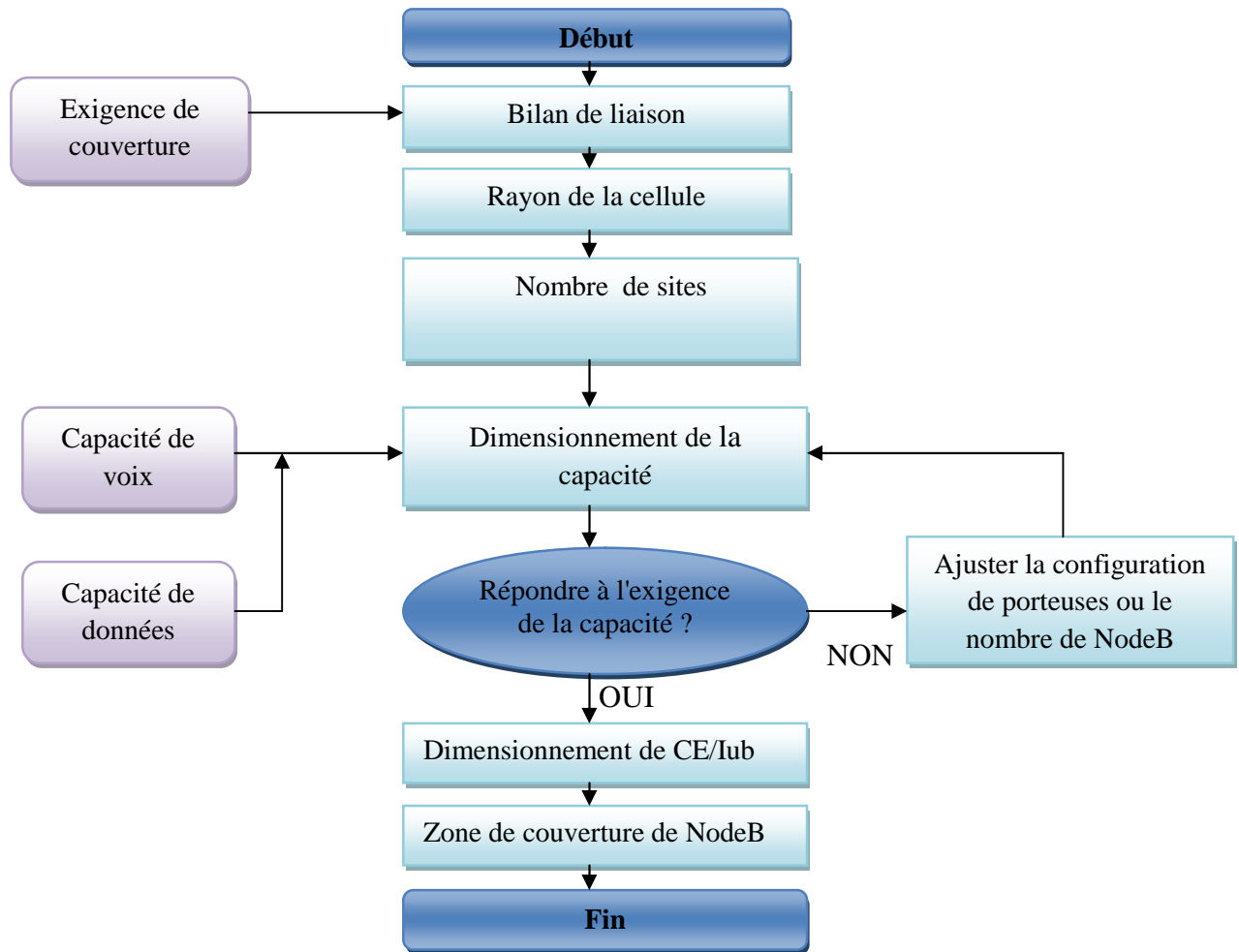


Figure II.4 : Processus de dimensionnement et planification WCDMA

Principales étapes de dimensionnement et planification WCDMA

Etape1 : Le bilan de liaison est effectué pour obtenir le rayon des cellules et le nombre de sites.

Etape 2 : Les sites obtenus à partir de bilan de liaison seront vérifiés dans l'outil de planification.

Etape3 : Calcul de la capacité

- Si le résultat répond à l'exigence de la capacité, effectué l'étape4.
- Si non ajuster la configuration de porteuse ou le nombre de nodeB.

L'emplacement et le nombre final des sites sont décidés dans cette étape.

Etape 4 : dimensionnement et configuration des CE (channel element) /Iub pour chaque NodeB

II.3.1-Processus de Planification :

Le déroulement des opérations du processus de planification est illustré dans le tableau suivant :

1 .Définition des exigences	2.Déterminer le modèle de propagation	3.Estimation le nombre nominal des cellules	4. Recherche et audit des sites	5.Conception de réseau radio	6.Déterminer les paramètres initiaux
-----------------------------	---------------------------------------	---	---------------------------------	------------------------------	--------------------------------------

TAB II.2 : Processus de Planification

- **Définition des exigences nécessaires :** au début, il est nécessaire de définir les conditions d'exécution du réseau de WCDMA et être mis en application.
- **Déterminer le modèle de propagation :** afin d'obtenir des prévisions de propagation radio plus fiables, il est approprié de déterminer le modèle mis en application dans le planificateur de WCDMA pour que les secteurs les plus importants et les plus critiques soient couverts.
- **Estimation le nombre nominal des cellules :** les conditions définies dans la première phase, sont l'entrée au calcul de dimensionnement du réseau en termes de nombre nominal des cellules. Ceci est habituellement fait en utilisant des outils de de conception.
- **Recherche et audit des sites :** le planificateur de cellules, trouve les sites les plus appropriés pour réaliser la couverture radio. Les aspects de construction et la possibilité d'obtenir le permis d'installation de site sont également pris en considération.
- **Conception de réseau radio :** différents aspects de conception de réseau sont analysés, en particulier :
 - Attribution de puissance au canal commun dans Downlink.
 - Attribution des fréquences.
 - Paramètre des algorithmes de handover.
- **Déterminer les paramètres initiaux :** L'arrangement de défaut des paramètres de données de cellules et la configuration d'emplacement sont optimisés en utilisant des mesures dans le domaine.

II.3.2-Processus de dimensionnement :

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. On distingue trois catégories d'exigence définie chacune par différents paramètres :

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

II.3.2.1-Bilan de liaison :

Le bilan de liaison RLB (Radio Link Budget) permet de déterminer la perte de trajet 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 liées 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.

II .3.2.1.1- paramètres spécifiques au WCDMA dans le bilan radio :

➤ Facteur de charge en UL :

Le facteur de charge pour le lien montant est donné par l'équation suivante

$$\eta_{UL} = \sum_k \frac{1}{1 + \frac{W}{R_k(E_b / N_0)_{UL,k}}} (1 + f) \quad (\text{II.1})$$

Où

- $(E_b / N_0)_{UL,k}$ rapport entre l'énergie binaire et la densité spectrale de bruit,
- R_k est le débit utilisé par le mobile k,
- W est La largeur de bande de WCDMA,
- f est le facteur d'interférence défini par : $f = \frac{I_{oth}}{I_{own}}$ (II.2)
- I_{own} est la puissance totale émise par tous les mobiles dans la cellule,
- I_{oth} est l'interférence extracellulaire,

➤ Facteur de charge en DL :

Le facteur de charge pour le lien descendant est donné par l'équation suivante :

$$\eta_{DL} = \sum_j \frac{(E_b / N_0)_{DL,i} \cdot v_j}{W / R_j} ((1 - a_j) + f_j) \quad (\text{II.3})$$

Où

- j est le nombre d'abonnés;

- $(E_b / N_0)_{DL,i}$ représente la QoS requise pour le mobile i en DL incluant les différents gains du bilan de liaison radio ainsi que l'augmentation moyenne de la puissance due au contrôle de puissance rapide ;
- W est le débit chip ;
- R_j est le débit du service utilisé par le mobile ;
- f_j est le facteur d'interférence extra à intracellulaire pour le mobile j (en DL) ;
- v_j est le facteur d'activité en DL ;
- a_j est le facteur d'orthogonalité qui dépend de la propagation multi-trajets ;

II.3.2.1.2-Les paramètre du bilan de liaison :

II.3.2.1.2.1-Paramètre de transmission :

- **Densité de bruit thermique (dBm /Hz) :** La densité de bruit thermique N_0 est définie comme étant la puissance de bruit par Hertz à l'entrée du récepteur et qui est donnée par la logarithmique du produit de la constante de Boltzmann K et la température T . La densité de bruit thermique à 20°c est calculée comme suit :

$$N_0 = 10 \log_{10}(KT / 0.001) \cong -174 \text{dBm} / \text{Hz} \quad (\text{II.4})$$

- **Débit Chip T_c :** fixé à 3.84 Mchip/s.
- **Marge d'évanouissement rapide (fast fading) :** La marge d'évanouissement rapide correspond au "headroom" du contrôle de puissance. La notion de TPC headroom (Transmit Power Control Headroom) est définie comme une réserve de puissance conservée par le terminal afin de pouvoir augmenter sa puissance d'émission dans le cas du contrôle de puissance rapide en boucle fermée. Cela s'applique en particulier pour les terminaux mobiles à faible vitesse qui sont sujets au fast fading. Une valeur typique de cette marge est de 2 à 5 dB.
- **slow fading :** Selon l'environnement choisi (indoor, outdoor), on laisse une marge décrivant les effets de masque (fading log-normal)

II.3.2.1.2.2-Paramètres de l'équipement utilisateur et du Node B :

- **Perte du corps (dB) :** La perte du corps est la perte du signal par le corps de l'utilisateur. La perte se produit lorsque le corps de l'utilisateur réside dans le chemin du signal entre la station de base et la station mobile. La valeur typique de la perte de corps est supposée de l'ordre 2 dB
- **facteur bruit du récepteur (dB) :** Le facteur de bruit du récepteur est le bruit du système de réception à l'entrée du récepteur. Le bruit au niveau d'une BTS a été fixé à 5 dB et UE à 8 dB.

- **Densité de bruit du récepteur (dBm / Hz) :** La densité de bruit du récepteur est la puissance de bruit par Hertz, y compris le bruit thermique et le facteur de bruit du récepteur du système à l'entrée du récepteur.
- **Puissance du bruit du récepteur (dBm) :** La puissance de bruit du récepteur est la puissance totale de bruit vue à l'entrée du récepteur dans la bande passante :
 $P_{br} = 10 \log_{10}(W) + (\text{facteur de bruit du récepteur})$
Où W est le débit chips.
- **Gain de diversité d'antenne (dB) :** C'est le gain apporté par la diversité d'antenne du récepteur ou émetteur.
- **Sensibilité du récepteur (dBm) :** La sensibilité du récepteur est le niveau minimum du signal nécessaire à l'entrée du récepteur.
-120,16 dBm est la sensibilité du récepteur de la station de base et -111,16 dBm est la sensibilité du récepteur de mobile.
- **Pertes dans les câbles et les connecteurs (dB) :** Ce sont les pertes combinées de toutes les composantes du système de transmission entre les sorties de l'émetteur et l'entrée d'antenne.

II.3.2.1.2.3-Paramètres liés aux services

- **Gain de traitement (dB) :** Le gain de traitement est un paramètre spécifique du WCDMA.
Gain de traitement = $10 \log_{10}(W/R)$ (II.5)
Où
 W est le débit ship et R le débit de l'utilisateur.
- **E_b/N_0 requis :** cette variable caractérise la qualité de service à atteindre pour le service considéré. Elle varie en fonction de la mobilité de l'utilisateur.
- **Gain de Soft handover (GSHO) :** il correspond au gain que le mobile réalise dans une situation de soft handover. Dans cette situation, le mobile est connecté à plus qu'une station de base et donc utilise une puissance minimale.
Le gain global de soft handover est de l'ordre de 3 à 4 dB.
- **Marge d'interférence (noise rise) :** La marge d'interférence est une marge nécessaire qu'on doit considérer dans le bilan de liaison car la charge de la cellule affecte la couverture, si on accepte plus de charge pour le système, la marge d'interférence nécessaire en lien montant sera plus grande et la couverture sera plus petite. C'est ce qu'on appelle respiration de la cellule. Une valeur typique de cette marge est comprise entre 3 et 6 dB. Notons aussi que cette marge est importante dans la zone urbaine, et faible dans les zones rurales. Le calcul de ce dernier est donné par l'équation suivante :

$$NR_{dB} = -10 * \log(1 - \eta) \quad (II.6)$$

II.3.2.1.3- Bilan de liaison pour le lien montant(UL) :

- Pour calculer la perte de trajet (MAPL)_{UL}, on commence avec le (PIRE)_{UL} :

$$PIRE_{dbm} = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} \quad (II.7)$$

$PIRE_{dbm}$: Puissance isotropique rayonnée équivalente.

P_{TX} : Puissance de l'émetteur.

G_{TX} : Gain total des éléments de transmission.

L_{TX} : Pertes (loss) totales du signal.

- La deuxième étape consiste à calculer la sensibilité de récepteur ($RX_{sensibilité}$) :

$$RX_{sensibilité} = \left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{cible} - PG + \text{Bruit et interférence total} \quad (II.8)$$

$RX_{sensibilité}$: Sensibilité de récepteur

$\left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{cible}$: Rapport de l'énergie par bit du signal reçu à la station de base de la part de la station mobile i sur la densité spectrale de puissance du bruit reçu (bruit thermique + interférences),

PG : Gain de traitement.

$\text{Bruit et interférence totale}$: C'est le bruit dans la cellule plus tous les interférences (interférence inter ou intra-cellule) sauf le signal de l'utilisateur.

- La troisième étape consiste à calculer ($Pathloss_{db}$) :

$$PIRE_{db} - RX_{sensibilité}(db) + G_{dbi} + L_{db} + MF_{db} \quad (II.9)$$

G_{dbi} : Gain de l'antenne en (dBi).

MF_{db} : Marge d'évanouissement rapide (Fast Fading Margin).

- La quatrième étape consiste à calculer (MAPL) :

$$MAPL_{db} = Pathloss_{db} - M_{Fademargin} + G_{SHO} - L \quad (II.10)$$

$MAPL_{db}$: Maximum allowade propagation loss.

$M_{Fademargin}$: Log normal de fade margin (log normal de marge d'évanouissement lent).

G_{SHO} : Gain de soft handover.

L : Perte dans la voiture ou bâtiment.

Le même travail qu'on a appliqué pour la liaison montante (UL) peut être appliqué pour la liaison descendante (DL).

Le tableau suivant présente le bilan de liaison :

Morphology	Formula	Dense Urban	
		UL	DL
UL /DL			
Link Parameters			
Cell Edge Channel Model		TU3	
Cell Edge Continuous coverage service		PS 64	PS 64
Cell Edge service Rate (Kbps)	A	64.00	64.00
TX			
Max.TCH TX Power (dbm)	B	24.00	35.00
Feeder loss (db)	C	0.00	3.00
Body loss (db)	D	0.00	0.00
Antenna gain (dbi)	E	0.00	18.00
EIRP (dbm)	$g=b-c-d+e-f$	24.00	50.00
RX			
Antenna gain (dbi)	H	18.00	0.00
Feeder loss (db)	I	3.00	0.00
Body loss (db)	J	0.00	0.00
NodeB/UE Noise Figure (db)	K	4.90	7.00
Required Eb/N ₀ (Ec/N ₀) (db)	L	1.30	4.50
Receiver Sensitivity (dbm)	$m=-174+10*\text{LOG}(3840000,10)+k+l-10*\text{LOG}(3840/a,10)$	-119.74	-114.44
Target load	N	50.00%	75.00%
Interference Margin (db)	$o=10*\text{LOG}(1/(1-n))$	3.01	3.27
FFM (dB)	Q	0.51	0.00
Min. Received Signal Strength (dBm)	$r=m-h+o+q$	-134.22	-111.17
Path loss			
Penetration Loss (dB)	S	20.00	
Area Coverage Probability		95.00%	
Slow Fading Standard deviation (dB)	T	11.70	
SFM (dB)	U	8.24	8.24
Path loss (dB)	$PL=g-r-s-u$	129.98	132.63
Cell Radius			
UE Antenna Height (m)	V	1.50	
NodeB Antenna Height (m)	W	25.00	
Frequency (MHz)	X	1950	2140
Propagation model		Cost231-Hata(huawei)	
Cell Radius (Km)	$y=\text{Cell Radius}$	0.45	0.52
TCH Cell Radius (km)	$Z=\min(y_{UL},y_{DL})$	0.45	

TAB II.3 : Bilan de liaison UMTS

II.3.2.2- La propagation dans l'environnement radio :

II.3.2.2.1- Les modes de propagation :

La propagation du signal dans un environnement radio se fait selon quatre modes de propagation :

- **La réflexion** : Lorsqu'une onde, se propageant dans un milieu, rencontre un deuxième milieu ayant des propriétés électriques différentes, elle est partiellement réfléchiée et transmise. Si le deuxième milieu est un diélectrique parfait, une partie est réfléchiée et l'autre est transmise sans absorption. S'il est un conducteur parfait, toute l'énergie incidente est réfléchiée sans perte. Le coefficient de réflexion dépend des propriétés du matériel, de la polarisation de l'onde, de l'angle d'incidence et de la fréquence de l'onde en propagation.
- **La diffraction** : Elle se produit lorsque le chemin entre l'émetteur et le récepteur présente plusieurs irrégularités aiguës. Les ondes secondaires résultant des surfaces gênantes sont présentées dans l'espace et même derrière les obstacles. Ce phénomène dépend aussi bien de la géométrie de l'objet que de l'amplitude, la phase et la polarisation de l'onde incidente. Le phénomène de diffraction est expliqué par le principe de Huygens qui énonce que tout point sur lequel une onde se diffracte peut être considéré comme une source d'ondes secondaires, ces ondes interfèrent pour donner une onde dans la direction de propagation.
- **La diffusion** : Lorsque le milieu dans lequel une onde se propage contient des objets qui ont des dimensions plus petites par rapport à la longueur d'onde, le phénomène de diffusion apparaît. Les ondes diffusées sont produites par les surfaces rugueuses, les petits objets ou par d'autres irrégularités présentés dans le canal de propagation.
- **La réfraction** : quand une partie de l'énergie de l'onde incidente passe à travers la surface de l'obstacle (l'air, une voiture ...).

II.3.2.2.2- Modèle de propagation COST 231 Hata :

Le modèle de propagation permet de déduire le rayon de la cellule à partir de résultat fourni par le bilan de liaison. Le modèle de propagation doit être choisi de sorte qu'il soit conforme à la région planifiée et les critères du choix de ce modèle sont :

- ✓ La distance par rapport au nœud B ;
- ✓ La hauteur de l'antenne de nœud B ;
- ✓ La hauteur de l'antenne de UE et sa fréquence.

Le modèle qu'on va utiliser est le modèle COST 231 Hata. La perte de trajet (*pathloss*) est donnée par la formule suivante :

$$1) PL \text{ Total (dB)} = Lu - a(Hm) + Cm \quad (\text{II.11})$$

$$2) Lu \text{ (dB)} = 46.3 + 33.9 \times \text{Log}(f) - 13.82 \times \text{Log}(Hb) + \left[44.9 - 6.55 \times \text{Log}(Hb) \right] \text{Log}(d) \quad (\text{II.12})$$

$$3) a(Hm) = (1.1 \times \log(f) - 0.7)Hm - (1.56 \times \log(f) - 0.8) \quad (\text{II.13})$$

- f : Fréquence porteuse (MHz)
- Hb : Hauteur d'antenne de la station de base (m)
- Hm : Hauteur d'antenne de la station mobile (m)
- $a(Hm)$: Facteur de correction d'antenne de la station mobile (dB)
- d : Rayon de couverture de la cellule

La valeur de C_m dans le standard COST 231 Hata dépend du type de terrain.

Le tableau suivant présente quelques valeurs de C_m :

Type de terrain	C_m
Dense urban	3
Urban	0
Suburban	-8
Rural and road	-15

TAB II.4: valeur de C_m

II.3.2.3-Estimation du rayon et de la surface de la cellule :

Une fois nous avons déterminé le *pathloss* maximal dans la cellule, il ne reste plus qu'à appliquer n'importe quel modèle de propagation pour estimer le rayon et la surface de la cellule. On a ici un exemple d'une macro-cellule urbaine avec une hauteur de l'antenne de la BTS de 30m, hauteur de l'antenne de UE de 1.5m et fréquence porteuse de MS est 1950MHz (COST 231 Hata) :

$$L_{dB} = 133,61 + 36,95 \log_{10}(2R) \quad (\text{II.14})$$

La zone de couverture d'une cellule (motif hexagonal) :

$$S = K * R \quad (\text{II.15})$$

Où

S est la surface couverte

R est le rayon maximal de la cellule

K est une constante

Le tableau suivant donne quelque valeur de K suivant le nombre de secteurs.

Configuration des sites	Omni	2 secteurs	3 secteurs	6 secteurs
Surface de couverture (S)	$2.6 * R^2$	$1.3 * R^2$	$1.95 * R^2$	$2.6 * R^2$
Distance entre les BTS	$0.87 * R$	$2 * R$	$1.5 * R$	$0.87 * R$

TAB II.5 : Relation entre la surface couverte et distance entre les BTS avec nombre des secteurs dans la cellule.

II.4-Dimension de la capacité W-CDMA :

Le dimensionnement radio en WCDMA du point de vue capacité consiste à déterminer le nombre de Node B permettant d'écouler le trafic demandé par les utilisateurs du réseau W-CDMA.

Dans ce qui suit, nous allons étudier la capacité théorique maximale d'un réseau radio WCDMA.

II.4.1-Capacité en uplink

La capacité M en Uplink est liée au nombre maximal théorique d'utilisateurs, il est calculé comme suit :

$$M_{pole} = \left[\frac{1}{1 + F \psi_{UL}} \right] \left[1 + \frac{1}{\gamma} \right] \quad (II.16)$$

- M_{pole} : est la limite théorique du nombre d'utilisateurs simultanés que l'interface radio peut supporter dans une cellule. Si cette limite atteinte, le niveau des interférences devient infini et la couverture réduite à zéro.
- F : Facteur d'interférence intracellulaire
- ψ_{UL} : est un facteur de balance utilisé pour la comptabilité pour le cas des cellules chargées de façon inégale
- $\gamma = \gamma_0 * G_{DTX}$ (II.17)
- γ_0 est C / I cible = $(E_b / N_0) - 10 \text{Log}(PG)$ (II.18)
- $PG = \text{Chip rate/data rate}$ (II.19)
- $G_{DTX} = \frac{K_{AF} + \lambda}{1 + \lambda}$ (II.20)
- K_{AF} : Facteur d'activité
- λ : est la puissance radio entre le DPDCH et le DPCCH

II.4.2-Capacité en Downlink :

$$M_{pole} = \frac{(1 + \alpha_{DL} \cdot \gamma)}{\gamma \cdot (\alpha_{DL} + F \psi_{DL})} \times (1 - \eta_{SHO}) \quad (II.21)$$

- γ : est le Downlink C / I cible
- α_{DL} : est le facteur de non orthogonalité de la cellule
- F : est le facteur d'interférence intracellulaire en DL
- η_{SHO} : L'effet du soft handover, est en général 5%

- ψ_{DL} : est un facteur de balance utilisé pour la comptabilité pour le cas des cellules chargées de façon inégale en DL

La capacité en downlink dépend très fortement de la répartition des utilisateurs dans la cellule. Et pour optimiser la capacité Downlink, il faut donc placer les NodeB au cœur du trafic.

II.4.3-Détermination du rayon de la cellule :

Dans cette étape on va déterminer le rayon à partir du trafic dans la cellule.

La formule suivante représente le rayon de la cellule :

$$R_{DL}^T = \sqrt{\frac{M_{DL} \cdot N_{S \text{ e c t e u r}}}{\pi \cdot \rho_S}} \quad (\text{II.22})$$

Où

R_{DL}^T : Rayon de la cellule (liaison descendante).

ρ_S : La densité des utilisateurs.

$M_{DL} = \frac{A_{DL}}{\tau_S \cdot ts_S}$: Le nombre d'utilisateurs dans la cellule.

A_{DL}^S : La demande totale du trafic offert pour le service S.

τ_S : Taux de connexion.

ts_S : Le temps moyen de service.

Enfin le rayon final $R_{cellule}$ est le rayon minimal entre $R \cong R^T$

- $R^T = \min(R_{UL}^T, R_{DL}^T)$
- $R = \min(R_{UL}, R_{DL})$

La **figure II.5** représente l'organigramme global de dimensionnement pour déterminer le rayon du trafic. Le problème est résolu en faisant juste un processus itératif et équilibrer la valeur du rayon de la cellule entre la valeur résultante calculée par les études de propagation et celle calculée par des études de capacité de trafic.

L'organigramme suivant représente les étapes de simulation

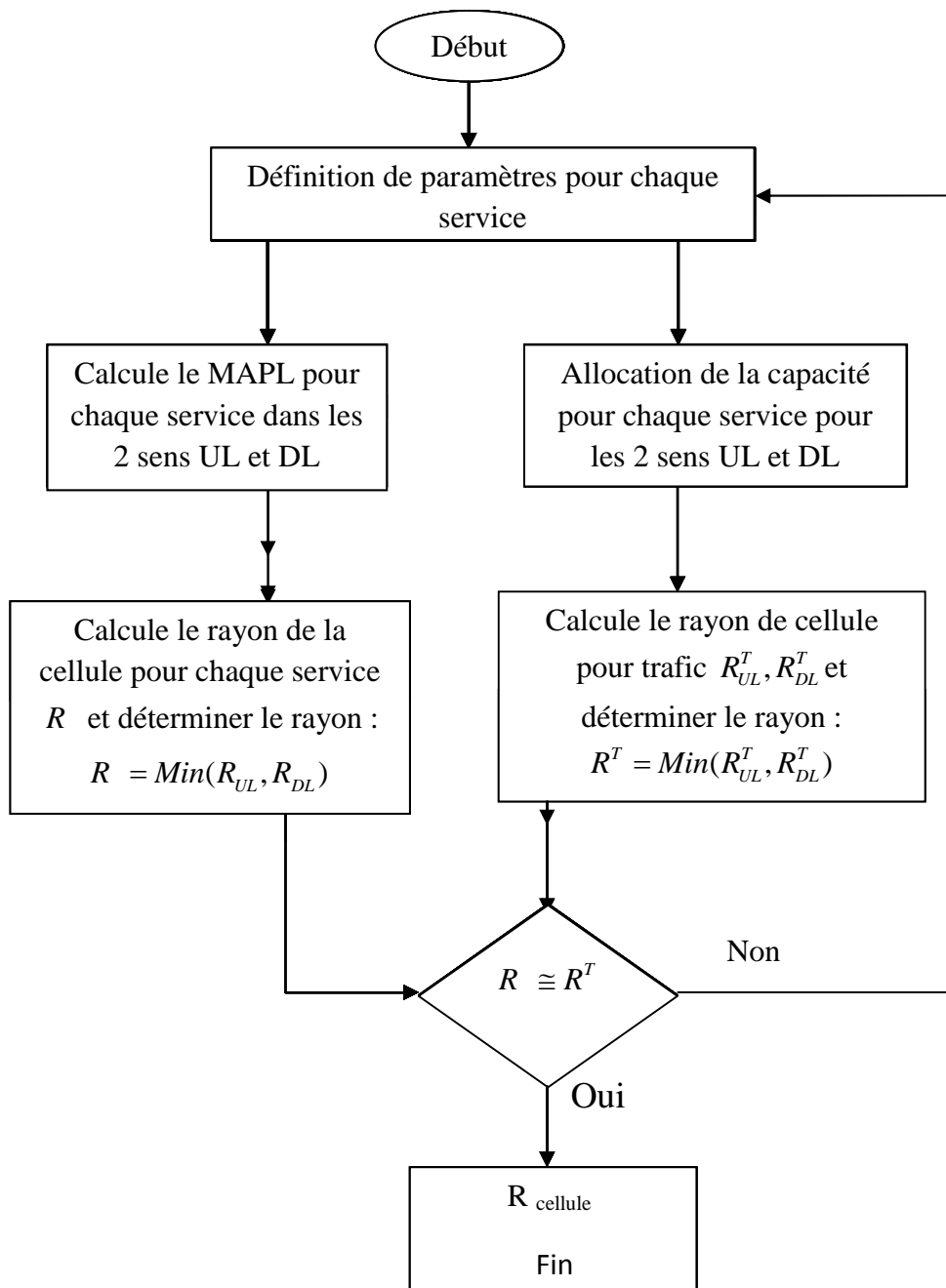


Figure II.5 : Organigramme globale de dimensionnement du rayon

II.5- Dimensionnement des interfaces du réseau d'accès:

À ce niveau là les interfaces à dimensionner sont : CE, Iub, Iur, Iu.

II.5.1-Dimensionnement de CE (Chanel Element) :

Le dimensionnement total de CE en uplink et downlink est donné par les équations suivante :

$$CE_{UL_Total} = Max (CE_{CS_Peak_UL}, CE_{CS_Average_UL} + CE_{PS_UL} + CE_{A_UL} + CE_{HSUPA}) \quad (II.23)$$

$$CE_{DL_Total} = Max (CE_{CS_Peak_UL}, CE_{CS_Average} + CE_{PS_UL} + CE_{A_DL}) \quad (II.24)$$

La valeur moyenne de CE dans les services Cs et PS, est donnée par les équations suivantes :

$$CE_{Cs_moyen} = \sum_i CSTrafficperNodeB_i \times CEFactor_i \quad (II.25)$$

$$CE_{Ps_moyen} = \sum_i PSTrafficperNodeB_i \times CEFactor_i \quad (II.26)$$

Où

$$PSTrafficPerNodeB_i = \frac{ThroughputPerNodeB_i}{R_i \times \rho_i \times 3600} \quad (II.27)$$

ThroughputPerNodeB_i (Kbit) : Débit occupé par NodeB pour le service i.

R_i (Kbps):taux de débit supporté par le service i.

ρ_i : taux d'utilisation de CE (channel element) par le service i.

Le tableau suivant montre le facteur d'utilisation de CE en fonction des services

services	Uplink		Downlink	
	SF	Le nombre de CE	SF	Le nombre de CE
AMR12.2 Kpbs	SF64	1	SF128	1
Ps 64 Kpbs	SF16	3	SF32	2
Ps128 Kpbs	SF8	5	SF16	4
Ps384 Kpbs	SF4	10	SF8	8

TAB II.6: facteur d'utilisation de CE

II.5.2-Dimensionnement de l'interface Iub :

La valeur moyenne de Iub large bande pour le service Cs est donnée par l'équation suivante:

$$Iub_{Cs_moyen} = \sum_i TrafficPerNodeB_i \times (1 + R_{SHO}) \times R_{Iub_i} \quad (II.28)$$

Où

R_{Iub_i} : Iub large bande pour le service Cs

R_{SHO} : Soft handover

La valeur moyenne de Iub large bande pour le service Ps est donnée par l'équation suivante :

$$Iub_{Ps_moyen} = \sum_i TrafficPerNodeB_i \times (1 + R_{SHO}) \times R_{Iub_i} \times R_{Retrans} \times (1 + R_{Burst}) \quad (II.29)$$

Où

$R_{Retrans}$: le facteur de retransmission pour le service Ps

R_{Burst} : Paramètre reflète la Qos de service Ps

II.5.3-Dimensionnement de l'interface Iur :

L'interface Iur est nécessaire pour transmettre et recevoir le signal d'un mobile provenant de 2 node B différents appartenant à 2 RNC, et pour la signalisation inter RNC. Généralement on dimensionne l'interface Iur entre 5 et 10% de l'interface Iub. Elle dépend du nombre de Node-B connectés au RNC ; 10% pour un RNC connecté à un petit nombre de Node-B ; 5% pour un RNC connecté à un grand nombre de Node B.

- Débit Iur = 10% * Débit Iub (II.30)

- Débit Iur = 5% * Débit Iub (II.31)

II.5.4-Dimensionnement de l'interface Iu :

Elle dépend de l'architecture du Core Network et des solutions de transmission utilisées. On dimensionne en prenant compte la somme des demandes de trafic moyennes multiservices et multiutilisateurs, à laquelle on ajoute les overheads ATM, IP...

II.6-Dimensionnement du RNC :

Notre réseau d'accès ne devrait pas se voir limité par un nombre insuffisant de RNC. Le dimensionnement du RNC est dans une grande mesure, conditionné par ses caractéristiques. Celles qui influent sur le processus de dimensionnement sont les suivantes :

- Les limitations de trafic, c'est-à-dire le débit maximal par RNC :
 - Débit maximal en mode circuit en Erlang ;
 - Débit maximal en mode paquets en Mbps.

- Les limitations de connectivité, c'est-à-dire le nombre maximal de connexions aux interfaces **Iub**, **Iu**, **Iur**.
- Les limitations de gestion, c'est-à-dire le nombre maximal de Node B géré par le RNC.

II.7- Conclusion :

L'interface d'accès W-CDMA est un système utilisant l'étalement de spectre qui permet de supporter des débits utilisateur variables, et propose une extensibilité de service. Dans la planification et le dimensionnement de réseau UMTS on a passé par plusieurs étapes, le bilan de liaison, calcul de rayon des cellules, estimation de nombre de sites.

Dans le chapitre suivant à l'aide des outils de planification et de dimensionnement nous allons appliquer sur un cas réel.

Chapitre III

**Application sur un
cas réel (ville de Tizi-
Ouzou)**

Chapitre III : Application sur un cas réel (ville de Tizi-Ouzou)

III.1-Introduction :

Avec la complexité des systèmes cellulaires, il s'avère très intéressant de recourir à des outils de dimensionnement et de planification. Atoll et RND7.0 offre cette possibilité.

Dans cette partie, on a présenté notre projet en détaillant ses différentes phases et défini l'emplacement des NodeB en tenant compte à la fois des critères de couverture et de la capacité des cellules, ensuite on a terminé par l'étude de la qualité de couverture dans la phase de prédictions.

III.2-Description du projet :

Le but de cette application est de concevoir et de simuler sous un software (atoll, RND7.0) un réseau 3G (UMTS).

La conception du nouveau réseau 3G sous le software (RND et ATOLL) passe par trois phases:

- Phase de Dimensionnement
- Phase de planification
- Phase de simulation et de prédictions

III.2.1-Description des logiciels utilisés pour notre application(Atoll,RND7.0)

- a) **Atoll** : est un logiciel de dimensionnement et de planification des réseaux cellulaires qui peut être utilisé sur tout le cycle de vie des réseaux (GSM, GPRS, EDGE, UMTS, HSDPA, HSUPA, WiMAX) : du design à l'expansion et l'optimisation.

Le logiciel exploite différentes données en entrée :

- des données géographiques : modèle numérique 16 bits ISTAR (ist, tiff, bil, dis)
- un sursol : par le biais d'un fichier image 8 bits (ist, planet, tiff, bil)
- des données vectorielles représentant les infrastructures (dxf, planet)
- des données images issues de cartes civiles 2D : format raster (tiff, bil, ist, planet)
- des données de trafic : par le biais d'un fichier image 8 bits (bil, ist, tiff, bmp)

- b) **RND 7.0 (Radio Network Dimensioning)** : est un logiciel qui regroupe plusieurs modules (paramètres des réseaux, ...), utilisé par les opérateurs de télécommunication pour faciliter les calculs de pré-planification des réseaux (GSM, UMTS, LTE, GSM/UMTS).

Les deux figures suivantes représentent l'interface graphique du logiciel Atoll et RND7.0 :

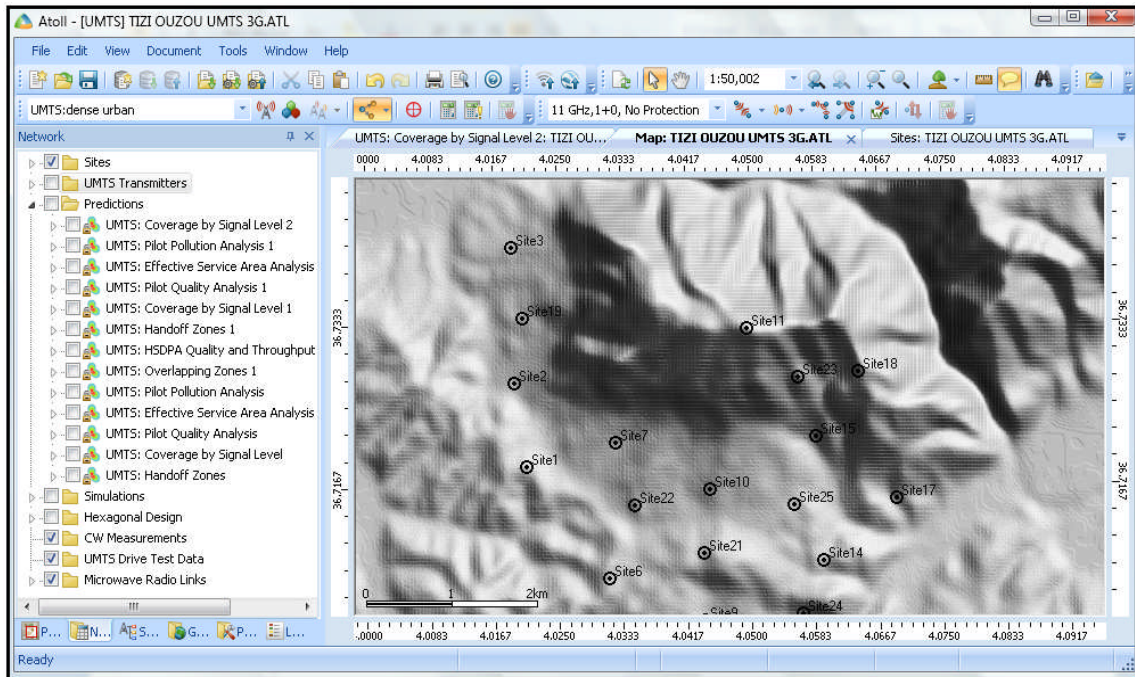


Figure III.1: interface graphique du logiciel Atoll

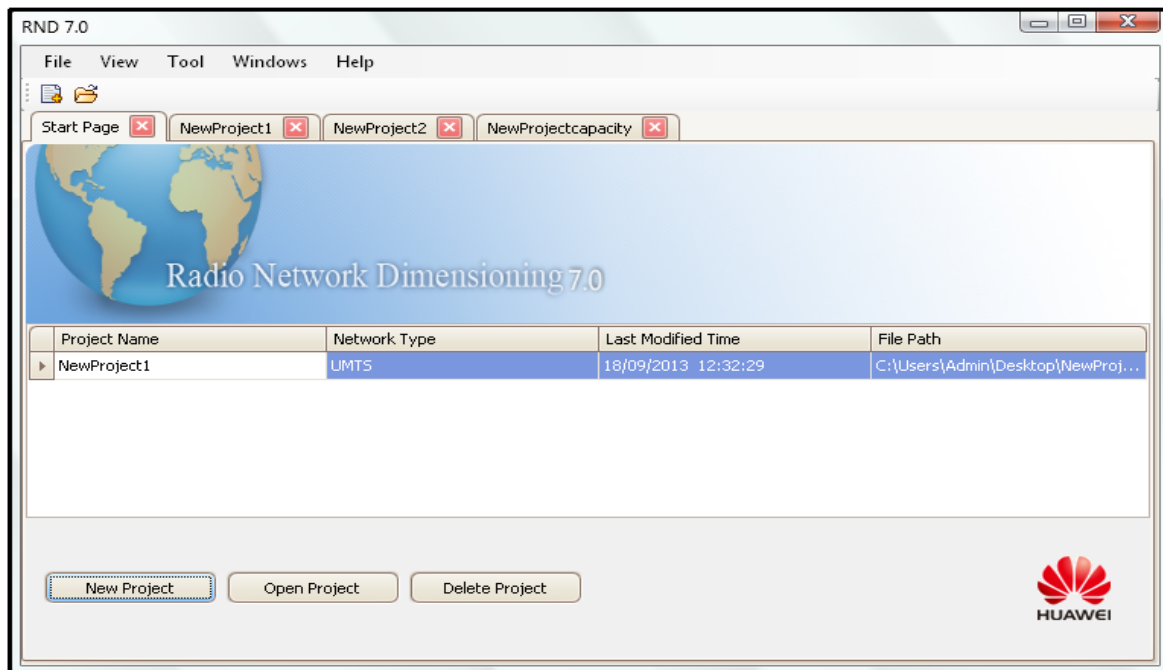


Figure III.2: interface graphique du logiciel RND7.0

III.2.2-Zone géographique à planifier :

Cette étude concerne une zone géographique couvrant la ville de Tizi-Ouzou et ses alentours. Notre zone d'étude s'étend sur une superficie de 22 km² et présente beaucoup de zones d'habitation. On trouve de nombreux immeubles, plusieurs quartiers résidentiels, quelques espaces verts, des axes routiers, ainsi que des zones industrielles.

On estime que la population avoisine les 140000 habitants, le nombre de visiteur 80000 visiteur/jour, la densité de population est de 2500 habitant /km² et l'environnement est dense urbain.



Figure III.3: Zone géographique (ville Tizi-Ouzou)

III.3-Dimensionnement du réseau 3G :

Cette partie correspond à l'étape de dimensionnement du réseau d'accès. Elle correspond aussi à l'élaboration des données nécessaires pour la phase de planification 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.

III.3.1-Cahier de charges :

➤ **Caractéristique générales WCDMA :**

- Technologie : WCDMA
- Fréquence = 1950 – 2140 MHz.
- Bande passante = 5 MHz
- Chip rate = 3.84 M chips/s
- Thermal noise density = -174 dBm/Hz
- Marge d'interférence : de 1 à 10 dB. 3 dB défaut
- Fast fading margin : 3 dB à 3 km/h, 0 dB à 120 km/h
- soft handover gain : 3 dB

➤ **Caractéristiques des stations mobiles et stations de bases :**

Voir le 2^{ème} chapitre (TAB : II.3).

➤ **densité de population:**

- Dense Urbain : 2500 habitant/Km²

➤ **Mode de trafic :**

Services	Valeur	
	UL	DL
AMR12.2 (Erl)	0.02	0.02
CS64 (Erl)	0.0001	0.0001
PS64 (kbit)	800	200
PS128 (kbit)	0	400
PS 384 (kbit)	0	300
HSPA (kbit)	1500	6500

TAB.III.1 : Mode de trafic

➤ **Profil de consommation des abonnés :**

Service	Consommation/abonnés	Facteur d'activité (%)
Voix à 12.2 kbps	25mErl	0.65(UL), 058(DL)
Data à 64 kbps	25kbps	100
Data à 128 kbps	40kbps	100
Data à 384 kbps	50kbps	100

TAB.III.2 : Consommation des abonnés**III.3.2-Portée et estimation de la couverture d'une cellule :**

Cette fonction est utilisée pour calculer la portée maximale en km d'une cellule, sa surface et le nombre de nodeB pour une zone donnée, selon les données introduites dans le bilan de liaison.

- Model de propagation (COST-HATA) :

$$\begin{aligned} \text{MAPL} &= 49,3 + 33,9 \cdot \log(2140) - 13,82 \cdot \text{Log}(25) + 36,95 \cdot \text{Log}(d) & \text{(III.1)} \\ &= 133,61 + 36,95 \cdot \log(d) \end{aligned}$$

- $D_{\max} = 10^{((\text{MAPL} - 133,61) / 36,95)}$ (III.2)

- $R = d/2$ (III.3)

- $\text{Surface site} = ((3\sqrt{3})/2) \cdot (R)^2$ (III.4)

- $\text{Nombre de sites} = \text{Surface de calcul} / \text{surface site}$ (III.5)

Morphologie	Dense urbain
Service	PS64
Rayon de la cellule (Km)	0.45
Surface de couverture d'un site(Km ²)	0.63
Surface de calcul (Km ²)	22
Nombre de sites	30

TAB.III.3 : Resultat de bilan de liaison UMTS

Le nombre final des sites qu'on a trouvé est de 25 sites (en tenant compte à la fois des critères de couverture et de la capacité des cellules). voir **TAB.III.8**

III.3.3-Capacité d'une cellule :

Le bilan de liaison radio WCDMA est légèrement plus complexe que celui du TDMA (pour un réseau GSM) car le nombre d'utilisateurs simultanés a un impact direct sur la couverture. A partir du début de développement d'un réseau, l'opérateur doit avoir une connaissance et une vision globale de la distribution des abonnés afin de pouvoir estimer une configuration correcte (nombre de secteurs, nombre de bandes) en terme de besoin de capacité pour le réseau.

Morphologie	Dense Urbain	
UL/DL	UL	DL
Rayon en (km)	0.45	
Nombre de bande	1	
Channel Model	TU3	
Facteur de non orthogonalité	0.60	
Proportion endort des utilisateurs	20.00%	
taux de couvertures HSPA (kbps)	25.00	60.00
Utilisation RACH	1.00%	
Utilisation FACH	3.00%	
Utilisation PCH	3.00%	
Temps de service RRC Connecter par Heur par User	6.00	
Temps de Non-service RRC Connecter par Heur par User	4.00	
Multi-User Supporter	VRAI	VRAI

TAB.III.4 : Paramètre de la capacité d'une cellules

Morphologie	Paramètre de la porteuse	Max. UL charge	Max. DL charge (R99)	Max. DL charge	Service
Dense Urbain	Bande1	50.00%	75.00%	90.00%	Voix, PS64, HSPA

TAB.III.5 : Paramètre de la bande

Morphologie	Dense Urbain	
UL/DL	UL	DL
Nombre d'utilisateurs supporter /secteur	434	
Nombre d'utilisateur supporter /cellule	1302	
Nombre d'utilisateurs par secteur (UL/DL)	434	451
Charge total (%)	49.92	76.17

TAB.III.6 : Résultat de dimensionnement de la capacité

Pour assurer une meilleure couverture, on doit dimensionner notre réseau par rapport aux besoins de la capacité, car le nombre simultané d'utilisateurs a une influence directe sur la couverture d'une cellule.

III.3.4-Résultat de dimensionnement de CE /Iub :

Morphologie	Dense Urbain	
Total CE	UL :243	DL :119
Iub trafic		
Le trafic total des services de transmission (kbps)	2092.24	4222.5
Traffic total (kbps)	2346.7	4474.45
E1	3	

TAB.III.7 : Résultat de dimensionnement de CE/Iub

III.4-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.

III.4.1-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 au fournit par un operateur Telecom.

III.4.1.1-carte de trafic :

La carte de trafic (Trafic Mapp) permet d'introduire les données sur le trafic UMTS au niveau de la zone à planifier. Dans notre étude, on définit une carte de trafic qui se base sur la densité de la population.

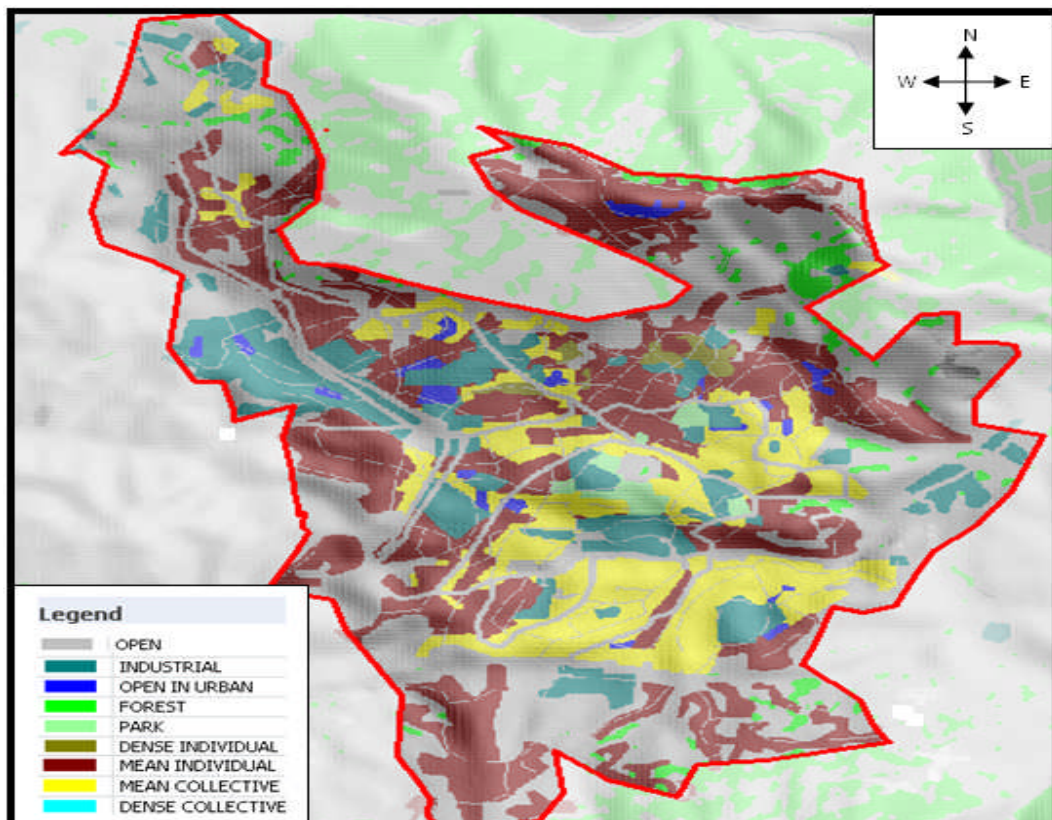


Figure III.4 : Carte de trafic

III.4.1.2-Introduction des sites :

Pour introduire les sites, on a choisi la méthode du motif hexagonal. Chaque site contient trois secteurs.

Après l'introduction des sites on procède à la prédiction du réseau en déplaçant les sites dont la morphologie du terrain présente un obstacle pour le champ de rayonnement de ses antennes, en modifiant les tilts et les azimuts des antennes.

Le tableau suivant représente le résultat final des sites qu'on a obtenu :

Site	Hauteur (m)	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Transmetteur	azimuts (°)	Downtilt mecanique (°)
1	30	4.020893972	36.718733897	152	1	0	2
					2	120	0
2	30	4.01942897	36.72734623	106	1	0	-4
					2	120	-6
3	25	4.019097953	36.74127635	107	1	9	-2
					2	120	-8
					3	209	0
4	25	4.037456645	36.68388502	252	1	343	2
					2	167	-6
					3	75	6
5	30	4.030675691	36.697420558	170	1	0	0
					2	120	0
6	30	4.031533801	36.707184801	166	1	0	0
					2	120	-2
					3	240	1
7	25	4.032437176	36.721149356	166	1	0	-8
					2	120	-8
					3	240	0
8	25	4.04254043	36.695676615	182	1	18	2
					2	139	3
					3	259	0
9	25	4.043912682	36.70278601	137	1	0	-12
					2	120	-4
					3	240	-8

10	25	4.044688237	36.716246779	201	1	0	-8
					2	120	-6
					3	240	0
11	30	4.049672197	36.732798466	666	1	273	2
					2	97	4
					3	170	3
12	30	4.056157649	36.687064971	212	1	0	4
					2	93	-2
					3	252	-3
13	25	4.056296232	36.69719599	139	1	0	0
					2	120	0
					3	240	0
14	25	4.059400144	36.708842105	154	1	0	0
					2	120	0
					3	240	-3
15	25	4.058534153	36.721614227	222	1	0	-9
					2	120	0
					3	240	-6
16	25	4.066916576	36.701842877	127	1	16	2
					2	263	0
17	30	4.068971156	36.715201846	130	1	180	3
					2	258	-6
					3	11	-12
18	30	4.064123838	36.728253068	459	1	344	-6
					2	270	3
19	30	4.020479973	36.733989871	127	1	0	0
					2	108	-6
					3	240	2
20	30	4.045797669	36.689049459	171	1	13	0
					2	139	-8
					3	268	-3
21	25	4.043860667	36.709700545	211	1	0	2
					2	120	-2
					3	240	2

22	25	4.034892055	36.714664686	159	1	0	0
					2	120	0
					3	240	2
23	30	4.056255039	36.7277192	422	1	232	-12
					2	155	0
24	30	4.056660813	36.703385677	129	1	325	-8
					2	66	-8
					3	240	0
25	30	4.055627529	36.714599782	186	1	0	-2
					2	120	0
					3	240	0

Tableau III.8 : Points nominaux des sites candidats

Pour mieux optimiser le rapport C/I sur l'espace de couverture il faut un bon positionnement et un bon paramétrage des antennes. car le rapport C/I a une incidence directe sur le taux d'erreurs binaires et donc sur le débit et la qualité des communication.

III.4.1.3-type d'antennes :

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 mieux optimiser le rapport C/I sur l'espace de couverture il faut un bon positionnement et un bon paramétrage des antennes. car le rapport C/I a une incidence directe sur le taux d'erreurs binaires et donc sur le débit et la qualité des communication.

Pour notre projet l'antenne utilisée (utilisée par Mobilis) a les propriétés suivantes :

- Gain d'antenne de 15.41 dBi
- Feeder cable type 7/8 et l'atténuation de 6.7db /100m
- Tilt électrique de 6°

Le tilt ou inclinaison : l'inclinaison mécanique et électrique de l'antenne peuvent être appliquées, dans le but de :

- diminuer l'interférence.
- Améliorer la couverture de la région proche, aussi couverture d'intérieur (indoor).
- Ajuster les frontières cellulaires (pour arranger les zones de Handover).

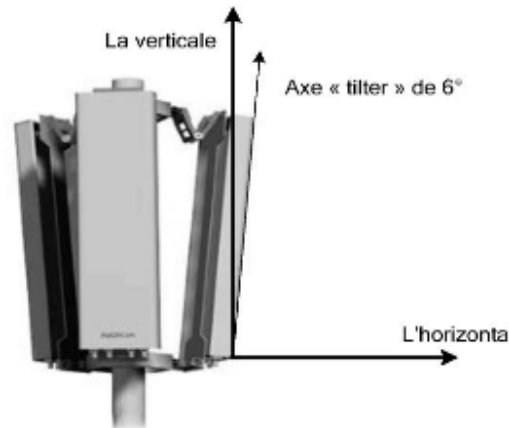


Figure III.5 : Antenne tri-bandes

- Le diagramme de rayonnement de cette antenne est donné par la figure suivante:

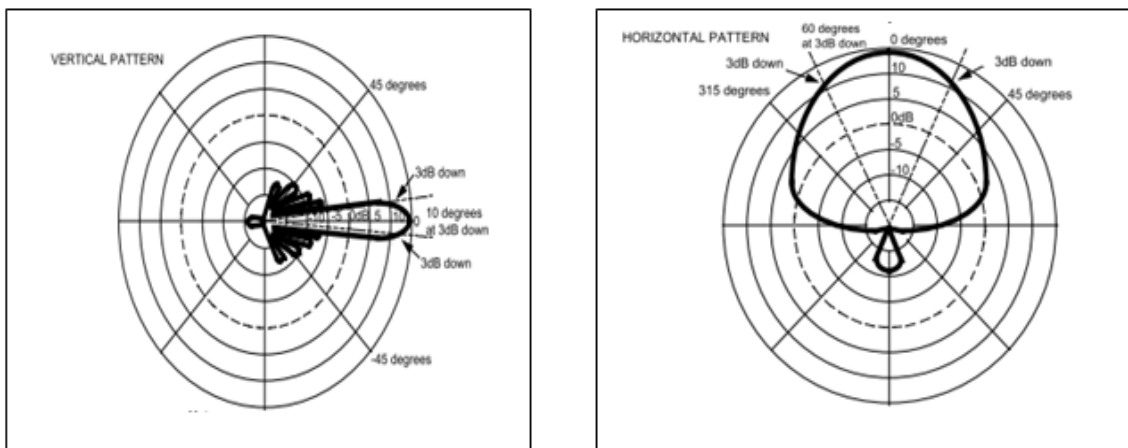


Figure III.6 : Diagramme de rayonnement de l'antenne

III.4.1.4-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.

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.

III.5-Phase de simulation et de prédiction :

III.5.1-Configuration du réseau 3G :

Cette étape consiste à configurer notre réseau a partir des paramètres radio illustrés dans les deux phases précédentes (Dimensionnement et Planification). La configuration du réseau 3G passe par plusieurs étapes (Voir Annexe).

III.5.2-Simulation :

Les simulations permettent de fournir une distribution aléatoire des utilisateurs dans la zone d'étude. Elles permettent aussi d'étudier le réseau de point de vue capacité c'est-à-dire la distribution des utilisateurs par service, le taux de rejet et les causes de ce rejet, le pourcentage d'utilisateurs servis par service, la charge sur les différents liens, la situation de handover, les statistiques sur les sites et les cellules et les statistiques sur les mobiles.

Pour créer une nouvelle simulation, on sélectionne la commande «New» dans la table Simulations du menu Data. La figure suivante présente le menu de configuration des paramètres d'une simulation :

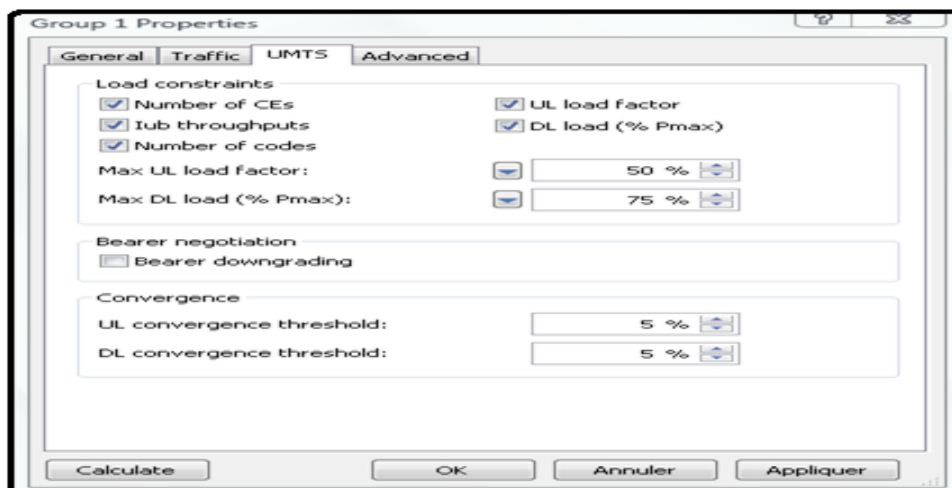


Figure III.7 : Menu de configuration des paramètres d'une simulation

III.5.3-Prédictions :

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

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 :

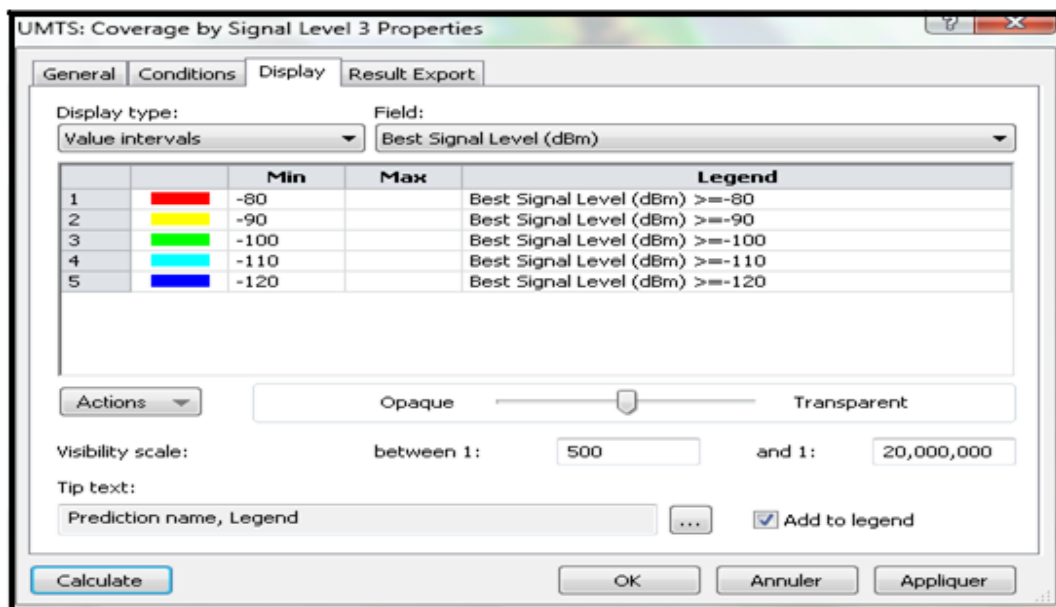


Figure III.8 : Menu de configuration des paramètres des prédictions

III.5.3.1-Résultat des prédictions :

1) Couverture par niveau de signal :

On a effectué des prédictions sur la couverture. Grâce à des modifications qu'on réalisée auparavant (voir le paragraphe III.3.1.2), on a eu un résultat convainquant. La valeur seuil est de -100 dBm.

Les deux figures suivantes représentent la couverture par niveau de signal (RSCP) :

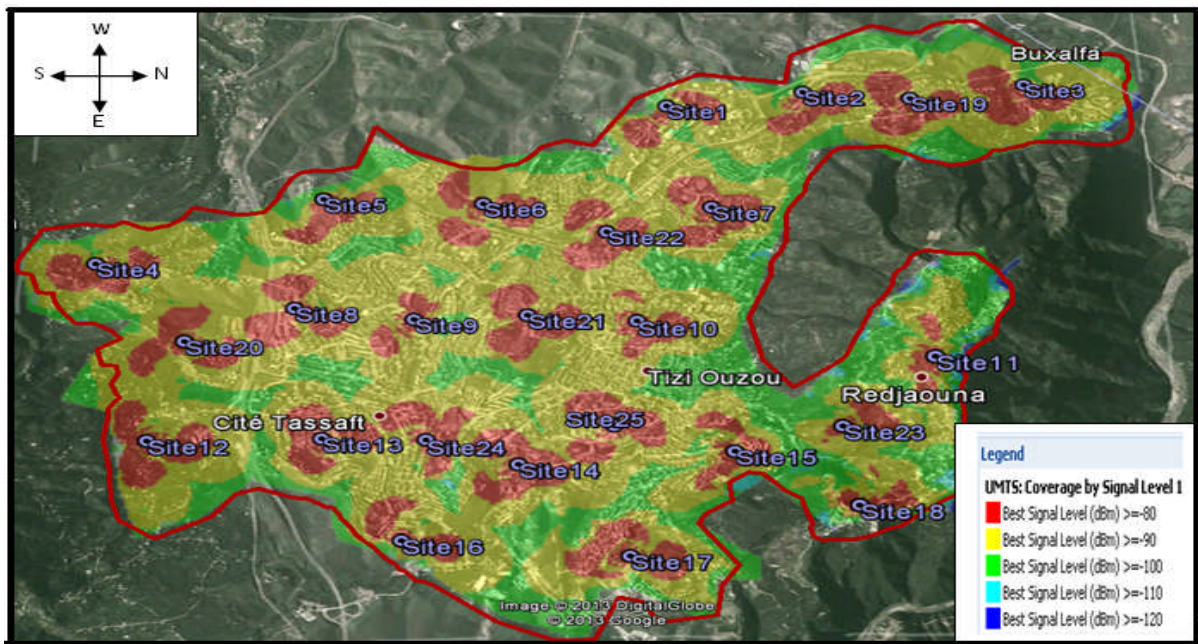


Figure III.9 : Couverture par niveau de signal (RSCP : puissance du signal de code reçu)

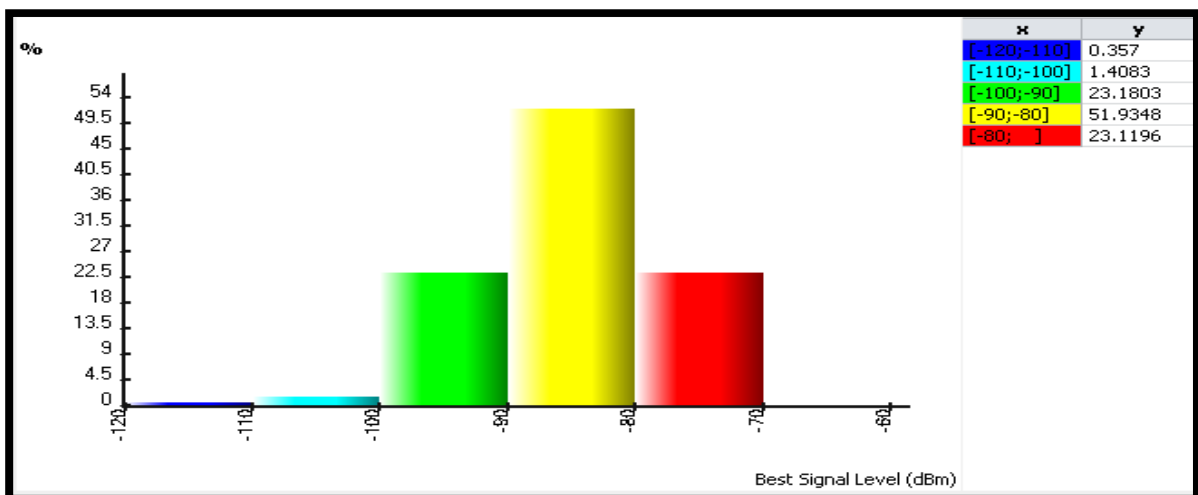


Figure III.10 : Histogramme représente le niveau du signal

On constate que plus de 95% de la ville de Tizi-Ouzou a été couverte par un signal utile.

2) **Qualité du signal E_c/I_0 :**

On a fait des prédictions qui se basent sur E_c/I_0 (Energie reçue par Chip / densité de puissance dans la bande) qui reflète la qualité du signal. La valeur de E_c/I_0 minimale est prise pour -15dB.

Les deux figures suivantes représentent la qualité du signal E_c/I_0 :

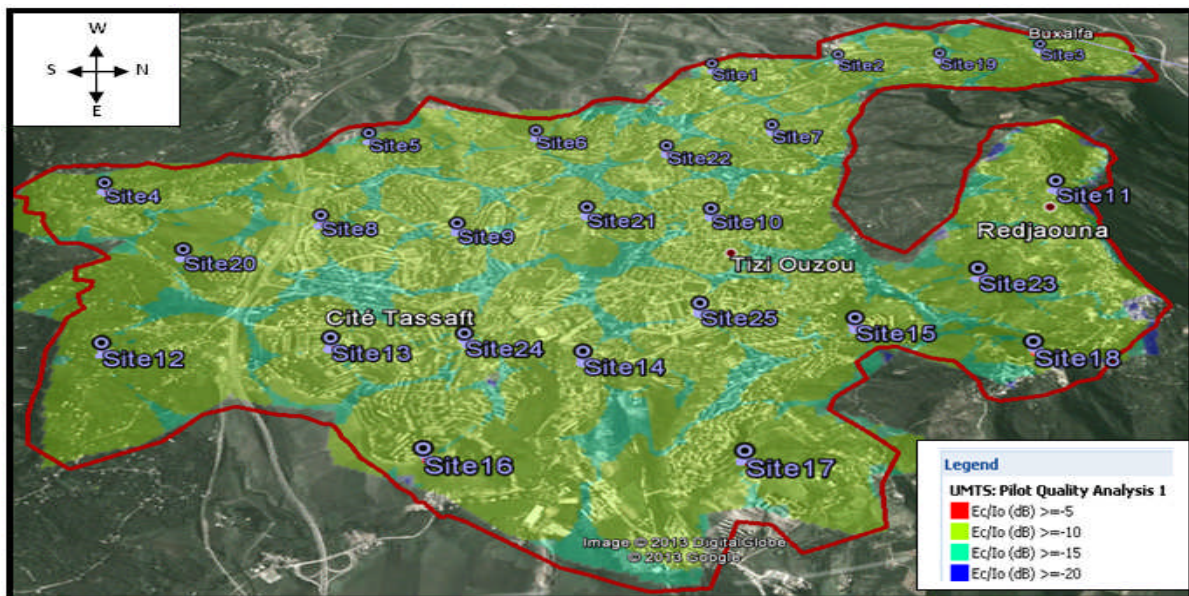


Figure III.11 : Prédications de la qualité du signal E_c/I_0

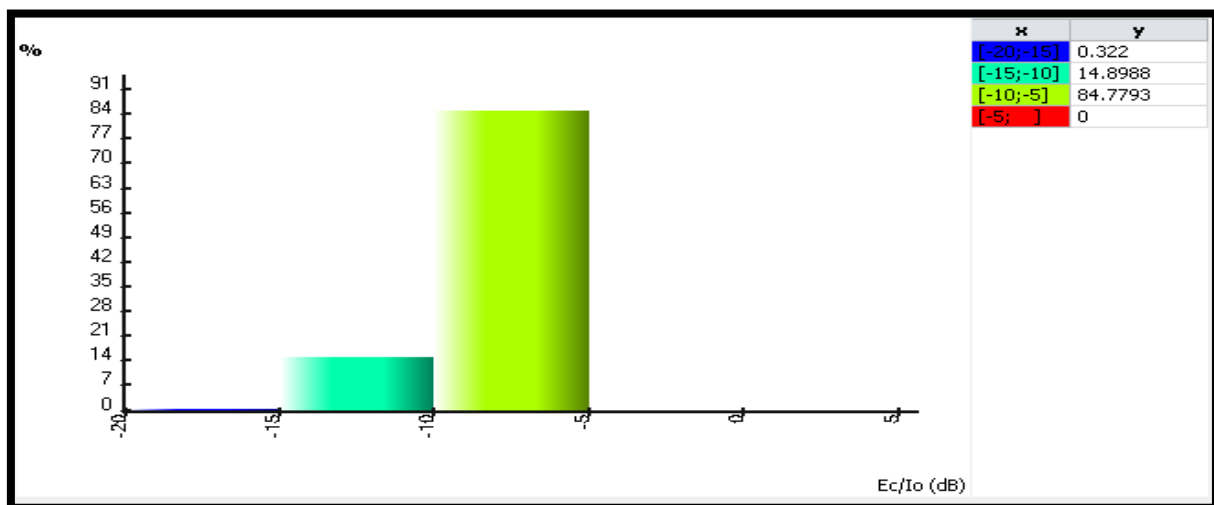


Figure III.12 : Rapport des prédictions de la couverture par rapport à E_c/I_0

On constate que notre zone est couverte par une meilleure qualité de signal.

3) Overlapping zones (zones de chevauchement) :

Cette partie 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 les interférences. Les résultats sont illustrés dans les deux figures ci-dessous :

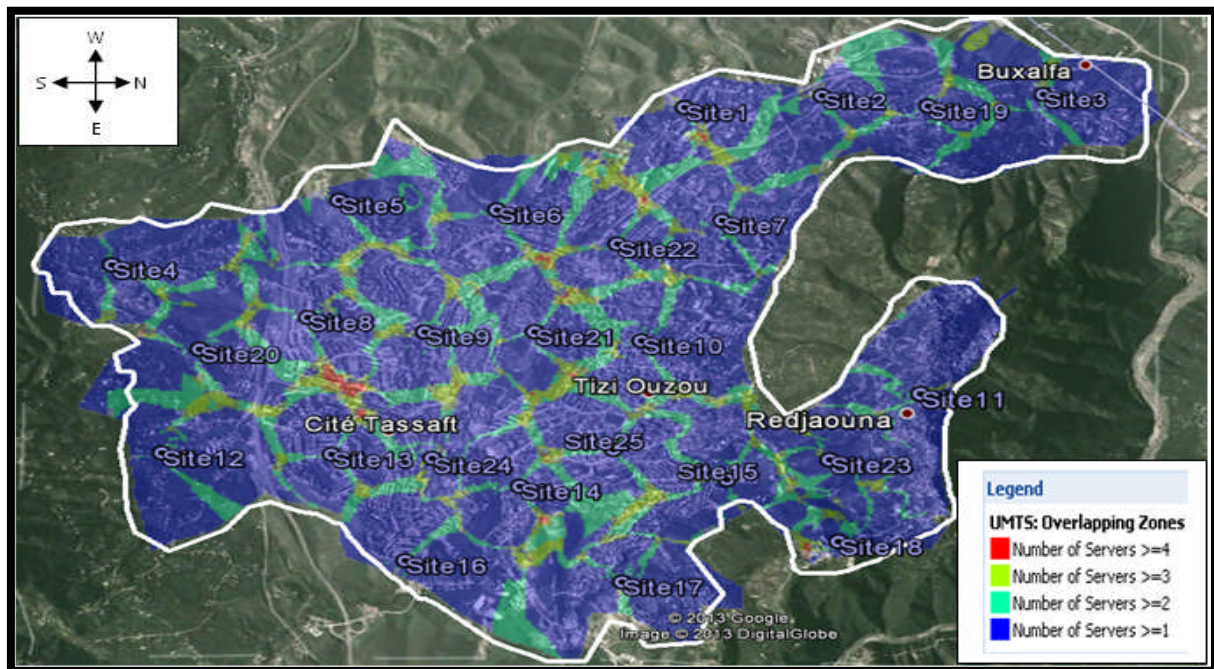


Figure III.13 : carte illustrant le recouvrement de zones

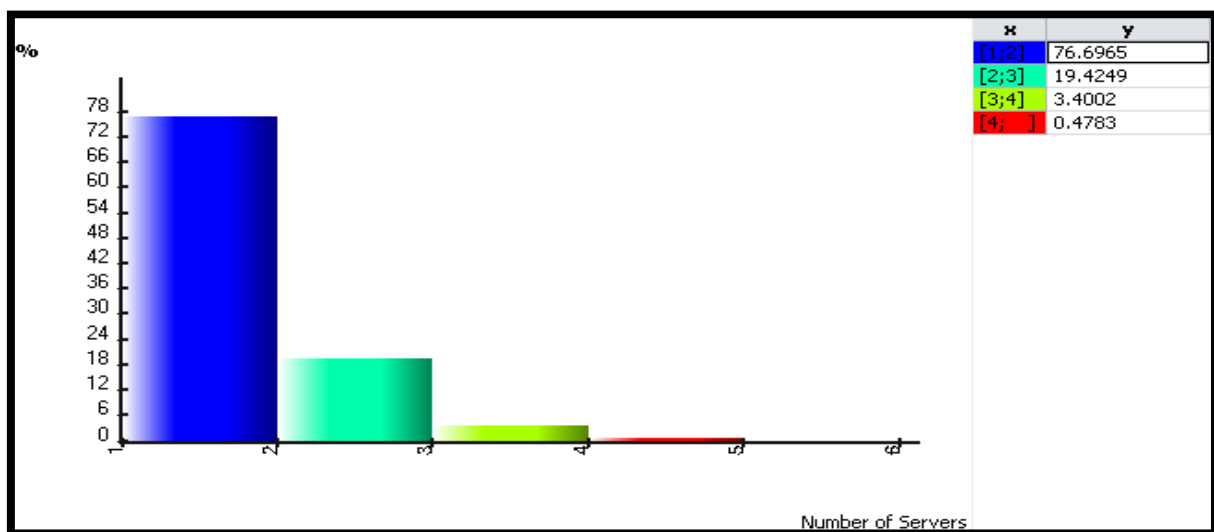


Figure III.14 : Rapport d'Overlapping zones

Nous constatons qu'un point de la zone d'étude est couvert dans la majorité des cas par un seul serveur. En bordure de cellule on a deux, ou trois serveurs ce qui correspond aux zones d'intersection des cellules. Certaines intersections présentent plus de trois serveurs. Pour simplifier la procédure de sélection de cellule il est impératif de limiter la couverture à trois serveurs maximum.

4) Handoff Status (statut de Handover) :

La figure suivante montre les zones où il n'y a pas de Handover et les zones où il y a différents types de handover

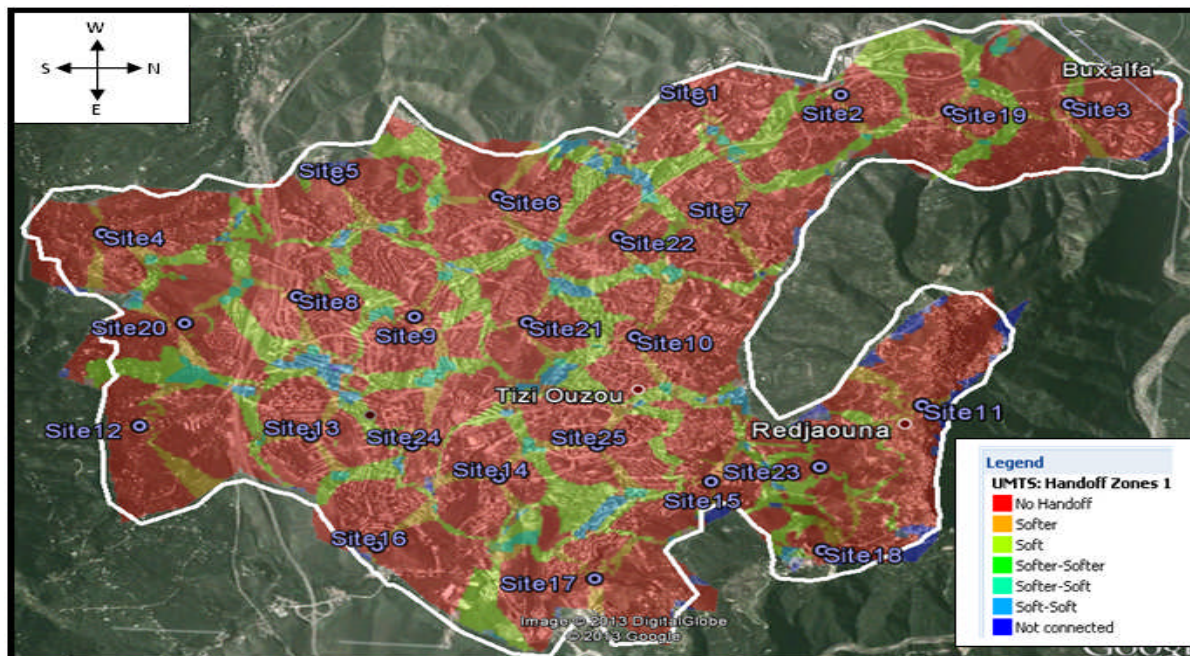


Figure III.15 : Statut de Handover

III.6-Conclusion:

Au cours de notre projet, nous avons eu plusieurs aspects de la planification réseau télécoms. Tout d'abord, nous avons pris en main les logiciels RND7.0 et Atoll, découvert leurs différentes fonctions et ensuite réalisé le dimensionnement et la planification d'un réseau UMTS pour la ville de Tizi-Ouzou et ses alentours.

Dans l'avenir, il est envisageable d'étendre ce projet et de faire une optimisation continue de réseau car les mobiles changent de location de façon continue et donc le trafic va varier en fonction des zones et du temps. Cette variation affecte directement la qualité du signal radio et la capacité globale du système.

A travers ce que l'on a vu plusieurs perspectives sont possibles, comme première perspective c'est d'analyser le réseau en profondeur et de l'optimiser. Comme deuxième perspective étendre notre réseau à une échelle plus grande couvrant le territoire national.

*Conclusion
générale*

Conclusion générale

L'UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), est la technologie de téléphonie mobile de troisième génération succédant au GSM en Europe. Ce nouveau système d'Internet mobile représente une vraie révolution par rapport à ses prédécesseurs en assurant une bande de fréquences plus large pour transmettre plus de données et atteindre des débits plus importants, tout en réduisant les problèmes de saturation et permettant un roaming international. L'UMTS est vu comme la convergence des communications mobiles, fixes et Internet. Des services plus rapides et plus sophistiqués, des hauts débits, un accès aux services tels que la visio-téléphonie, vidéo conférence et même la téléconférence sont les points forts de cette génération de téléphonie mobile.

L'objectif principal de ce projet est de dimensionner et de planifier un réseau d'accès WCDMA 3G.

Nous avons commencé par étudier l'UMTS avec une revue des différents types de canaux, la technique d'accès qu'il utilise WCDMA, le processus d'étalement de spectre et le fonctionnement de la couche physique de l'UTRAN.

La phase de dimensionnement et de planification d'un réseau d'accès WCDMA 3G couvrant la ville de Tizi-Ouzou a été réalisée après une étude bien approfondie. Les calculs ont été effectués pour déterminer le nombre de sites et pour introduire les sites en se basant au début sur un modèle hexagonal. Puis en fonction des prédictions, des contraintes de couverture et de qualité du signal, nous avons effectué des optimisations soit en déplaçant des sites, soit en modifiant la configuration radio de quelques transmetteurs. Une fois le réseau est planifié, des prédictions ont été entamées sur l'outil de planification Atoll. Les résultats obtenus nous ont poussé à optimiser encore le réseau pour avoir de meilleurs résultats.

Une fois les résultats adéquats obtenus, nous avons procédé à l'interprétation des données des prédictions (Couverture par niveau du signal, Qualité du signal E_c/I_o , Overlapping zones, Handoff Status).

Ce travail reste donc ouvert à l'extension soit en considérant des zones géographiques plus grandes.

Ce projet nous a donc permis de mettre en pratique nos connaissances acquises lors de cette formation de Master Télécommunication et Réseaux, ce projet fait partie d'un travail d'un Master2 Telecom chez les opérateurs téléphonique, nous avons essayé de comprendre le fonctionnement de ces logiciels RND7.0 et Atoll qui sont utilisés chez notre organisme d'accueil **Mobilis**.

Résumé

Avec l'arrivée des technologies 3G, les réseaux de télécommunications ont connu une grande expansion. Ces réseaux ont permis l'intégration de nouveaux services et un débit adéquat, permettant ainsi aux opérateurs de répondre à la demande croissante des utilisateurs. Cette rapide évolution a porté les opérateurs à adapter leurs méthodes de planification aux nouvelles technologies qui, augmentent la complexité au niveau du réseau.

Dans le cadre du projet intitulé « Etude de dimensionnement et planification d'un réseau d'accès WCDMA 3G », nous avons effectué la planification d'un réseau cellulaire UMTS pour la ville de Tizi-Ouzou et ses environs. Nous avons tout d'abord entamé ce projet par une étude de l'interface radio des réseaux UMTS. Ensuite, une méthodologie de dimensionnement des sites WCDMA en termes de capacité et de couverture radio a été élaborée.

Enfin, cette conception a été simulée sous un outil de planification Atoll. Des prédictions ont été faites pour voir les performances du réseau et valider le résultat final.

Mots-clés :

UMTS, Réseaux d'accès WCDMA, couverture, capacité, Simulation, prédiction.

Bibliographie

Ouvrages :

- Les origines, L'architecture, La norme ; Pierre Lescuyer ; DUNOD ; 2001
- Réseaux ; Andrew Tanenbaum ; 2003
- UMTS Network Planning and Development, Design and Implementation of the 3G CDMA Infrastructure; Chris Braithwaite and Mike Scott; ELSEVIER; 2004
- Les réseaux mobiles de troisième génération ; Harri Holma et Antti Toskala ; O.E.M

Documentation de l'organisme d'accueil :

- WCDMA RAN W11 Design, ERICSSON AB 2011 LZT 1239569Uae R2A
- UMTS Radio Network Planing Proposal for Ouargla, HUAWEI, jun 2013
- Basic Principles of WCDMA System, HUAWEI, 2004

Mémoires :

- Dimensionnement du réseau d'accès radio UMTS ; Hani Ramzi ; Tunis ; 2000/2001 ;
- Dimensionnement et planification d'un réseau d'accès HSDPA ; Ahmed Triki ; Tunis ; 2006/2007
- Localisation des mobiles par une stratégie de prédiction ; Chamekh Linda ; Tunis ; 2010/2011
- Etude et dimensionnement d'un réseau 3G (UMTS) ; Mohamed Cherif Merzouk et Ramdane Rafik ; Tizi-Ouzou ; 2008/2009

Thèses :

- Dimensionnement et caractéristique des réseaux mobiles ; Baasou Chokri ; Batna ; 2011/2012
- Capacité et dimensionnement des réseaux d'accès UMTS et évolution ; Massmodi Anis ; Tunis ; 2007/2008

Sites Web:

[-http://www.memoireonline.free.fr](http://www.memoireonline.free.fr)

[-http://www.4shared.com](http://www.4shared.com)

- <http://www.umts-forum.org/>

[-http://www.3gpp.com/article/umts](http://www.3gpp.com/article/umts)

[-http://www.ericsson.com](http://www.ericsson.com)

[-http://www.Mobilis.com](http://www.Mobilis.com)

List des abréviations

List des abréviations

1G	Première Génération
2G	Deuxième Génération
3G	Troisième Génération
3GPP	3rd Generation Partnership Project

A

ACCH	Associated Control Channel
ALCAP	Access Link Control Application Part
AMPS	Advanced Mobile Phone Service
AMRF	Accès Multiple par Répartition en Fréquence
AN	Access Network
ASC	Access Service Class
ASIC	Application Specific Integrated Circuit
ATM	Asynchrone Transfert
AUC	Authentication Center
AWGN	Additive White Gaussian Noise
ANM	Answer Message

B

BCCH	Broadcast Control Channel
BCH	Broadcast Channel
BER	Bit Error Rate
BMC	Broadcast/Multicast Control
BoD	Bandwidth on Demand
BPSK	Binary Phase Shift Keying
BRAN	Broadcast Radio Access Network
BS	Base Station
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Sub-system
BTS	Base Transceiver Station

C

C/I	Carrier-to-Interference ratio
CBC	Cell Broadcast Centre
CCCH	Common Control Channel
CCPCH	Common Control Physical Channel
CCTrCh	Coded Composite Transport Channel
CDMA	Code Division Multiple Access
CE	Chanel element
CN	Core Network
CODIT	Code division test bed

List des abréviations

CPCH	Common Physical Channel
CS	Commutation de circuits
CRNC	Controlling RNC

D

DAMPS	D-Advanced Mobile Phone System
DCCH	Dedicated Common Control Channel
DCH	Dedicated Channel
DCH FP	Dedicated Channel Frame Protocol
DL	DownLink
DPCCH	Dedicated Physical Control Channel
DPCH	Dedicated Physical CHannel
DPDCH	Dedicated Physical Data Channel
DRNC	Drift RNC
DS-CDMA	Direct Sequence Code Division Multiple Access
DSCH	Downlink Sharel Channel

E

EDGE	Enhanced Data Rate for GSM Evolution
EGSM	Enhanced GSM
EIR	Equipment Identity Register

F

FACH	Forward Access Channel
FBI	Feedback Information
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FFH	Fast Frequency Hopping
FH	Frequency Hopping
FRAMES	Future RadioWideband Multiple Access System

G

GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Service
GSHO	Gain de Soft handover
GSM	Global System for Mobile

H

HLR	Home Location Register
HPSK	Hybrid Phase Shift Keying

List des abréviations

I

IMT2000	International Mobile Telecommunications 2000
IP	Internet Protocol
IS-95	North American Version of the CDMA Standard
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISI	Inter-Symbol-Interference
ISUP	ISDN User Part
ITU	International Telecommunication Union
Iu	Interface User
IAM	Initial Address Message
ISUP	ISDN User Part

L

LAI	Location Area Identity
LCS	Location Services

M

MAC	Medium Access Channel
MAI	Multiple Access interference
MAP	Mobile Application Part
MAPL	Maximum Allowable Path Loss
ME	Mobile Equipment
MM	Mobile Management
MSC	Mobile Switching Centre
MTP	Message Transfer Part

N

NAS	Non Access Stratum
NBAP	Node B Application Part
Node B	WCDMA BS

O

OSS	Operation and Support System
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor

P

PCCH	Paging Control Channel
PCCPCH	Primary Common Control Physical Channel
PCH	Paging Channel
PCU	Packet Control Unit
PDC	Personal Data Cellular
PDCP	Packet Data Control Protocol
PDN	Packet data Network

List des abréviations

PDPC	Packet Data Convergence Protocol
PDSCH	Physical Downlink Sharel Channel
PDU	Protocol data Unit
PHS	Personal Handy phone System
PIC	Parallel Interference Cancellation
PLMN	Public Land Mobile Network
PLL	Phased Locked Loop

Q

QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying

R

RAB	Radio Access Bearer
RACH	Random Access Channel
RAN	Radio Access Network
RANAP	Radio Access Network Application Part
RLC	Radio Link Control
RNC	Radio Network Control
RNIS	Réseau Numérique A Intégration De Services
RNS	Radio Network Sub-System
RNSAP	Radio Network System Application Part
RRC	Radio Resource Control
RTCP	Réseau Téléphonique Commuté Public

S

SCCP	Signalling Connection Control Part
SCH	Synchronisation Channel
SDU	Service Data Unit
SF	Spreading Factor
SFH	Slow Frequency Hopping
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIM	Subscriber Identity Mobile
SIR	Signal to Interference Ratio
SMS	Short Message Service
SRAN	Satellite Radio Access NEtwork
SRNC	Serving RNC
SS	Spread Spectrum

T

TACS	Total Access Communications System
TCAP	Transaction Capabilities Application Part
TCH	Traffic Channel
TCP	Transport Control Protocol

List des abréviations

TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TED	Timing Error Detector
TE	Equipement Terminal
TF	Transport Format
TFCI	Transport Format Combination Indicator
TM	Terminaison Mobile
TPC	Transmission Power Control
TRCH	Traffic Channel
TTI	Transmission Time Interval

U

UE	User Equipment
UICC	UMTS Integrated Circuit Card
UIT	Union International for Telecommunication
UL	UpLink
UM	Unacknowledged Mode
UMSC	UMTS MSC
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USIM	UMTS SIM
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access
UTRA	Universal Terrestrial Radio Access in 3GPP terminology
UTRAN	UMTS Terrestrial RAN

V

VLR	Visitor Location Register
VoIP	Voice over IP

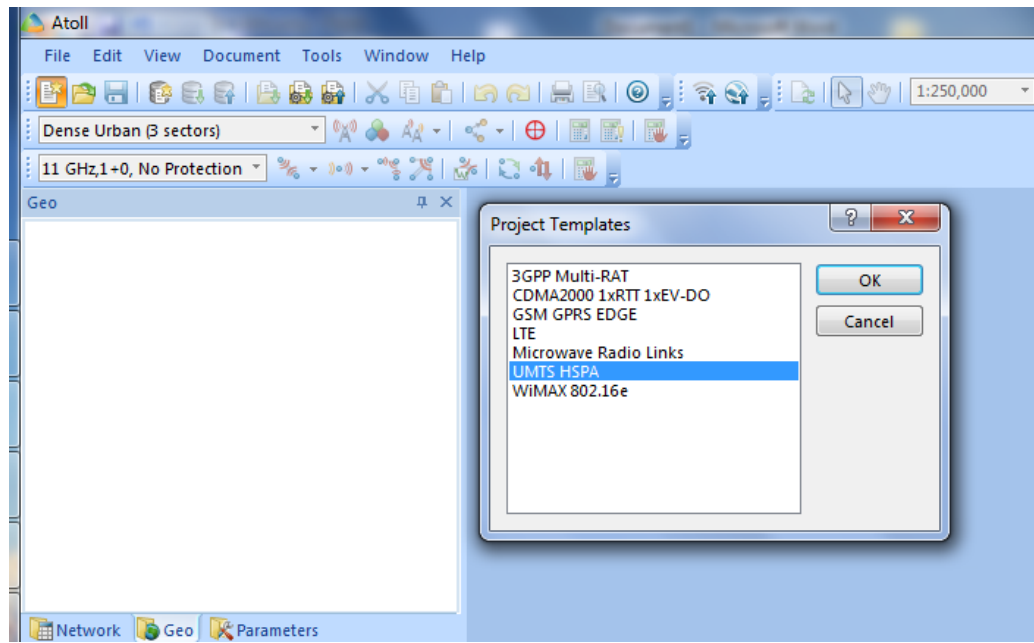
W

WARC	World Administrative Radio Conference
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WLL	Wireless Local Loop

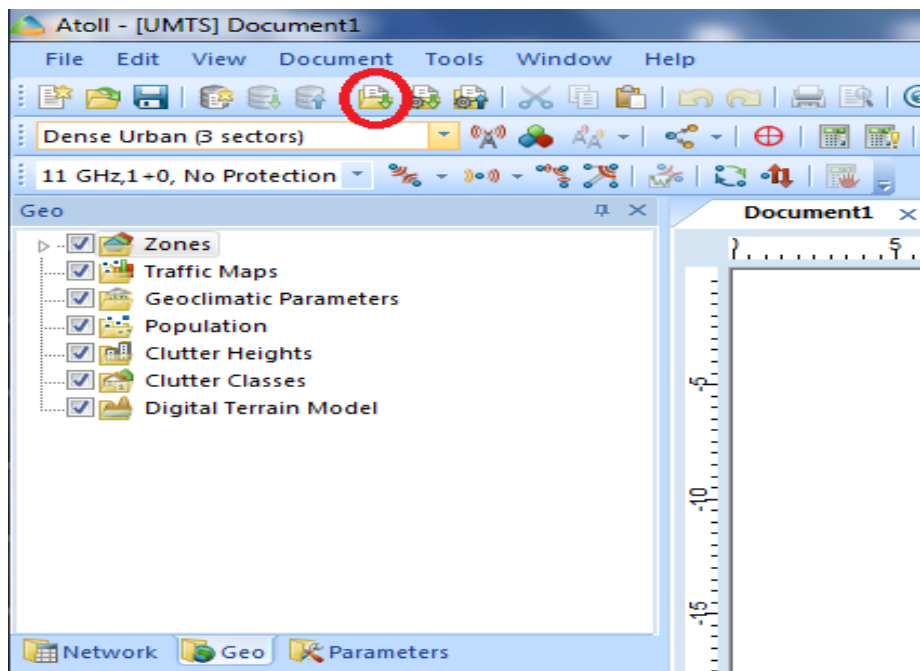
Annexe1

Configuration d'un réseau UMTS sous Atoll :

Etape 1 : La première étape consiste à créer un nouveau projet, on clique sur <<nouveau projet>> un tableau de liste des réseaux existés s'affiche, pour notre cas on choisit <<UMTS/HSPA>> comme le montre la figure suivante :

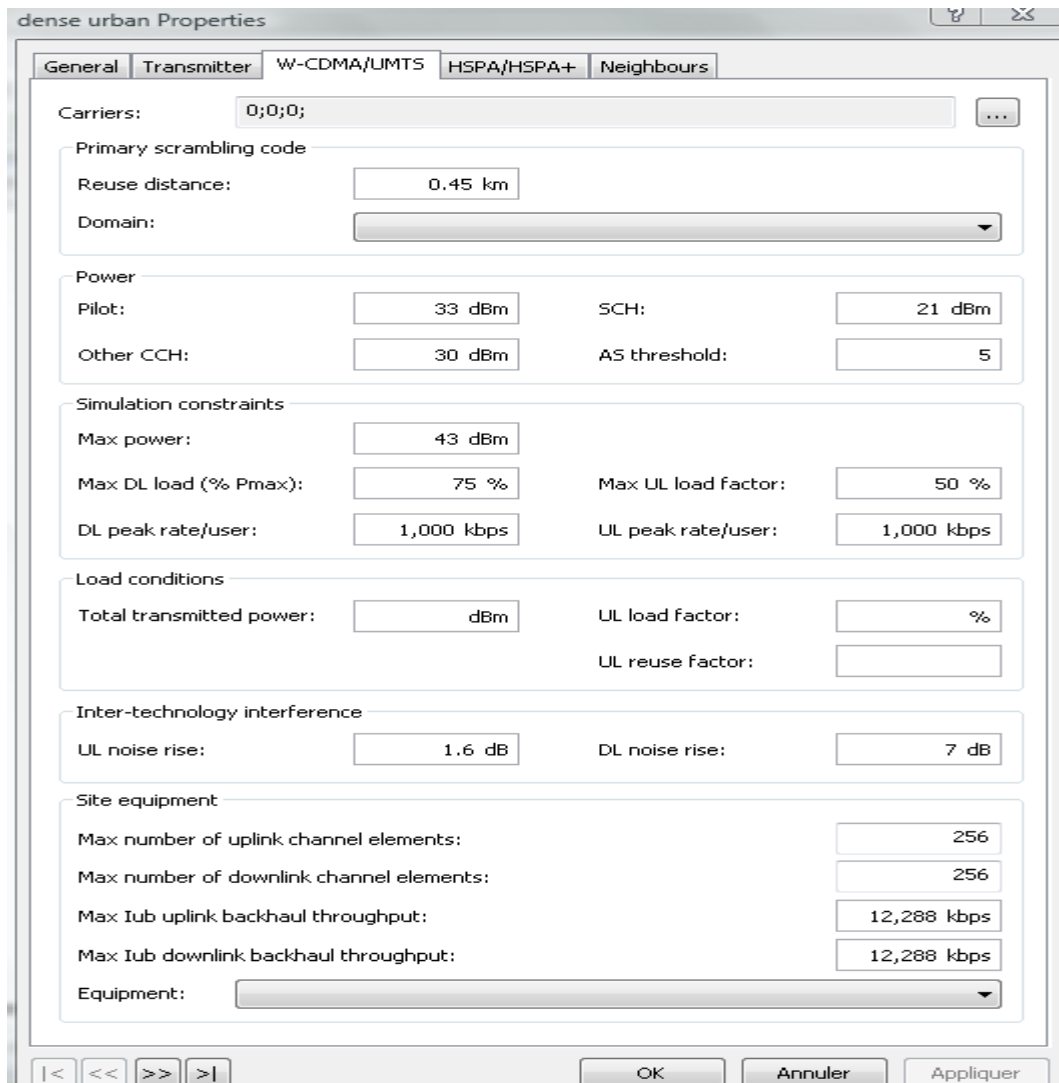


Etape 2 : cette étape consiste à charger la zone géographique à planifier, on clique sur <<import file>>.



Etape 3 : Gestion du modèle 3G

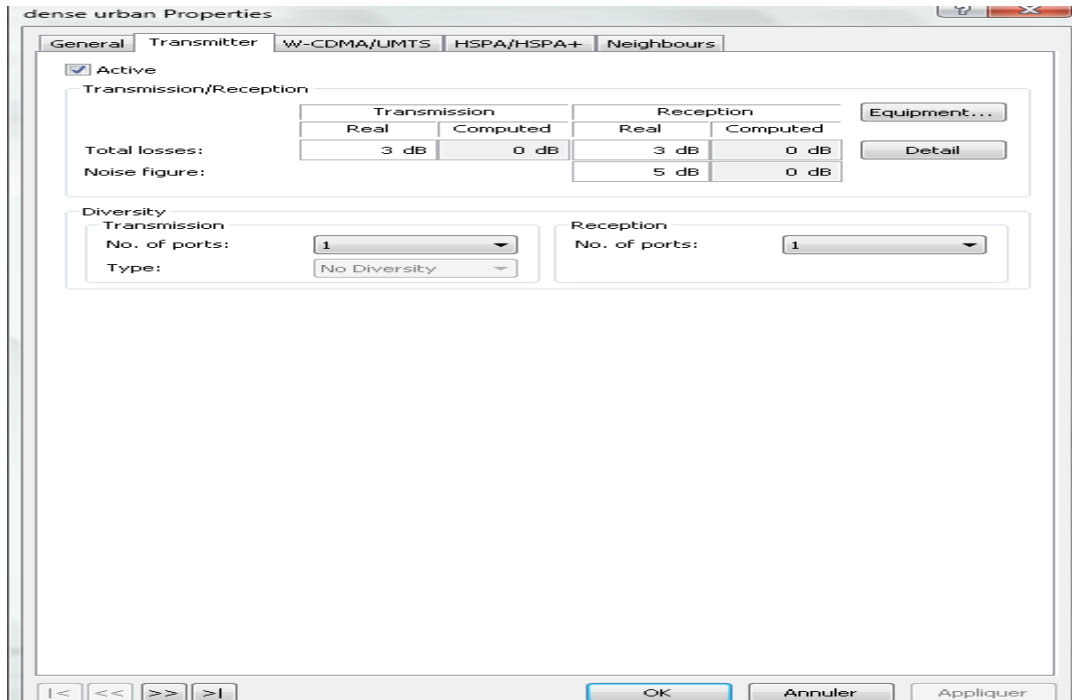
La gestion des modèles en UMTS se fait à partir de l'icône « gérer les modèles »,



Nous utilisons une antenne de 18dBi pour cette étude avec un « tilt électrique » 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.

La figure suivante montre les paramètres des émetteurs dans le modèle :



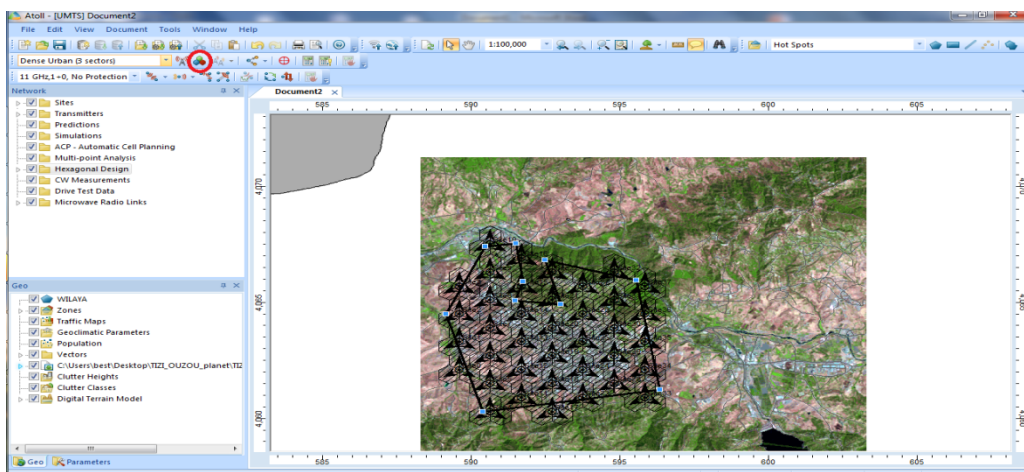
Etape 4 :

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.

Etape 5 :

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..

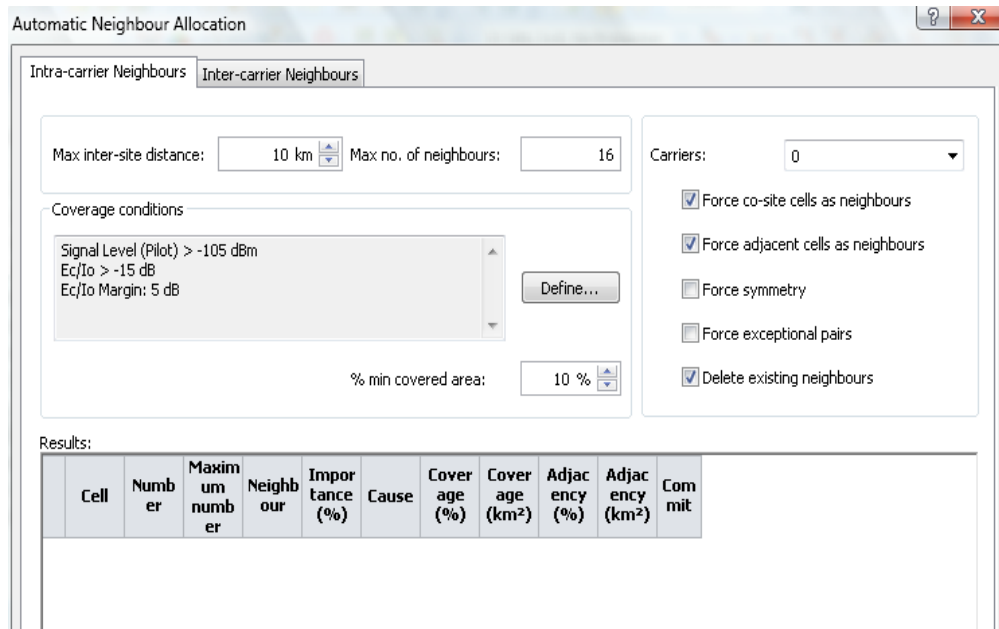
Etape 6 : dans cette étape on montre comment implémenter les sites sur la carte. Cliquez sur <<hexagonal design>> ➡ sélectionner la zone :



Etape 7 :

Procédure d'allocation des antennes voisines : Cette procédure est effectuée de manière automatique. Pour cela, on sélectionne la commande « **Automatic allocation** » qui se trouve sous le chemin : transmitters < cells < Neighbours de la partie data du menu explorer.

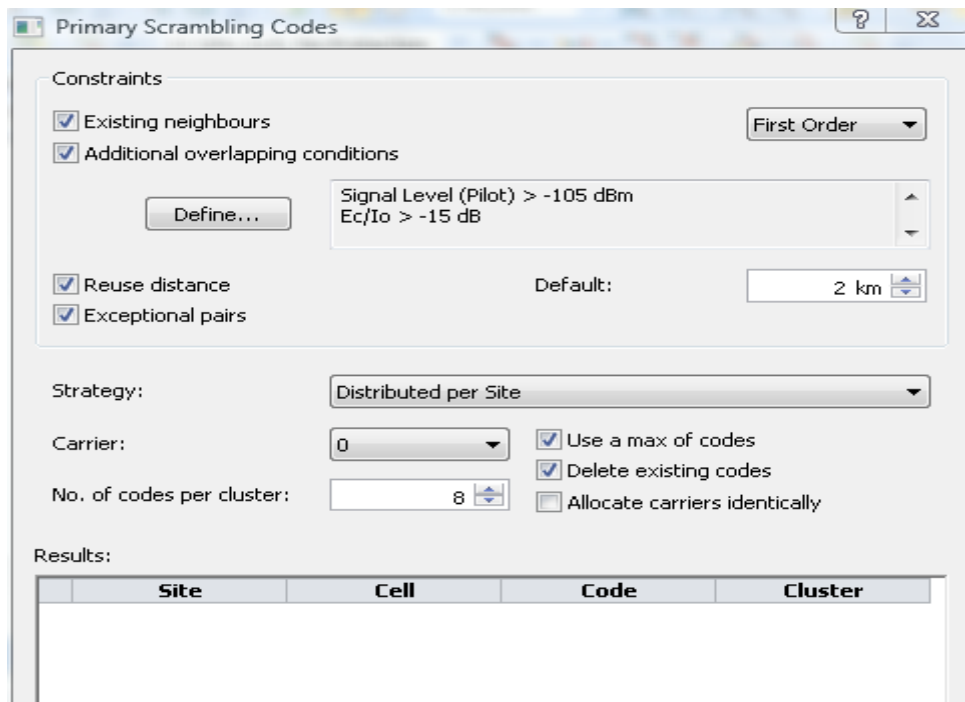
Cette figure représente le Menu d'allocation automatique des voisines :



A la fin de cette opération, on sélectionne la commande « **Commit** » pour transférer les résultats au niveau de la liste des voisines. Disponible sur le même chemin que la commande d'allocation automatique.

Etape 8 :

Procédure d'allocation des codes d'embrouillage primaires : Cette procédure peut être manuelle ou automatique. Mais, il est préférable de la faire de manière automatique. Pour cela, on sélectionne la commande « **automatic allocation** » qui se trouve sous le chemin : transmitters < cells < Primary scrambling codes de la partie data du menu explorer. Dans ce cas, la fenêtre suivante s'affiche :



Avant de lancer l'allocation automatique des codes d'embrouillages primaires, on doit ajuster les contraintes relatives à cette opération tel que le niveau minimum de E_c/I_0 , la valeur de E_c/I_0 margin, le niveau de rentabilité souhaité, la distance minimale de réutilisation de codes, la stratégie d'allocation de codes (Clusstred, distributed) et la porteuse sélectionnée. Une fois cette opération est terminée, on sélectionne la commande «**Commit**» pour transférer les résultats au niveau des caractéristiques des cellules.

Etape 9 : prédiction

Etape 10 : exporter les résultats des prédiction vers Google earth, <<export to Google earth >> comme montre la figure suivante :