République **A**lgérienne **D**émocratique et **P**opulaire
Ministère de l'**E**nseignement **S**upérieur et de la **R**echerche **S**cientifique
UNIVERSITE **M**OULOUD **M**AMMERI DE **T**IZI-**O**UZOU

FACULTE DE **G**ENIE **E**LECTRIQUE ET D'**I**NFORMATIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes

de MASTER ACADEMIQUE

Spécialité : Réseau et télécommunication

Filière : Génie électrique

Présenté par

ALLAOUI HAYAT
AREZKI SONIA

Thème

Dimensionnement et caractéristiques d'un réseau mobile 3G

Proposé et dirigé par :

OUALOUANE.B

Co-dirigé par :

LAZRI.M

Année universitaire 2015 /2016

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos plus vifs remerciements à notre promoteur Monsieur M. LAZRI, qui n'a jamais cessé de nous orienter etde nous pousser à nous surpasser en donnant le meilleur de nous-même.

Nous souhaitons également transmettre l'expression de notre reconnaissance la plus distinguée au Directeur de l'Etablissement des Réseaux d'Accès E.R.A d'Alger Monsieur MECHOUAR.A, à notre encadreur Monsieur OUALOUANE. B, à Monsieur HERDA. H et à Monsieur GUETTOUCHE Mohamed Amine responsable de la zone radio « Constantine » chez Mobilis.

Nous tenons à exprimer notre immense respect aux membres du jury qui nous font l'honneur de juger notre travail, nous espérons être à la hauteur de leurs attentes.

Nous remercions nos familles et nos amis, qui nous ont encouragées, soutenues tout au long de ces années et qui continuent de croire en nous en dépit de tout.

Acronymes

2G	Deuxième Génération
3G	Troisième Génération
3GPP	3rd Generation Partnership Project
	A
AMR	Adaptative Multi Rate
AMRC	Accès Multiple par Répartition de Codes
AMRF	Accès Multiple par Répartition de Fréquences
AMRT	Accès Multiple par Répartition dans le Temps
AUC	Authentification Center
	B
BLER	Block Error Rate
BS	Base Station
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station Sub-system
BTS	Base Transceiver Station
	C
CDMA	Code Division Multiple Access
CN	Core Network
	D
DS-CDMA	Direct Sequence Code Division Multiple Access
	E
EDGE	Enhanced Data Rate for GSM Evolution
EIRP	Equivalent Isotropic Radiated Power
	F
FACH	Forward Access Channel
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access

G

GPRS General Packet Radio Service

GSM Global System for Mobile

H

HLR Home Location Register

HSDPA High Speed Downlink Packet Access

I

IAM Interférences d'Accès Multiple

L

LTE Long Term Evolution

M

MSC Mobile Switching Centre

N

NSS Network Sub-System

O

OSS Operation and Support System

OVSF Orthogonal Variable Spreading Factor

P

PCH Paging Channel

PLMN Public Land Mobile Network

Q

QoS Quality of Service

R

RAB Radio Access Bearer

RACH Random Access Channel

RAN Radio Access Network

RNC Radio Network Control

RND Radio Network Dimensioning

RNS Radio Network Sub-System

RRC Radio Resource Control

RSCP Received Signal Code Power

S

SHO Soft Handover

T

TDD Time Division Duplex

TDMA Time Division Multiple Access

U

UE User Equipment

UMTS Universal Mobile Telecommunication System

UTRAN UMTS Terrestrial RAN

V

VLR Visitor Location Register

W

WCDMA Wideband Code Division Multiple Access

Sommaire

Introduction ……..... 1

Chapitre I : Généralités sur les réseaux mobiles

I.1. Préambule …… 3

I.2. Évolution des réseaux mobiles ……..... 3

I.3. Présentation du GSM …….. 5

I.4. Les caractéristiques du GSM ……..... 5

I.4.1. Le concept cellulaire ……. 5

I.4.1.1. Rayon de couverture……... 7

I.4.2. Le concept de mobilité ……. 7

I.4.3. Structure géographique du réseau GSM …….. 8

I.4.3.1. Réseau GSM……... 8

I.4.3.2. Réseau PLMN……. 9

I.4.3.3. Zone de service MSC/ VLR……. 9

I.4.3.4. Zone de localisation LA (Location Area)…….. 10

I.4.3.5. une cellule ……... 11

I.5. Architecture du Réseau GSM …….. 11

I.5.1. La station mobile MS (Mobile Station)……. 13

I.5.2. Le sous-système BSS ……. 13

I.5.3. Le sous-système NSS (Network Sub-System)…….. 14

I.5.3.1. L'enregistreur de localisation nominal HLR (Home Location Register)…. 15

I.5.3.2. Centre d'authentification AuC (Authentification Centre)…… 15

I.5.3.3. Enregistreur des identités des équipements EIR……. 16

I.5.3.4. Centre de commutation des mobiles MSC (Mobile Switching Center)…… 16

I.5.3.5. Passerelle MSC (Gateway MSC)……... 16

I.5.4. Sous-système opération OSS (Operation and Support System)…… 17

I.6. Présentation du Réseau GPRS……... 17

I.6.1. Architecture du réseau GPRS…… 17

I.6.1.1. SGSN (Serving GPRS Support Node)……..... 18

I.6.1.2. GGSN (Gateway GPRS Support Node)…… 18

I.6.1.3. PCU (Packet Control Unit)……. 19

I.6.1.4. BG (Border Gate)……... 19

I.7. Présentation du réseau UMTS…….. 19

I.7.1. Architecture du réseau …….. 19

I.7.1.1. L'architecture de l'UTRAN……... 20

I.7.1.1.1. Le Node B……... 21

I.7.1.1.2. Le RNC…… 21

I.7.1.1.1. Le Core Network ……. 21

I.7.1.2. Architecture du réseau cœur…….. 21

I.7.1.2.1. Les composants du réseau cœur …….. 22

I.7.1.2.2. Les différentes interfaces entre les éléments de réseau……... 22

I.8. Mécanismes des Hand Over…… 23

I.8.1 : Hard Handover …… 23

I.8.2. Softer Handover ……. 24

I.8.3. Soft hand over…… 24

I.9. Discussion …… 26

Chapitre II : WCDMA et étalement du spectre

II.1. Préambule…… 27

II.2. Les méthodes d'accès…… 27

II.2.1 Accès multiple par répartition de fréquences (AMRF)…….. 27

II.2.2. Accès multiple par répartition dans le temps (AMRT)……..... 28

II.2.3. Accès multiple par répartition de codes (AMRC)……..... 29

II.2.3.1. Les différentes techniques CDMA ……... 30

II.2.3.1.1. CDMA à séquence directe (DS-CDMA)…… 30

II.2.3.1.2. CDMA à saut de fréquences (FH-CDMA)……. 30

II.2.3.1.3. CDMA à saut de temps (TH-CDMA)…… 31

II.2.3.1.4. CDMA hybride…….. 31

II.2.4. Le WCDMA……. 31

II.3. Les modes de duplexage ……. 33

II.4.L'étalement de spectre ……. 34

II.4.1 .Principe……. 34

II.4.2. L'étalement de spectre par séquence directe DS-SS……..... 35

II.5. Les codes d'étalement…….. 37

II.6. Les avantages et inconvénients de l'étalement de spectre ……..... 39

II.6.1.Avantages…… 39

II.6.2. Inconvénients……. 39

II.7. Le contrôle de puissance …….. 40

II.7.1. Contrôle de puissance sur le sens montant…… 40

II.7.1.1. La boucle ouverte…… 40

II.7.1.2. La boucle fermée intérieure entre le Nœud B et le mobile…… 41

II.7.1.3. La boucle de puissance extérieure entre le contrôleur de BS et laBTS……. 41

II.7.2. Contrôle de puissance sur le sens descendant…… 42

II.7.3. Mécanismes de contrôle de puissance …….. 42

II.8. Les protocoles et canaux de l'interface radio…….. 42

II.8.1 Les protocoles …… 42

II.8.2. Les canaux …… 43

II.8.2.1. Canaux logiques …… 43

II.8.2.2 Canaux de transport……. 44

II.8.2.3. Canaux physiques …….. 44

II.9. Evaluation des interférences…… 45

II.10. Les effets de trajets multiples et ses conséquences …… 45

II.11. Discussion…….. 46

Chapitre III :Les caractéristiques du dimensionnement des réseaux mobiles

III.1 Préambule …… 47

III.2. Objectifs et méthodes de la planification ……... 47

III.2.1 Objectifs……... 47

III.2.2 Méthodes …….. 47

III.3Dimensionnement d'un réseau d'accès radio WCDMA ……. 48

III.3.1. Estimation du rayon de la cellule …… 49

III.3.2. Charge de la cellule en sens montant…….. 50

III.3.3 Charge de la cellule en sens descendant……... 50

III.3.4 Sensibilité du récepteur…… 51

III.3.5 Dimensionnement du RNC……... 51

III.3.6. Bilan de liaison radio ……... 52

III.3.7. Les évanouissements …….. 52

III.4. Modèles de propagation ……. 53

III.5. Capacité et Couverture ……... 54

III.5.1 Capacités de service et classes de terminal …….. 54

III.5.1.1. Capacité …… 54

III.5.1.2. Les classes de terminal ……. 55

III.5.2. La couverture ……... 56

III.6. Services offerts par l'UMTS…….. 56

III.7. Les classe de qualité de service…….. 57

III.7.1. Le délai de transfert de l'information …….. 57

III.7.2. La variation du délai de transfert des informations ……. 57

III.7.3. La tolérance aux erreurs de transmissions ……... 57

III.8. Les quatre classes de service …….. 58

III.8.1. Classe A : mode conversation …… 58

III.8.1.1. Services voix AMR…….. 58

III.8.1.2. vidéo téléphonie ……... 59

III.8.2. Classe B : mode flux de données……. 59

III.8.3. Classe C : mode interactif …… 60

III.8.3.1. Services basés sur la localisation …….. 60

III.8.3.2. Méthodes de localisation …….. 60

III.8.3.3. Localisation au niveau de la cellule …….. 61

III.8.3.4. La position du mobile ……... 61

III.8.3.5. jeux en réseau …….. 62

III.8.4. Classe D : mode tache de fond……. 62

III.9. Les Services en mode circuit ……. 64

III.10. Les Services en mode paquet ……... 65

III.11. Discussion …… 66

CHAPITRE IV : Dimensionnement d'un réseau UMTS de la région de Draa Ben Khedda

IV.1. Préambule…… 67

IV.2. Paramètres à considérer lors du dimensionnement……. 67

IV.3. Description du logiciel utilisé…… 67

IV.4. Informations d'entrée…….. 67

IV.5. Simulation……... 69

IV.5.1. Création d'un nouveau projet ……. 70

IV.5.2. Simulation et dimensionnement de la capacité…… 72

IV.5.3. Simulation et dimensionnement de la couverture…… 77

IV.6. Discussion ……. 83

Conclusion…….. 84

Bibliographie

Annexe

Table des figures

Figure I.1 : Le concept cellulaire

Figure I.2: Différence entre couverture théorique et couverture réelle

Figure I.3 : Structure géographique du réseau GSM

Figure I.4 : Zone PLMN

Figure I.5: Régions de service MSC/VLR

Figure I.6 : zone de localisation

Figure I.7 : Cellule

Figure I.8 : Architecture GSM

Figure I.9: Architecture GPRS

Figure I.10 : Architecture du réseau UMTS

Figure I.11 : Architecture de l'UTRAN

Figure I.12: Architecture du réseau cœur de l'UMTS

Figure I.13 : appel d'un fixe vers un MS

Figure I.14 : appel d'un MS vers un fixe

Figure II.1 : La technique d'accès AMRF(FDMA)

Figure II.2 : La technique d'accès AMRT(TDMA)

Figure II.3 : La technique d'accès AMRC(CDMA)

Figure II.4 : Différentes techniques CDMA

Figure II.5 : Principales caractéristiques des techniques d'accès radio de l'UTRAN

Figure II.6 : étalement de spectre par séquence directe

Figure II.7 : Comparaison signal bande étroite et signal étalé

Figure II.8 : exemple de code OVSF

Figure III.1 : Processus de dimensionnement.

Figure III.2: Classification modèle de propagation

Figure III.3 : la classe A

Figure III.4 : la classe B

Figure III.5 : la classe C

Figure III.6 : la classe D

Figure III.7 : les classes de services

Figure IV.1: Commune de Draa Ben Khedda comportant 4 sites radio

Figure IV.2 : Page d'accueil du logiciel RND

Figure IV.3 : boite de dialogue nouveau projet

Figure IV.4 : Choix du type du réseau

Figure IV.5 : choix de la version

Figure IV.6 : Configuration des paramètres du projet de dimensionnement

Figure IV.7 : Paramètres de performances des supports 1

Figure IV.8 : Paramètres de performances des supports 2

Figure IV.9: Réglage des paramètres de la capacité

Figure IV.10 : Résultats du dimensionnement sectoriel de la capacité

Figure IV.11 :Fenêtre de dimensionnement du projet

Figure IV.12 : Page des paramètres

Figure IV.13 :Dimensionnement –zone de données 1-

Figure IV.14 :Dimensionnement –zone de données 2-

Figure IV.15 : détermination des pertes de propagations et le rayon de la cellule

Liste des tableaux

Tableau I.1: Exemples de systèmes cellulaires 1G

Tableau I.2: Exemples de réseaux numériques 2

Tableau III.1: Relation entre la surface couverte et distance entre les BTS avec nombre des secteurs dans la cellule.

INTRODUCTION

L'histoire de la téléphonie mobile a débuté réellement en 1982 mais ce n'est qu'à partir de l'année 1991[1], qui marque la première communication expérimentale par GSM (Global System for Mobile Communications), que nous assistons à un véritable engouement des réseaux mobiles. Le succès de ces derniers est illustré par le nombre important d'abonnés qui dépasse actuellement celui des réseaux fixes. Pour les opérateurs des réseaux de téléphonie mobile, 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. A cet effet, les réseaux mobiles de troisième génération, basés sur le WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), constituent une réponse à cette question [2].

L'expansion rapide des applications et des services dans les réseaux mobiles de troisième génération et l'augmentation de la concurrence entre les opérateurs a fait accroître le besoin d'améliorer la qualité de service tant pour les utilisateurs que pour les fournisseurs de services. L'objectif fondamental pour les opérateurs du réseau UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) consiste à offrir à leurs usagers la meilleure qualité de service QoS (Quality of Service) tout en garantissant une rentabilité maximale.

Dans ce contexte, notre travail a pour but est de réaliser un dimensionnement des réseaux UMTS en se focalisant sur l'interface d'accès radio.

Le processus de dimensionnement consiste à prévoir les besoins en couverture radio sur une zone géographique donnée en tenant compte des lois de propagation appropriées au type d'environnement où se fait le déploiement du réseau mobile, mais aussi en prenant considération la densité de trafic, qui est importante lors de la définition de la taille des cellules adaptée au besoin d'écoulement de la demande des abonnés. Il est également indispensable de déterminer les exigences en termes de capacité cellulaire en calculant le nombre d'utilisateurs simultanément servis avec une qualité de transmission suffisante.

Notre mémoire est organisé en quatre chapitres et une conclusion

Dans le premier chapitre, nous allons présenter des généralités sur les réseaux mobiles de deuxième et troisième générations, voir quelques notions fondamentales indispensables au déroulement d'une communication.

Dans le second chapitre, nous allons décrire les différentes techniques d'accès multiples appliquées au domaine des communications numériques sur radiofréquences, mettre en exergue la méthode WCDMA et le principe de l'étalement de spectre tout en déterminant leurs particularités.

Dans le troisième chapitre, nous allons montrer les caractéristiques d'une bonne installation d'un réseau mobile de troisième génération lors de sa conception, établir le bilan de liaison radio et voir notamment les concepts de ; couverture, capacité et de qualité de service QoS.

Dans le dernier chapitre, nous aurons à étudier le dimensionnement de la capacité et de la couverture d'un réseau 3G dans la région de Draa Ben Khedda. Nous proposerons une illustration à travers le logiciel RND (Radio Network Dimensioning), qui nous permettra de savoir le nombre d'abonnés que peut supporter une cellule et de déterminer le rayon de couverture des cellules.

Nous terminons notre travail par une conclusion dans laquelle nous proposons des perspectives.

I.1. Préambule :

La deuxième génération de réseaux de télécommunication a connu un énorme succès au cours de la dernière décennie parce qu'elle répondait aux besoins des usagers : mobilité des services, voix, itinérance et messagerie.

Or, de plus en plus aujourd'hui, nous exigeons de rester connectés au reste du monde où que l'on se trouve et dans n'importe quelle circonstance. Cette exigence a été le nouveau défi pour avoir les services multimédia et l'Internet mobile.

L'évolution des réseaux GSM vers UMTS correspond à des offres de services de l'opérateur télécoms, des services simples de type <Voix> vers les services évolués de type <Data>, cette partie présente les différents éléments des trois réseaux et montre comment les architectures télécoms des réseaux GSM, GPRS et UMTS sont complémentaires.

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 I.1 [1]. L'ensemble des réseaux cellulaires fonctionne en mode de transmission analogique et utilise la technique d'accès FDMA.

Standard	**Bande de fréquences**	**Bande de fréquences**	**Largeur de bande d'un canal**
AMPS	869-894	824-849	30
TACS	935-960	890-915	25
E-TACS NMT450	917-950	872-905	25

Tableau I.1: Exemples de systèmes cellulaires 1G

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 termes de nombre d'utilisateurs 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. Comme nous pouvons le constater à partir du tableau

I.2, la majorité des systèmes 2G utilisent la technique TDMA. Cependant, au même moment, un système appelé IS-95 (*ou cdma One*) à base de CDMA fait son apparition en Amérique du nord. On annonçait, avec le CDMA, non seulement des gains en termes de nombre d'utilisateurs, mais aussi une qualité supérieure de la voix ainsi qu'une simplification de la

Planification du système[1]

Standard	Bande de fréquences	Méthode d'accès	Largeur du canal	Utilisation par canal	Région
GSM	935-960 et 890-915	TDMA	200 kHz	8	Europe/Asie
IS-136	869-894 et 824-849	TDMA CDMA	30kHz	3	E.U.A. E.U.A./Asie

Tableau I.2: Exemples de réseaux numériques 2

I.3. Présentation du GSM :

Le GSM est la première norme de la téléphonie cellulaire de seconde génération (tout numérique), il autorise un débit maximal de 9,6 kbps.

Le GSM (Global System for Mobile communications) est un système de radiotéléphonie cellulaire numérique flexible et évolutif. Il est composé d'entités fonctionnelles regroupées en sous-systèmes.

Le réseau GSM offre à ses abonnés des services qui permettent la communication de stations mobiles de bout en bout à travers le réseau. La téléphonie est le plus important des services offerts. Ce réseau permet la communication entre deux postes mobiles ou entre un poste mobile et un poste fixe. Les autres services proposés sont la transmission de données et la transmission de messages alphanumériques.

I.4. Les caractéristiques du GSM :

I.4.1. Le concept cellulaire :

Les premiers réseaux radio mobiles se composaient de quelques émetteurs qui couvrent des zones importantes et non interconnectés entre elles. Cette configuration est caractérisée par un nombre de communication limité et des communications interrompues.

Le principe de ce système est de diviser le territoire en petites zones appelées « cellules », pour couvrir une zone vaste et avoir une grande capacité, on introduit le concept cellulaire. Un réseau cellulaire est formé par un ensemble de cellule dont la taille dépend de la puissance d'émission des émetteurs et surtout de la nature de l'environnement (Urbain, Suburbain, Rural).Un réseau cellulaire est caractérisé par sa grande capacité grâce à la réutilisation de fréquences, il est également caractérisé par les transferts intercellulaires (*Handover*) qui assurent la continuité des services, lors de la transition d'une cellule à une autre.

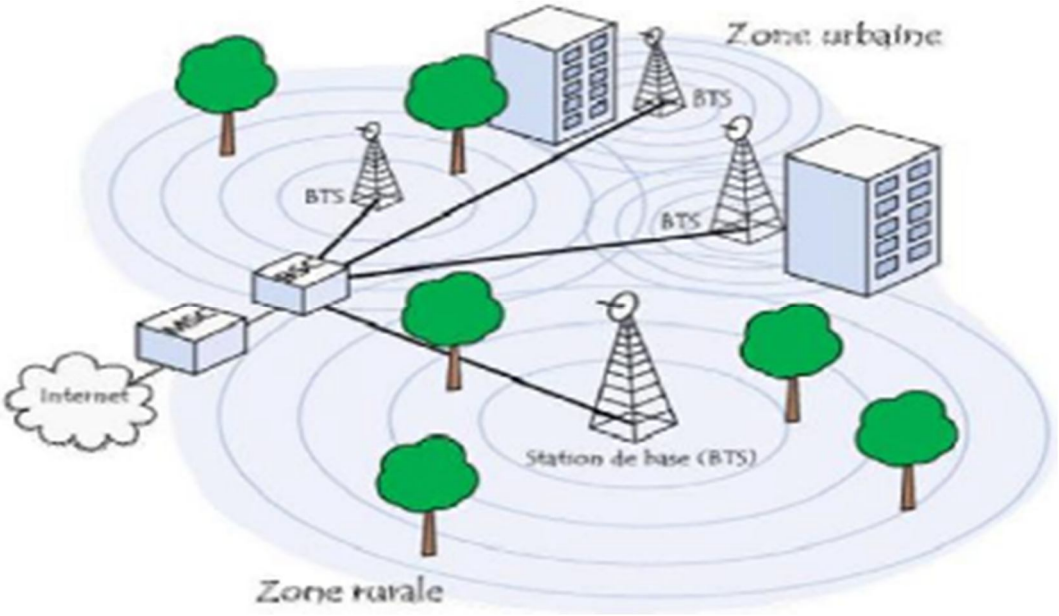


Figure I.1: Le concept cellulaire

Théoriquement, les cellules peuvent prendre différentes formes sans être obligatoirement distribuées uniformément. Cependant, un motif régulier peut maintenir la consistance avec le développement rapide du système de point de vue couverture et de point de vue capacité. La forme circulaire peut représenter idéalement une zone couverte, mais des problèmes de recouvrement intercellulaire sont envisageables.

Dans un autre côté, la forme hexagonale permet de dépasser ces problèmes tout en simplifiant le processus de planification du réseau cellulaire.

De même cette forme est imaginaire, dans la pratique on ne peut pas réaliser ce type de motif vu les conditions de propagation des ondes radios dans l'espace.

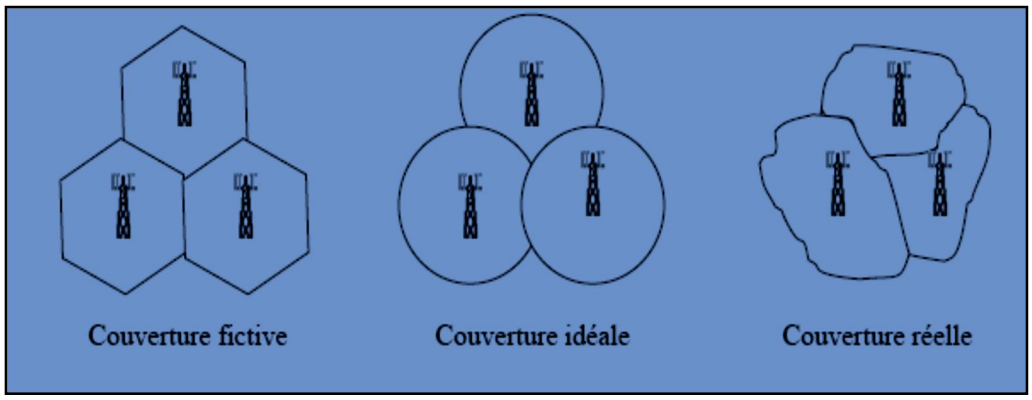


Figure I.2:Différence entre couverture théorique et couverture réelle.

I.4.1.1. Rayon de couverture :

Zones rurales : Macro-cellules (de 0,5 à 30 km de rayon)

Zones urbaines : Micro-cellules (de 50 à 500 m de rayon)

Couverture à l'intérieur des bâtiments : Pico-cellules (de 5 à 50 m de rayon).

I.4.2. Le concept de mobilité :

Le concept de la mobilité est essentiel pour les réseaux de communication cellulaires. Contrairement aux réseaux fixes traditionnels, la position géographique du terminal de l'abonné varie au cours du temps. Il est donc nécessaire d'intégrer au réseau de communication cellulaire des fonctions de gestion de la mobilité permettant de joindre l'abonné quelle que soit sa position dans le réseau ou, plus généralement, d'assurer une continuité du service fourni à l'abonné indépendamment de sa localisation dans la zone de service de l'opérateur.

Dans un environnement cellulaire, les dimensions des cellules du réseau et les vitesses de déplacement des usagers peuvent être très variées.

Dans le cas d'une autoroute située en rase compagne, le mobile rencontrera une nouvelle cellule toutes les douze minutes. En prenant comme hypothèse une vitesse de déplacement de 100km/h et une taille moyenne de cellule de 20 km [2].

En revanche, si l'autoroute passe près d'une zone urbaine comportant des cellules de dimension plus réduite - par exemple 1 Km -, le mobile changera de cellule toute les trente-six secondes.

Cette durée peut être encore plus faible dans le cas d'un piéton évoluant dans un environnement urbain comportant des cellules de quelques centaines de mètres de diamètre et sujet à des conditions de propagation particulières (passage de coin de rue etc…).

Il est donc important de gérer la mobilité des usagers d'une manière efficace, tant du point de vue de l'usager (les perturbations induites sur le service fourni à l'usager doivent être aussi faibles que possible) que du point de vue du réseau (le surcroît de charge induit par les fonctions de mobilité ne doit pas perturber le fonctionnement du réseau).

D'une manière simplifiée, la gestion de la mobilité est séparée en deux parties distinctes suivant les deux modes de fonctionnement possibles d'un mobile sous tension : le mode veille et le mode connecté. Les sections qui suivent présentent les mécanismes mis en jeu dans ces deux modes. Nous aborderons également le cas de l'itinérance (ou mobilité inter-PLMN) et celui de la mobilité inter systèmes (comme le passage de l'UMTS au GSM).

I.4.3. Structure géographique du réseau GSM :

Le réseau GSM est hiérarchiquement structuré en zones possédant chacune un identifiant; le schéma suivant présente cette structure géographique avec les codes associés à chaque zone :

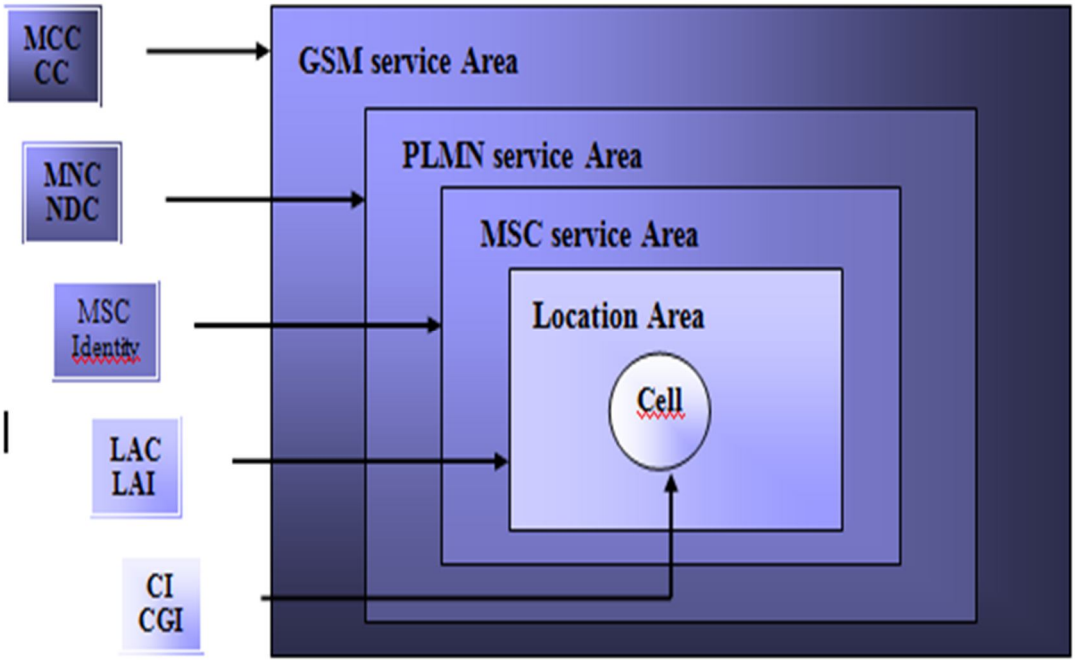


Figure I.3 : Structure géographique du réseau GSM.

I.4.3.1. Réseau GSM:

C’est toute la zone géographique dans laquelle un abonné peut accéder à un réseau GSM. Elle est identifiée par MCC (Mobile Country Code) et CC (Country Code).

I.4.3.2. Réseau PLMN:

C'est la région de service par un opérateur de réseau, elle est composée de plusieurs zones de service MSC/VLR.

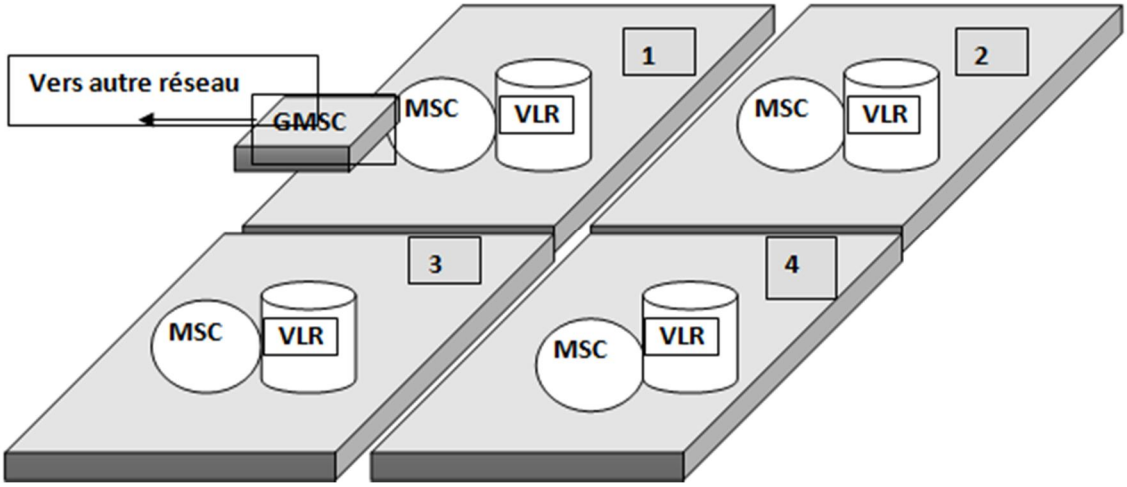


Figure I.4 : Zone PLMN

I.4.3.3. Zone de service MSC/ VLR :

Une zone MSC représente la partie du réseau couverte par un MSC. Pour acheminer un appel vers un abonné mobile ; il est transmis à travers le réseau au MSC dans la zone où se trouve l'abonné au moment même.

Une zone de service est la partie du réseau définie comme une zone où une station mobile peut être jointe. En raison du fait que la MS est enregistrée dans un registre de localisation des visiteurs (VLR). Dans le GSM, la zone MSC et la zone de service couvrent exactement la même partie du réseau, le MSC et le VLR étant toujours implantés dans le même nœud.

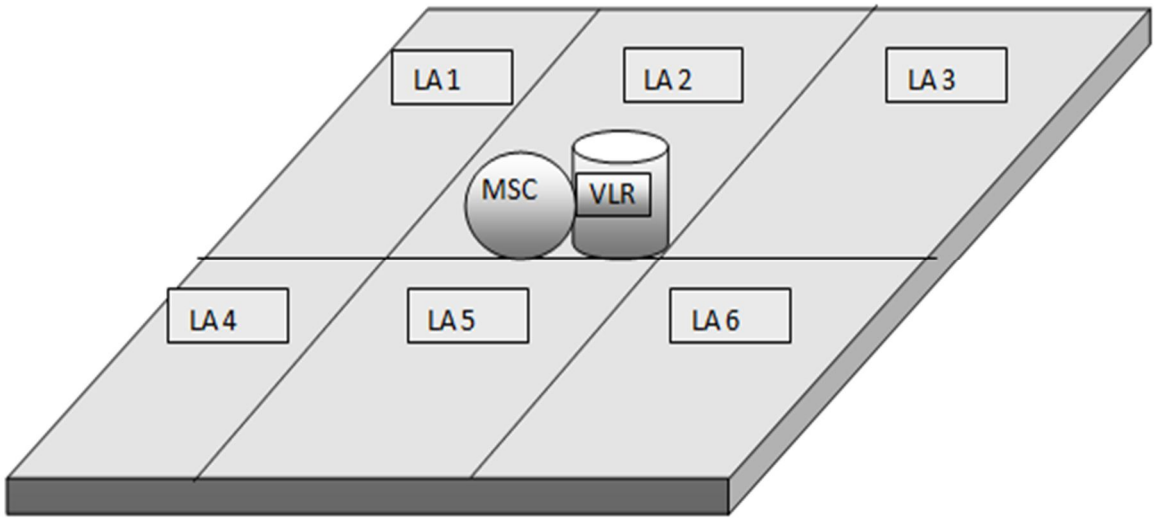


Figure I.5: Régions de service MSC/VLR

I.4.3.4. Zone de localisation LA (Location Area) :

C'est un groupe de cellules (motif), Chaque zone de BSC est subdivisée en plusieurs zones de localisation, un MS peut se déplacer librement dans une LA sans devoir remettre à jour son information de localisation dans le central MSC/VLR qui commande la zone de localisation. LA est la zone où le paging est diffusé pour rechercher un abonné mobile appelé.

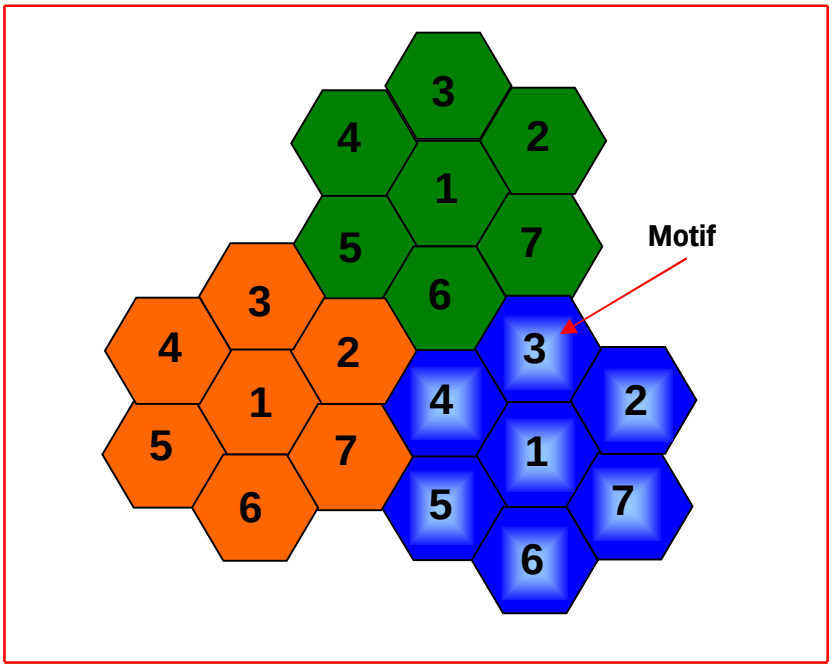


Figure I.6 zone de localisation

I.4.3.5. Une cellule :

Une cellule correspond à la zone couverte par la BTS : c'est à dire la zone où le champ radioélectrique émis à un niveau suffisant pour maintenir une qualité de communication acceptable, elle est identifiée globalement par CGI (Cell Global Identity).

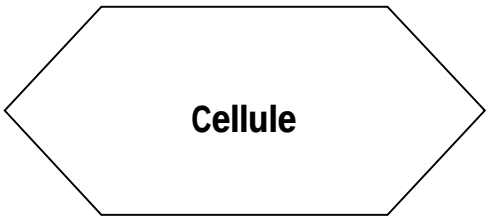


Figure I.7 : Cellule

- **Cellule omnidirectionnelle:** cellule équipée d'une BTS à antennes omnidirectionnelles**.**
- **Cellule sectorielle:** cellule équipée d'une BTS à antennes directionnelles.
- **Site:** emplacement géographique d'installation des équipements et des antennes des BTS.
- **Site trisectoriel:** un site comprenant les équipements nécessaires à trois cellules sectorielles.

I.5. Architecture du Réseau GSM :

Un réseau de radiotéléphonie se décompose en quatre parties principales:

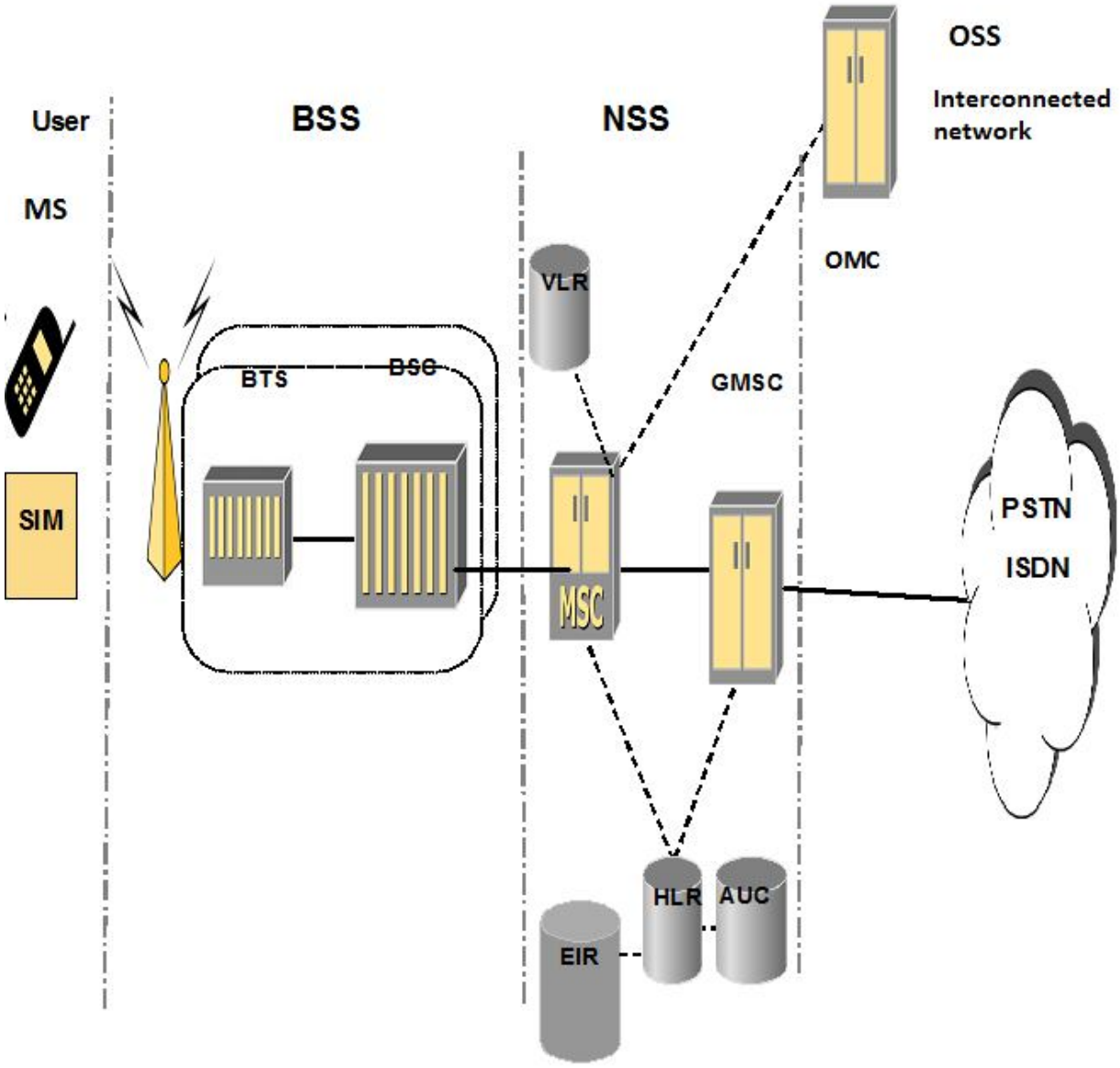


Figure I.8 : Architecture GSM

I.5.1. La station mobile MS (Mobile Station):

La station mobile est constituée du téléphone portable à proprement parler mais aussi d'une carte appelée carte SIM (Subscriber Identity Module), qui est indispensable pour accéder au réseau PLMN (Public Land Mobile Network) d'un opérateur.

Le téléphone portable est identifié par le numéro d'identification unique appelé IMEI (International Mobile Equipment Identity). La carte SIM, elle possède un numéro d'identification unique et secret : IMSI (International Mobile Subscriber Identity), qui peut être protégé à l'aide d'une clé de 4 chiffres appelés code PIN[3].

La communication entre une station mobile et la station de base se fait par l'intermédiaire d'un lien radio, généralement appelé interface air.

- **Les détails d'abonnement mémorisés sur la carte :**
  - Identité unique de l'abonné (IMSI)
  - Numéro de téléphone de l'abonné (MSISDN)
  - Identité de l'équipement mobile (IMEI)
  - Code de service (opérateur)
- **La carte SIM stocke des informations sensibles :**

Codes secrets :

- Authentification de l'utilisateur : Code PIN (Personal Identification Code)
- Authentification de l'opérateur : Code PUK (Personal Unlock Code)

Clés secrètes :

- Pour l'authentification de la carte SIM par le réseau
- Pour la communication chiffrée.

I.5.2. Le sous-système BSS :

Le sous-système BSS (Base Station Sub-system) ou bien le réseau d'accès est la partie du réseau qui gère l'interface et les ressources allouées sur l'interface radio. Un autre rôle important du réseau d'accès et la gestion de la mobilité de l'usager. La couverture radio étant constituée de cellule de taille variable (de quelques dizaines de mètres à quelques dizaines de kilomètres), le réseau d'accès doit être capable de faire

passer l'usager d'une cellule à une autre en cours de communication. Il s'agit de la fonction de handover. Il est constitué de :

I.5.2.1.Le contrôleur de station de base BSC (Base Station Contrôler) :

Le BSC est un équipement qui peut contrôler une ou plusieurs BTS. Les fonctions principales du BSC sont les suivants :

- Le routage de l'appel entre la BTS et le MSC.
- L'allocation des ressources utilisées sur l'interface radio. Cette fonction comprend l'allocation initiale ainsi que le contrôle des ressources radio lors de la procédure de handover.
- Le contrôle de la BTS (démarrage, supervision, activation des ressources radio utilisées par la communication).

I.5.2.2.La station de base BTS (Base Tranceiver Station) :

La BTS est l'équipement de transmission radio de réseau GSM. Elle effectue différentes opérations, dont :

- Le codage/décodage des informations transmises sur l'interface radio ;
- La modulation/démodulation.

I.5.2.3.Les transcodeurs 13-64 kbit/s TRAU (Transcoder and Rate Adapter Unit):

Pour adapter le codage de la voix sur l'interface radio (13 kbit/s) aux circuits de parole (64 kbit/s) du réseau fixe.

Donc le transcodeur permet de transporter quatre communications codées à 16 kbit/s (on complète les 13 kbit/s par des bits de cadrage et de bourrage).

I.5.3. Le sous-système NSS (Network Sub-System) :

Le sous-système fixe NSS (Network Sub-System) ou sous le réseau cœur est la partie de réseau qui gère l'ensemble des abonnées et les services fournis aux abonnées, comme les téléservices et les services supplémentaires.

Le réseau cœur est responsable de l'établissement de la communication et assure la liaison entre le réseau GSM et les réseaux extérieurs. Il est constitué de :

I.5.3.1.L'enregistreur de localisation nominal HLR (Home Location Register) :

Le HLR est la base de données contenant les informations relatives aux abonnés gérés par l'opérateur. Pour chaque abonné, le HLR mémorise les informations suivantes :

- Les informations de souscription (abonnement data ou non, souscription à telle service supplémentaire, débit maximal autorisé, etc...).
- L'identité du mobile, ou IMSI (International Mobile Station Identity).
- Le numéro d'appel de l'abonné, ou MSISDN (Mobile Station International ISDN number).

Par ailleurs, le HLR mémorise le numéro de VLR sous lequel l'abonné est enregistré de manière à pouvoir joindre facilement l'abonné dans le cas d'un appel qui lui est destiné.

Le VLR est une base de données attachée à un ou plusieurs MSC.

Le VLR est utilisé pour enregistrer les abonnés qui se trouvent dans une zone géographique donnée, appelée LA (Location Area).

Lorsque le mobile se déplace en mode veille et détecte un changement de LA, il doit signaler ce changement au VLR. Cette mise à jour est nécessaire au réseau pour pouvoir joindre le mobile en cas d'appel entrant.

Le VLR contient des données assez similaires à celles de HLR. Par ailleurs, le VLR mémorise pour chaque abonné les informations suivantes :

- L'identité temporaire du mobile (TMSI) utilisé pour limiter la fraude liée à l'interception et à l'utilisation frauduleuse de l'IMSI.
- La zone de localisation LA courante de l'abonné.

Dans la plupart du réseau, le MSC et le VLR sont un seul et même équipement.

I.5.3.2. Centre d'authentification AuC (Authentification Centre) :

L'Authentification est un élément permettant au réseau d'assurer certaines fonctions de sécurité de réseau GSM tel que :

- L'authentification de l'IMSI de l'abonné.

- Le chiffrement de la communication.

Ces deux fonctions de sécurité sont activées au début de l'établissement de l'appel avec l'abonné. En cas de l'échec de l'une ou de l'autre des procédures, l'appel est rejeté.

L'AuC est couplé au HLR et contient pour chaque abonné une clé d'identification lui permettant d'assurer les fonctions d'authentification et de chiffrement.

I.5.3.3. Enregistreur des identités des équipements EIR (Equipment Identity Register) :

L'EIR est un équipement optionnel des réseaux GSM destiné à lutter contre le vol des terminaux mobiles. L'EIR est en fait une base de données contenant la liste des mobiles interdits, appelée *black list*.

Lors de l'établissement d'un appel, le réseau demande au terminal son identité ou IMEI. Si l'IMEI retourné par le terminal fait partie de la liste des mobiles interdits, l'appel ne peut être établi.

Bien entendu, pour être totalement efficace, cette fonction suppose que tout abonné ayant perdu son terminal signal à son opérateur la perte ou le vol de son équipement. Il faut également que l'opérateur effectue une mise à jour de la base de données de son EIR et active dans son réseau la procédure d'identification.

I.5.3.4. Centre de commutation des mobiles MSC (Mobile Switching Center) :

Le commutateur MSC gère l'établissement des communications entre un mobile et un autre MSC, la transmission des messages courts et l'exécution des handover. Il dialogue avec le VLR pour gérer la mobilité des usagers (vérification des caractéristiques des abonnés visiteurs, transfert des informations de localisation, etc...).

I.5.3.5. Passerelle MSC (Gateway MSC) :

Le GMSC est un MSC un peu particulier servant de passerelle entre le réseau GSM et le RTCP. Lorsque l'on cherche à joindre un abonné GSM à partir d'un point extérieur au réseau GSM on parle alors d'appel entrant, l'appel passe par le GMSC, qui effectue une interrogation du HLR avant de router l'appel vers le MSC dont dépend l'abonné.

I.5.4. Sous-système opération OSS (Operation and Support System) :

Les éléments constituants les deux sous réseaux précédents sont reliés à distance, via X25, au centre d'exploitation et de maintenance.

Dans un réseau GSM l'OSS comporte un OMC-R (centre d'exploitation et de maintenance radio) et un OMC-N (centre d'exploitation et de maintenance réseau).

I.6. Présentation du Réseau GPRS :

GPRS est né d'une évolution de la deuxième génération des réseaux mobiles.

La norme GPRS spécifie un nouveau service de support de transmission de données en mode paquets.

GPRS permet notamment de transporter des données utilisateurs et des données de

Signalisation en optimisant les ressources radios de façon dynamique.

Cependant, GPRS utilise une partie de l'architecture mise en place par GSM ; le GPRS utilise les mêmes équipements pour communiquer avec le terminal au niveau radio, c'est-à-dire la station de base (BTS) utilise les mêmes fréquences.

Or, comme nous l'avons déjà dit, les transferts en GSM sont de bas débits (9,6 kbits/s), alors queGPRS nous promet un débit théorique de 171,2 kbits/s.

I.6.1. Architecture du réseau GPRS :

GPRS utilise en partie le réseau GSM, c'est un service complément de GSM.

Les opérateurs de téléphonie mobile ont dû mettre en place un certain nombre d'équipements et les déployer au fur et à mesure pour aménager la gestion des ressources radio. Le PCU apparaît afin d'effectuer un regroupement de la ressource radio.

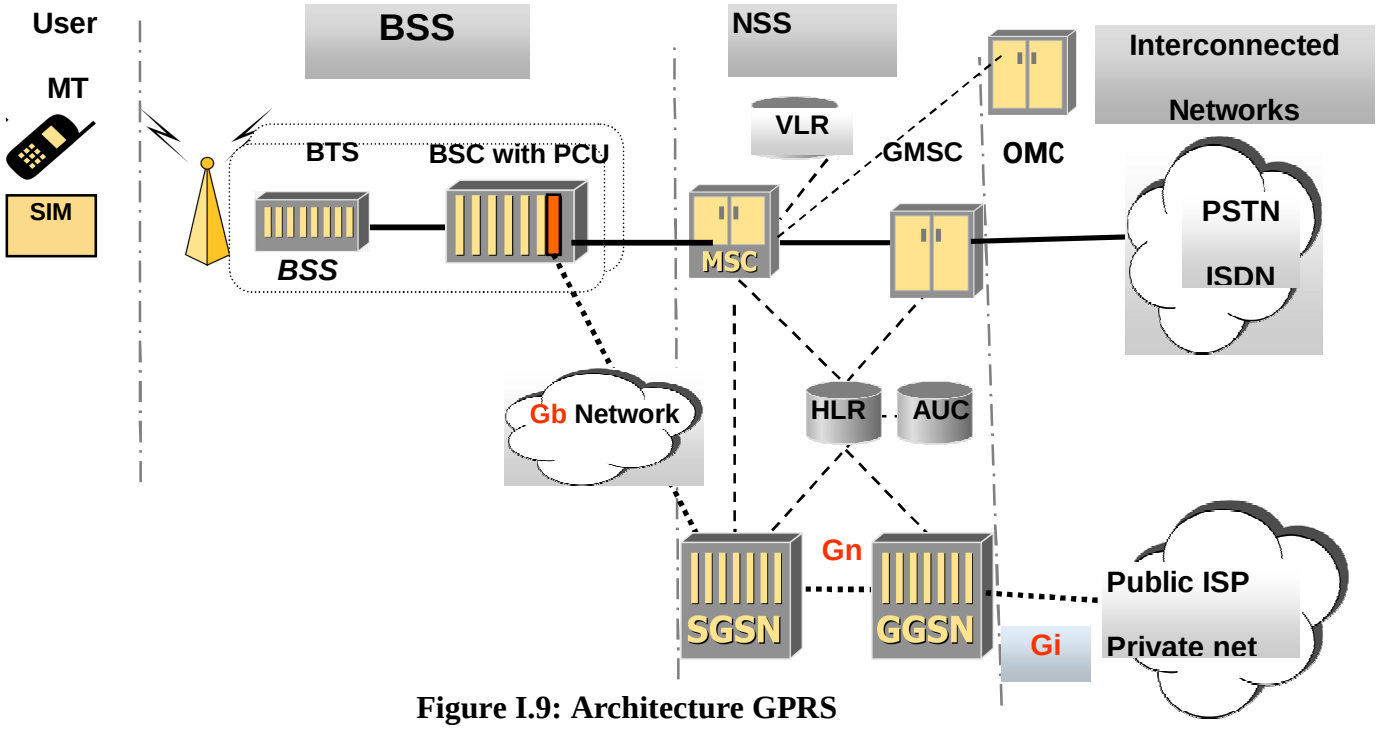


Figure I.9: Architecture GPRS

I.6.1.1. SGSN (Serving GPRS Support Node) :

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

I.6.1.2. GGSN (Gateway GPRS Support Node) :

Le GGSN (ou Routeur IP s'interfaçant avec les autres réseaux) est la fonctionnalité d'interconnexion dans le centre de commutation (MSC) qui permet de communiquer avec les autres réseaux de données par paquets extérieurs au réseau GSM. Le GGSN masque au réseau de données les spécificités du GPRS. Il gère la taxation des abonnés du service, et doit supporter le protocole utilisé sur le réseau de données avec lequel il est interconnecté. Les

protocoles de données supportés en standard par un GGSN sont IPv6, CLNP (Connetion Less Network Protocol) et X25.

I.6.1.3. PCU (Packet Control Unit) :

Cet équipement gère les fonctions de couches basses, c'est-à-dire les protocoles RLC, MAC, contrôle de puissance, adaptation des débits, …pour envoyer sur le réseau « GPRS ». Il gère les fonctions de transmissions et d'acquittements.

I.6.1.4. BG (Border Gate) :

Permet de relié le GPRS à d'autres réseaux fédérateurs, il assure aussi les fonctions de sécurité pour la connexion entre ses réseaux.

I.7. Présentation du réseau UMTS :

L'UMTS (Universal Mobile Télécommunications System) représente une évolution majeure du réseau mobile de deuxième génération, il reconnaît automatiquement la voix et les données et adapte le débit en fonction de l'information et la qualité de service requise. Ce débit peut passer de 384 kbps pour des vitesses de 120km/h en milieu urbain, à 2Mbps pour des vitesses inférieures ou égales à 10km/h [3]. Il ouvre ainsi la porte aux applications mobiles multimédias et l'Internet qui nécessite une bande passante importante.

I.7.1. Architecture du réseau :

L'UMTS comprend deux grandes parties : l'UTRAN et le réseau cœur.

L'architecture se présente comme suit :

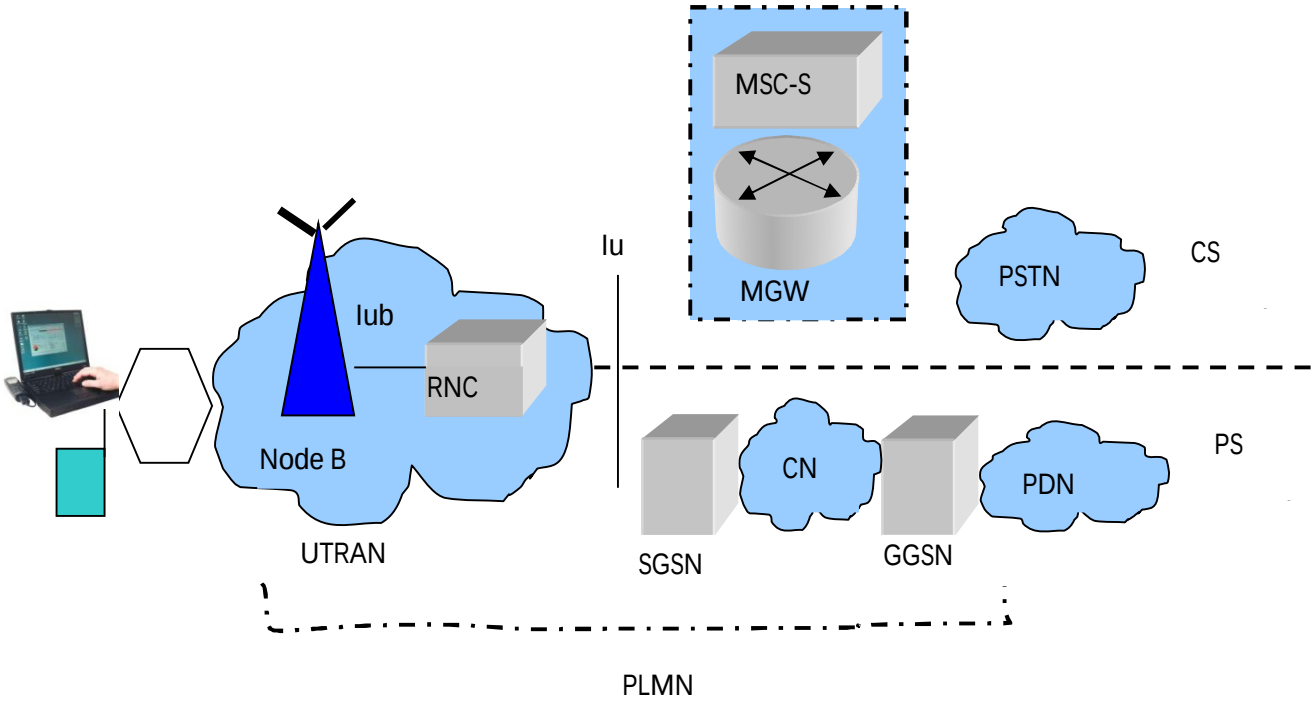


Figure I.10 : Architecture du réseau UMTS

I.7.1.1. L'architecture de l'UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network):

L'UTRAN est un ensemble de RNS (radio Network Subsystem), il constitue la partie accès radio du réseau UMTS, il est connecté au Core Network via l'interface Iu. Un RNS (analogue au BSS du réseau GSM) est responsable de l'allocation et la libération des ressources radio pour établir une connexion entre le UE et l'UTRAN, il se compose d'un RNC (Radio Network Controller), et d'une ou plusieurs entités abstraites Node B.

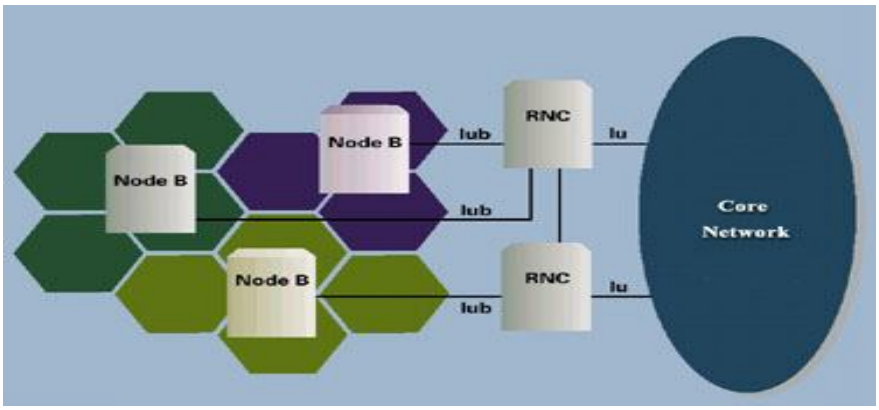


Figure I.11: Architecture de l'UTRAN

I.7.1.1.1. Le NodeB : son rôle principal est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules de l'UTRAN.

I.7.1.1.2. Le RNC : (Radio Network Controller**)** son rôle principal est le routage des communications entre le NodeB et le réseau cœur.

Lorsqu'un mobile est en communication, une connexion RRC (Radio Resource Control) est établie entre le mobile et un RNC de l'UTRAN. Le RNC en charge de cette connexion est appelé SRNC (Serving RNC). Lorsque l'usager se déplace dans le réseau, il peut être conduit à changer de cellule en cours de communication, et peut même se retrouver dans une cellule faisant partie d'un NodeB ne dépendant plus de son SRNC. On appelle alors controlling RNC le RNC en charge de ces cellules distantes. D'un point de vue RRC, le RNC distant est appelé « drift RNC ». Les données échangées entre le serving RNC et le mobile transitent par les interfaces Iur et Iub. Le drift RNC joue donc le rôle de simple routeur vis à vis de ces données.

I.7.1.1.3.Le*Core Network* :est hérité de l'architecture NSS du GSM et est constitué d'une partie commutation de circuits (MSC-GSM) et d'une partie commutation de paquets (SGSN-GPRS). Les nœuds de signalisation, la gestion de la mobilité, les services réseaux intelligents et les HLR, AUC, EIR… devront évoluer pour intégrer les spécificités UMTS.

I.7.1.2. Architecture du réseau cœur :

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

- le CS (*Circuit Switched*) domain.

- le PS (*Packet Switched*) domain.

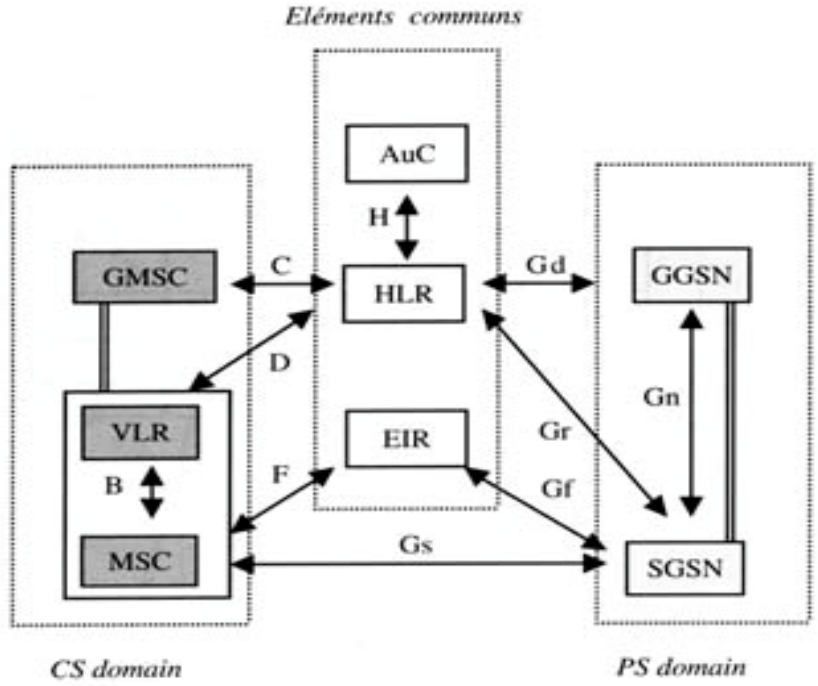


Figure I.12: Architecture du réseau cœur de l'UMTS

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

I.7.1.2.1. Les composants du réseau cœur :

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

I.7.1.2.2. Les différentes interfaces entre les éléments de réseau :

Les différentes interfaces entre les éléments de réseau sont:

L'interface Lu : Celle-ci relie l'UTRAN au réseau cœur. Similaire aux interfaces A GSM pour le domaine circuit et Gb pour le domaine paquet, L'interface Lu est ouverte et permet aux opérateurs d'employer des équipements UTRAN et CN de différents constructeurs.

L'interface Lub :qui relie les Node B au RNC. L'UMTS est le premier système de téléphonie mobile à proposer une interface ouverte à ce niveau. Cela permettra de dynamiser le marché et d'offrir la possibilité à de nouveaux constructeurs de se spécialiser dans le développement et la commercialisation de Node B. est comparable à l'interface Abis en GSM, mais contrairement au GSM et du fait de la macro diversité, plusieurs branches Lub de communication peuvent être utilisées pour un même terminal, toutes ces branches transportant la même information utilisateur.

I.8.Mécanismes des HandOver :

Le Hand-Over est la méthode de passage d'une cellule à une autre ou d'un secteur à un autre situant dans la même cellule lorsque le mobile se déplace dans le réseau.

Dans des réseaux qui n'utilisent pas le CDMA le Hand-Over est de type dure, c'est ce qu'on appel le Hard Hand-Over, dans ce cas-là le mobile coupe sa liaison avec la station servante pour se connecter à une autre station. Dans un réseau utilisant le W-CDMA, lorsque le mobile se déplace d'une cellule à une autre, il ne coupe pas sa liaison comme le cas du Hard Hand- Over mais il reste connecter aux deux stations en même temps, c'est ce qu'on appelle Soft Hand-Over. Dans ce type de réseau on distingue le cas où le mobile reste dans la zone couverte par une station de base en changeant juste de secteur (softer handover) et le cas où il change de station de base (soft handover).

I.8.1 : Hard Handover :

Le Hard Hand-Over est utilisé dans deux cas :

- Le mobile doit passer d'une fréquence WCDMA à une autre;
- Le mobile doit passer d'un système à un autre, comme du WCDMA en mode FDD au TD-CDMA en mode TDD ou au GSM.

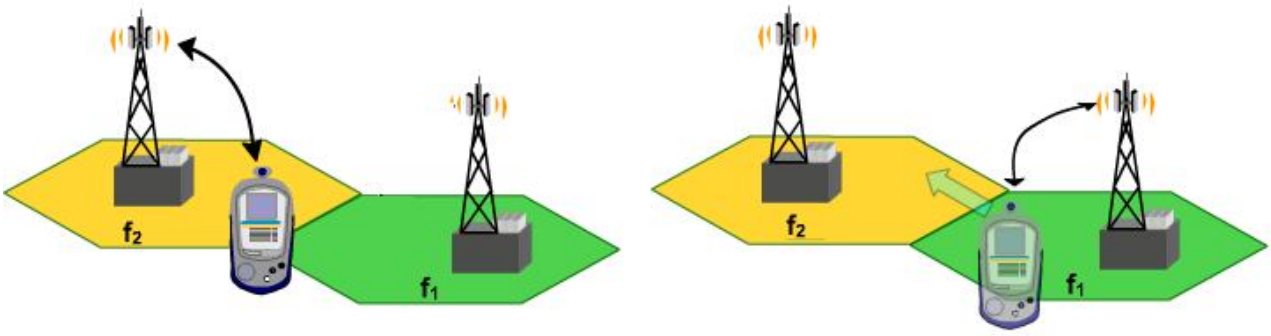


Figure I.13 : Hard Hand-Over

I.8.2. Softer Handover :

Durant le Softer Hand Over, le mobile étant en communication avec une seule station de base, il utilise simultanément deux canaux radio. Dans le sens descendant, deux codes d'étalement sont utilisés pour que le mobile distingue les signaux issus des deux secteurs. Dans le sens montant, les signaux émises par le mobile sont reçus par les deux secteurs de la station de base et dirigés vers le même récepteur. Ils sont donc combinés au niveau de la station de base.

Downlink: codes différents par secteur.

Uplink: combinaison au niveau de la station de base. Une seule procédure de contrôle de puissance

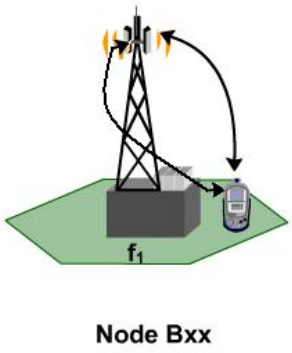


Figure I.14 : Softer Hand-Over

I.8.3. Soft handover:

Durant le Soft Hand-Over, le mobile étant dans une zone de couverture commune à deux stations de base, il communique donc avec les deux stations en même temps. Les communications utilisent deux canaux différents, un pour chacune des deux stations. Du

côté du mobile, il n'y a pas de différence entre un Soft Hand-Over et un Softer Hand-Over. Dans le sens montant, par contre, les données sont combinées au niveau du contrôleur de réseau radio (RNC) et non pas au niveau de la station de base. Cela permet de sélectionner la meilleure trame parmi celles qui sont reçues, après chaque période d'entrelacement, toutes les 10 à 80 ms[2].

Le même signal est envoyé des deux stations de base vers le mobile (excepté les commandes de contrôle de puissance).

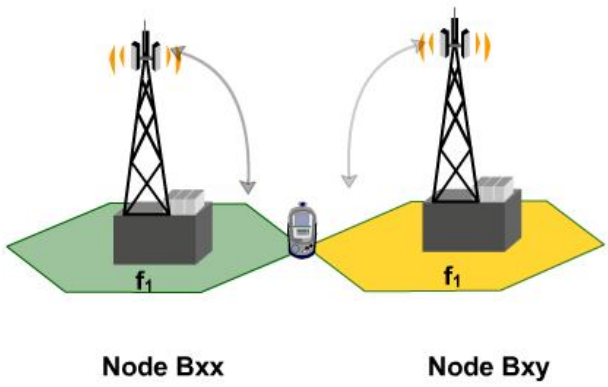


Figure I.15:Soft Hand-Over

Downlink: codes différents par secteur.

Uplink: combinaison au niveau du réseau cœur. Une procédure de contrôle de puissance différente pour chaque site radio on considère que 20 à 40% des mobiles sont en situation de soft Handover. Il est indispensable de prendre en compte ces connexions supplémentaires dues au soft handover lors de la phase de dimensionnement du réseau.

I.9. Discussion :

De nos jours, les technologies de 3G sont au sommet de leurs performances et l'UMTS constitue l'un des exemples réussis de la 3 G. parmi les exigences de ces réseaux : avoir une bonne gestion des ressource radio, ainsi que le maintien d'une bonne qualité de services pendant la mobilité des utilisateurs. La norme UMTS offre des débits théoriques de 2 Mbit/s, mais la réalité est plus proche de 380 Kbit/s dans sa forme actuelle et de 1 Mbit/s dans son évolution nommée HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access). Cette dernière est un protocole de téléphonie mobile de troisième génération baptisé (3,5G), ou 3G+ dans sa dénomination commerciale, permettant d'atteindre des débits de l'ordre de 8 à 10 Mbits/s. La technologie HSDPA utilise la bande de fréquence 5 GHz et utilise le codage W-CDMA. Enfin, il ne faut pas oublier la dernière évolution du réseau GSM nommée EDGE (2,75G), qui bénéficie d'une couverture totale du territoire, tout en offrant un débit réel de 40 Kbit/s.

II.1. Préambule :

Pour obtenir une densification du trafic des données sur les réseaux de télécommunications, des techniques d'accès multiples ont été mises au point comme ; l'accès par répartition de fréquences FDMA, l'accès multiple par répartition de temps TDMA ou encore la plus récente d'entre elles qui est l'accès par répartition de codes CDMA. Nous nous intéresserons plus particulièrement à la version améliorée de cette dernière qui est le CDMA large bande noté WCDMA.

Le CDMA était initialement destiné aux applications militaires. C'est une technique dite à étalement de spectre.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différentes techniques d'accès multiples, mettre en exergue la méthode WCDMA et comprendre pourquoi utiliser de l'étalement de spectre.

II.2. Les méthodes d'accès :

II.2.1.Accès multiple par répartition de fréquences (AMRF) :

Aussi connue sous FDMA (frequency Divison Multiple Access), cette technique d'accès est la plus ancienne, elle est principalement utilisée dans les systèmes de première génération. Cette méthode s'applique principalement aux signaux analogiques, elle consiste à diviser la bande passante du canal en bandes de fréquences d'intersection nulle. A chaque utilisateur est alloué une bande de fréquence unique et dans ce cas un seul utilisateur peut se servir de ce canal pendant la durée d'une communication (voir la figure II.1).

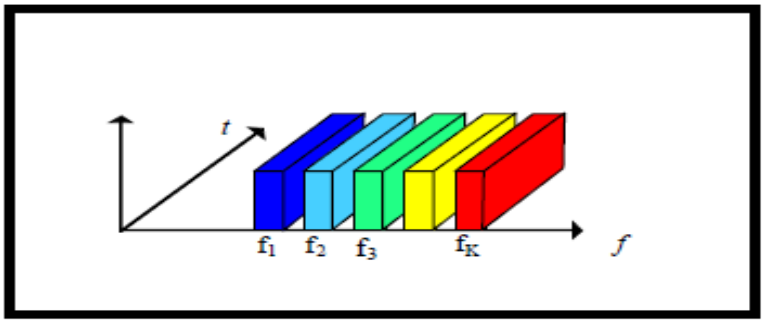


Figure II.1 : La technique d'accès AMRF(FDMA).

- **Avantages:**
  - Simple en termes de mise en œuvre.
  - Transmission et synchronisation continue possible.
- **Inconvénients:**
  - Difficile de gérer les ressources de façon optimale.
  - Si une station n'a pas de données à transmettre, il est impossible d'affecter la fréquence de celle-ci à une autre station donc gaspillage de bande passante.

II.2.2.Accès multiple par répartition dans le temps (AMRT) :

Egalement appelé TDMA (Time Division Multiple Access), ce mode d'accès est adapté par plusieurs systèmes de communications numériques comme le GSM ou bien le système de communication cellulaire Japonais (Japanese Personal Digital Cellular (JPDC), qui représente le second standard le plus utilisé) [5], méthode fonctionne sur le partage de la ressource physique dans le temps. Pour transmettre les données, chaque utilisateur dispose d'un intervalle de temps appelé « Time slot », de durée TS, durant lequel la bande de fréquence est libre (voir la figure II.2).

La porteuse du signal est divisée en plusieurs séquences appelées « burst », sachant qu'un burst est envoyé par intervalle de temps. Il en résulte que les données émises peuvent être transmises à la même fréquence sans entraîner d'Interférences d'Accès Multiple (IAM).

Afin de ne pas engendrer d′IAM, il est impératif que chaque signal respecte strictement l'intervalle de temps qui lui est accordé pour sa transmission. Les récepteurs doivent aussi respecter les intervalles de temps qui leurs sont associés pour reconstituer correctement les séquences d'informations qui leurs sont destinées. Pour ce faire, au début de chaque transmission, une séquence de synchronisation est envoyée afin que l'émetteur et le récepteur puissent identifier le numéro et la durée du time slot sur lequel ils pourront échanger leurs informations.

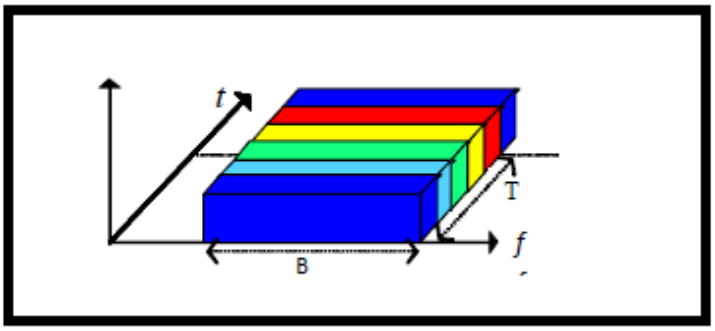


Figure II.2 : La technique d'accès AMRT(TDMA).

- **Avantages:**

- Coût réduit de la station de base.
- Un terminal n'étant sollicité que pendant la fraction du temps qui lui est dévolu, il lui reste du temps pour analyser le vaste monde qui l'entoure, notamment pour détecter s'il n'y a pas à l'endroit où il se trouve un relais de meilleur niveau que celui sur lequel il est inscrit, et décider de réaliser un hand-over.

- **Inconvénients:**

- Nécessite une parfaite synchronisation entre utilisateurs, ce qui n'est pas si simple à gérer.
- Complexité au niveau du mobile : traitement numérique plus complexe.

II.2.3.Accès multiple par répartition de codes (AMRC) :

Aussi connue sous CDMA, qui est une abréviation anglaise de Code Division Multiple Access, cette technique de multiplexage est utilisée dans les systèmes sans fil de troisième génération. Les utilisateurs se partagent toute la bande passante de façon continue (comme le montre la figure 2.3). On attribue un code à chaque utilisateur de manière à pouvoir les identifier au détecteur. Ce code, qui a un débit plus élevé que la donnée à la propriété d'étaler le spectre de la donnée transmise.

La récupération de l'information se fait en réalisant l'opération inverse, c'est-à-dire en décorrélant avec le code utilisateur identique. L'émission de chaque utilisateur est alors perçue par les autres utilisateurs comme un bruit. Contrairement au FDMA et au TDMA le CDMA permet à chaque utilisateur de profiter de la totalité de la bande passante en tout temps et le codage offre une protection contre les interférences [6].

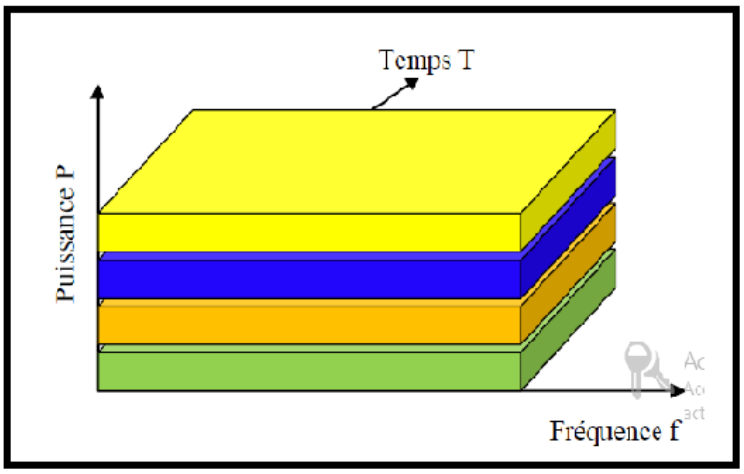


Figure II.3 : La technique d'accès AMRC(CDMA).

II.2.3.1.Les différentes techniques CDMA :

Afin d'obtenir de meilleures performances, beaucoup ont associé la technique CDMA aux autres types de multiplexage tels que TDMA ou encore FDMA. Deux grandes catégories de codage se dégagent. La première est appelée CDMA directe ; elle comprend le CDMA à séquences directes, Le CDMA à saut de fréquences et enfin le CDMA à saut de temps. La seconde est nommée CDMA Hybride. (Voir la figure 2.4)

II.2.3.1.1. CDMA à séquence directe (DS-CDMA) :

Quand on parle de CDMA c'est généralement à ce type qu'on fait référence. Ici, on multiplie directement le message à transmettre par un code (séquence pseudo-aléatoire). L'étalement spectral du signal codé vient de ce que la fréquence du code est largement supérieure à la fréquence d'envoi des données.

II.2.3.1.2. CDMA à saut de fréquences (FH-CDMA) :

FH est une abréviation anglaise de Frequency Hopping. Dans ce système on fait de l'évasion de fréquence ; la fréquence porteuse du signal d'information modulé n'est pas constante et change périodiquement. Pendant des intervalles de temps T, la porteuse reste la même mais après T elle saute vers une autre porteuse. Comme exemple d'utilisation civile on peut citer le Bluetooth, qui permet la transmission d'informations à hauts débits pour de petites distances dans l'intervalle de fréquences autour de 2.4 GHz [7].

II.2.3.1.3. CDMA à saut de temps (TH-CDMA) :

TH pour Time Hopping. Cette technique a été développée comme première méthode de CDMA. Le signal d'information est transféré par flashs. Le temps de la transmission par rafales est indiqué par le code de propagation.

II.2.3.1.4. CDMA hybride :

Il y a de nombreux types de régimes CDMA hybrides qui peuvent être formés par plusieurs combinaisons de DS, FH et TH. En plus on peut associer au CDMA l'une des méthodes d'accès multiples TDMA ou encore FDMA. Dans le cas du FDMA/ CDMA, à chaque famille de codes on affecte une fréquence porteuse grâce à laquelle les utilisateurs peuvent émettre. Cette même famille de codes peut être réutilisée sur toutes les fréquences porteuses disponibles. De même, les systèmes TDMA/CDMA fonctionnent sur ce principe c'est-à-dire en associant les spécificités du TDMA au CDMA. Ces techniques sont difficiles à employer à cause de la complexité des systèmes engendrés.

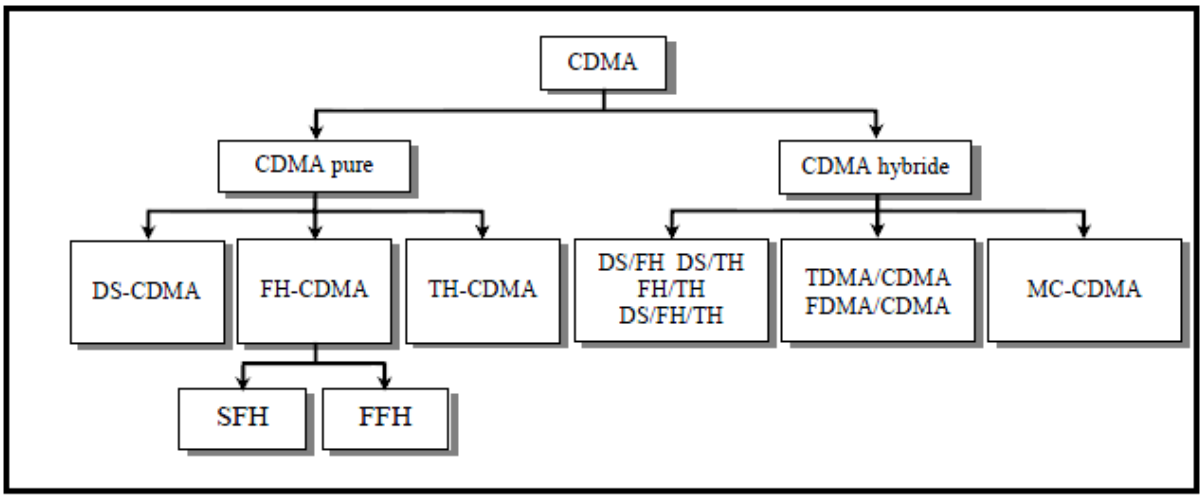


Figure II.4 : Différentes techniques CDMA.

II.2.4.Le WCDMA :

Le WCDMA est utilisé dans les réseaux de troisième génération, c'est le CDMA large bande (W pour Wideband en anglais) avec ses deux variantes UTRA/TDD et UTRA/FDD [8]. Cette dernière est plus utilisée vu qu'elle ne nécessite pas de synchronisation très précise (voir Figure **II.5**).

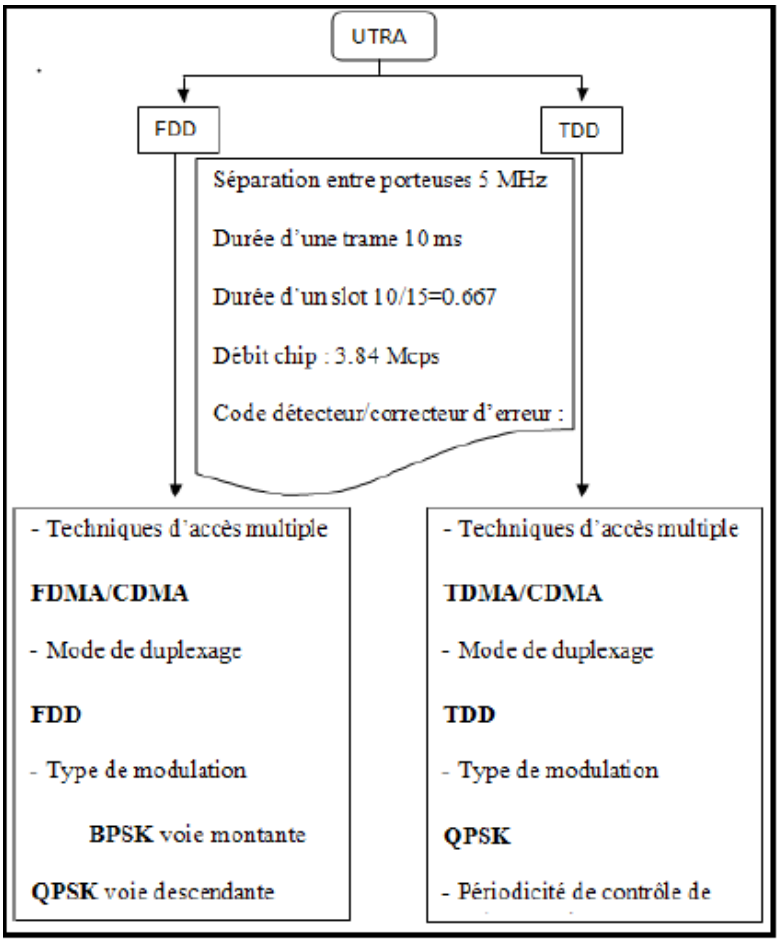


Figure II.5 : Principales caractéristiques des techniques d'accès radio de l'UTRAN

Les deux modes de fonctionnement possible, W-CDMA et TD-CDMA utilisent tous les deux un accès CDMA à 3.84 Mchips/sec dans une canalisation fréquentielle de 5 MHz.

L'intérêt d'une telle largeur de bande est qu'elle est compatible avec la fourniture de débits à 384 kbits/s, comme requis dans les spécifications de l'IMT 2000, voire même 2 Mbits/s sous certaines conditions. La modulation utilisée est la QPSK.

Deux options ont été retenues pour le codage de canal :

- Un codeur convolutionnel de taux ½ ou 1/3 associé à un FEC (Forward Error Correction)
- Un turbo codeur, recommandé pour les services de très haute qualité

Des études sur l'emploi de modulations plus efficaces (ex QAM16) sont actuellement étudiées (solutions HSDPA) [9].

Le WCDMA apporte des améliorations considérables par rapports au CDMA bande étroite que nous allons voir ci-dessous.

- **Avantages:**

- La basse concentration de l'information permet à celle-ci d'être transmise discrètement. Les signaux utiles sont cachés dans le bruit de fond, ce qui fait que la confidentialité, qui se trouve être un atout important pour un système de communication, est assurée.
- Le niveau élevé de la stabilité de la transmission d'informations à large bande (contre les effets du bruit de fond à bande étroite) est extrêmement important pour l'utilisation militaire et civile.

- **Inconvénients:**

- Nécessité d'un contrôle de la puissance d'émission (problème de proximité near /far) ; les signaux proches du récepteur sont reçus avec une atténuation moindre par rapport à ceux qui sont éloignés. A cause de l'absence d'une totale orthogonalité, les transmissions des mobiles les plus éloignés peuvent être plus difficile à récupérer.
- Des interférences mutuelles entre les utilisateurs de la cellule.

II.3. Les modes de duplexage :

Le duplexage est la façon dont les deux sens de liaison partagent les ressources radio. Quand l'émission se fait du mobile vers la station de base on parle de lien montant (Up Link noté UL), et lorsqu'elle se fait dans le sens inverse c'est-à-dire de la station de base vers le mobile on dit lien descendant (Down Link noté DL).

On distingue deux modes de duplexage : le duplexage fréquentiel FDD (Frequency Division Duplex) et le duplexage temporel TDD (Time Division Duplex) [8].

- **Le duplexage fréquentiel FDD :**

La station de base et le terminal mobile utilisent des fréquences d'émission différentes et émettent simultanément. Ce mode est particulièrement intéressant dans les systèmes macro cellulaires car il ne nécessite pas de synchronisation.

- **Le duplexage temporel TDD :**

La station de base et le terminal mobile utilisent la même porteuse sauf qu'elles émettent à des instants différents.

II.4. L'étalement de spectre :

II.4.1.Principe :

L'étalement de spectre est une technique qui permet de transmettre un signal d'information sur une largeur de bande plusieurs fois supérieure à la largeur de bande minimale que le signal demande C'est aussi considéré comme une forme de modulation.

Dans un système à étalement de spectre, le signal transmis est « étalé » à partir d'un code indépendant du message d'information. Après s'être synchronisé avec l'émetteur, le récepteur doit utiliser ce même code pour « désétaler » le signal et pouvoir ensuite récupérer le message d'information.

Pour bien comprendre la raison pour laquelle l'étalement de spectre a connu autant de succès revenons à l'expression de SHANNON qui détermine la capacité d'un canal :

$$C = B \log_2 (1+S/N)$$

Cela nous donne :

$$C= (S/N) \times B/ \ln 2$$

Ce qui fait que : $(S/N)= C \times \ln 2/B$

On remarque que si B augmente un rapport de signal sur bruit moins important est nécessaire pour conserver la même capacité du canal C, ce qui nous permet d'avoir un débit élevé avec un S/N acceptable par le système. La largeur spectrale est accrue afin d'obtenir de bonnes performances à la réception, le rapport signal sur bruit étant réduit au minimum.

Le paramètre clé dans tout système d'accès radio à étalement de spectre est le gain de traitement. Ce dernier (noté Gp « *Processing Gain* ») est défini comme le rapport entre la largeur de bande occupée par un bit d'information après et avant étalement. Si l'on note «B_{inf} » la largeur de bande occupée par un bit d'information avant étalement et « B_{spr} » la largeur de bande du signal étalé, le gain de traitement satisfait :

$$\mathrm{Gp} = \frac{B_{spr}}{B_{inf}}$$

La valeur de ce paramètre représente la capacité des systèmes d'accès radio à étalement de spectre à rejeter l'interférence. C'est-à-dire que plus « Gp » est grand plus le système résiste au bruit.

II.4.2.L'étalement de spectre par séquence directe DS-SS :

Cette technique consiste à multiplier chaque bit d'information par une séquence pseudo-aléatoire binaire (notée PN), de rythme très supérieur à celui des données à transmettre. En supposant que le rythme de la séquence d'étalement est $\boldsymbol{N}$ fois plus grand que le débit de données. Il en résulte que :

$$\boldsymbol{T_b = N\,T_c}$$

Où : $\boldsymbol{T_b}$ représente la durée d'un bit d'information, $\boldsymbol{T_c}$ la durée d'un bit de la séquence d'étalement et $\boldsymbol{N}$ le gain de traitement du système à étalement de spectre.

Soit le message binaire $d = (0,1,0)$avec la séquence d'étalement suivante :

PN $= (0,1,0,0,1,0,1,1)$. Pour avoir des notations simples, on considère que les bits du message à transmettre d sont à valeurs dans {-1,1} au lieu de {0,1}. Les données à transmettre $(d_1, d_2, d_3) = (1, -1, 1)$ont une durée d'émission de$\boldsymbol{T_b}$. Elles sont représentées par le premier graphique de la **figure II.6.**Le second graphique contient la séquence d'étalement **PN**,qui est répétée trois fois vu que les bits de cette séquence ont une durée d'émission $\boldsymbol{T_c}$plus petite que$\boldsymbol{T_b}$.Dans l'exemple qui suit $\boldsymbol{N = 8}$; cela veut dire que pour transmettre un bit de donnée d_i, huit bitsde la séquence d'étalement sont nécessaires. Le troisième graphique quant à lui représente la multiplication des données par la séquence d'étalementPN, il donne les bits transmis sur le canal. Ces derniers ont une durée d'émission similaire à celle des bits de la séquence PN et qui est notée $\boldsymbol{T_c}$.

De la sorte à chaque bit d'information, suivant la valeur du facteur d'étalement, peut correspondre ; soit une période de la séquence PN , une partie de cette période ou bien plusieurs périodes.

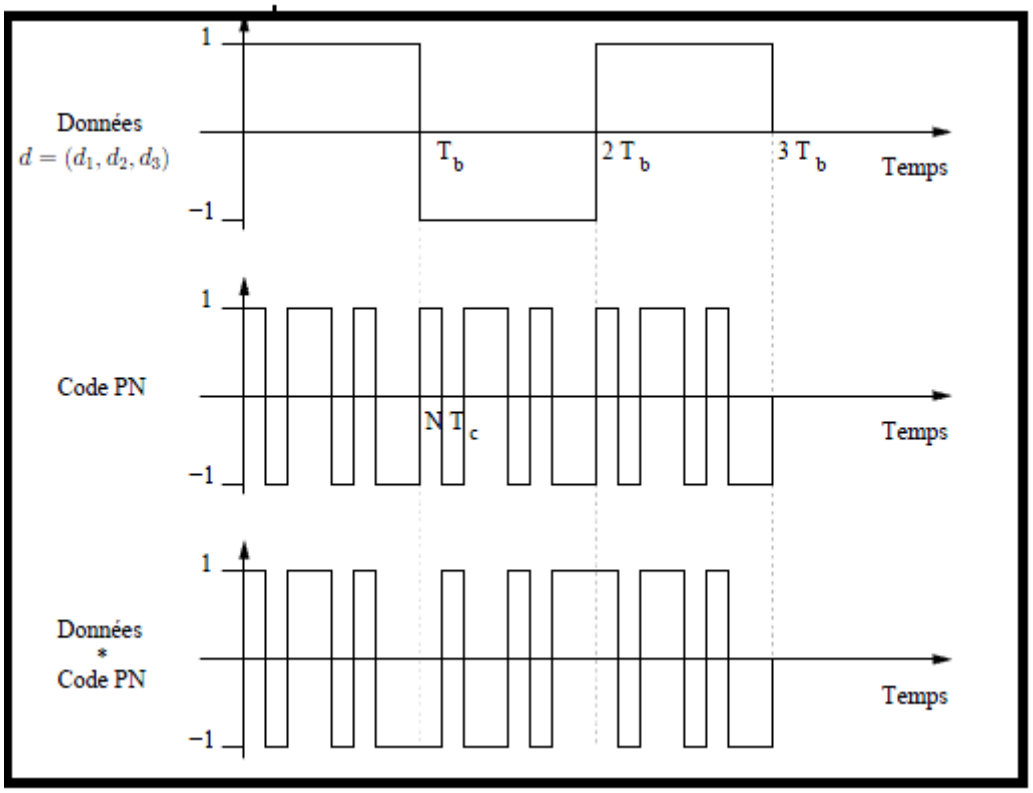


Figure II.6 : étalement de spectre par séquence directe

La notion d'étalement de spectre, dans le domaine fréquentiel, est représentée par la figure **II.7**. La puissance du signal étalé (signal large bande) est la même que celle du signal non étalé (signal bande étroite), seulement elles ne sont pas réparties sur la même largeur de bande.

En réception, la reconstitution du signal se fait en multipliant, dans un synchronisme parfait, le signal reçu par une séquence PN locale identique à celle utilisée en émission

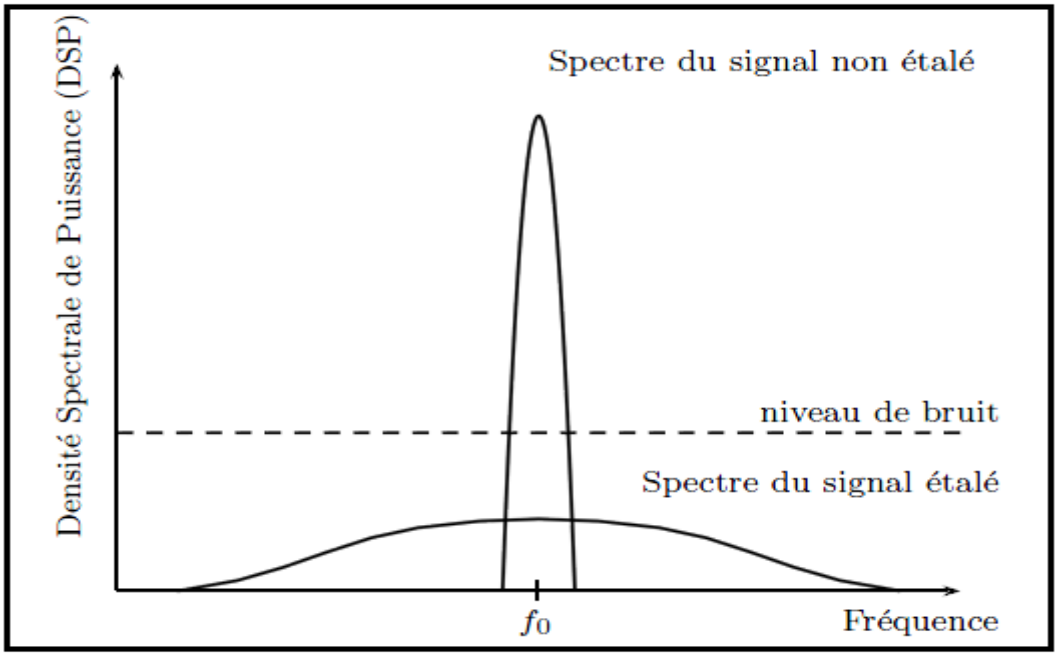


Figure II.7 : Comparaison signal bande étroite et signal étalé.

II.5. Les codes d'étalement :

En communication synchrone, les messages des utilisateurs sont émis dans le canal sans retard relatif. Lorsque le récepteur est synchronisé sur le message reçu, la séparation des utilisateurs peut se faire grâce aux codes orthogonaux appelés OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor Code).

Pour éviter toute interférence avec les codes des différents utilisateurs et différencier des canaux distincts, on se sert des OVSF (illustrés dans la figure **II.8**). L'utilisation de ces codes permet de modifier le facteur d'étalement et de maintenir l'orthogonalité des différents codes d'étalement même si ces derniers de longueur différente.

Ils viennent d'une famille de codes orthogonaux au sens de la corrélation. Ils peuvent être définis par un arbre générateur tel qu'une racine engendre 2 b̄r̄ān̄c̄h̄ēs̄. Les codes portés par ces deux branches sont issus du code de la racine. En effet, le code d'une branche est composé par le code de la racine et de son complémentaire. Ce principe permet ainsi de générer l'arbre des codes OVSF utilisés pour l'UTRAN, aussi regroupés sous la forme de la matrice de Hadamard.

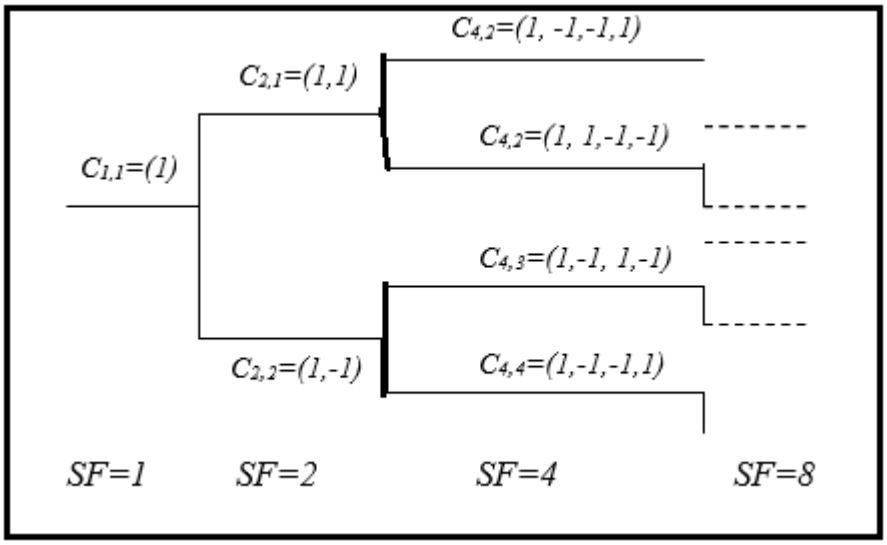


Figure II.8 : exemple de code OVSF

De plus, le facteur k, qui détermine le nombre de bits dans les trames des canaux de dédiés au transfert de données, vérifie la relation suivante :

$$SF = 256 / 2^k$$ ***Avec k de 0 à 6***

Cela signifie que SF peut prendre les valeurs : 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256. Cet arbre montre la relation directe entre nombre de codes disponibles pour un étalement donné et le facteur d'étalement. En effet, le facteur SF détermine simultanément la longueur du code mais également le nombre de codes disponibles pour un étalement SF.

A cela s'ajoute la nécessite de respecter certaines règles. En effet, au sein d'une même cellule, les codes OVSF ne peuvent être utilisés tous simultanément car ils ne sont pas tous orthogonaux entre eux. Le code d'une branche est fortement lié à celui de sa racine, ce qui empêche de les utiliser simultanément. Donc lorsqu'un code est alloué, tous les codes issus de ces branches ne peuvent être utilisés.

II.6. Les avantages et inconvénients de l'étalement de spectre :

II.6.1. Avantages :

- Puisque le signal est étalé uniformément sur un large spectre on ne détecte aucun pic en amplitude pour une fréquence donnée. Ceci permet de masquer la présence d'une communication. Quand bien même on arriverait à la détecter, il est très difficile de l'intercepter si on n'a pas accès aux codes utilisés [10].
- Possibilité de transmettre des services à haut débit.
- Offre de meilleures performances pour détecter des trajets multiples. L'objectif est de détecter le plus grand nombre de trajets pour les combiner. Ainsi, le signal final se trouve renforcé avant que ne débute la phase de récupération de l'information. Ce qui se traduit par une diminution du taux d'erreur et, par conséquent, par une amélioration des performances. Le nombre de trajets que l'on peut détecter s'accroît proportionnellement avec le débit *chip* et donc avec la largeur de la bande occupée par le signal étalé.
- Possibilités de déploiement dans un spectre de fréquence déjà utilisé.

II.6.2 Inconvénients :

- La synchronisation temporelle doit être précise. Une mauvaise synchronisation temporelle peut être à l'origine d'un bruit de corrélation généré à la réception ce qui est une source additionnelle d'interférences.
- Un contrôle de puissance rapide est de rigueur. Plus un utilisateur est proche de la station de base plus la puissance reçue par celle-ci est grande et donc les utilisateurs qui sont loin risquent de pas être détectés par la station de base. La solution c'est d'établir un mécanisme de contrôle de puissance permettant d'avoir la même puissance à la réception. Et dans la pratique on est confronté à des erreurs dans l'estimation de la puissance ou encore à des retards de propagations qui font que le contrôle de puissance est difficile d'ajuster.
- Une interférence mutuelle entre les utilisateurs de la cellule. Dans la voie montante (du terminal mobile vers la station de base), en absence de trajets multiples, les signaux étalés ne sont pas orthogonaux parce que les utilisateurs transmettent de façon non synchronisée et les mobiles créent des interférences entre eux.

II.7. Le contrôle de puissance

Le contrôle de puissance est utilisé pour équilibrer les puissances reçues par les

Utilisateurs d'un système WCDMA, En UMTS, un contrôle de puissance rapide est primordial. Sans lui, un seul terminal mobile émettant à une puissance trop élevée pourrait empêcher tous les autres terminaux mobiles de la cellule de communiquer, puisque plusieurs utilisateurs différents émettent dans la même bande de fréquence. Chaque utilisateur peut être une source d'interférence pour les autres. Il est donc important de mettre en œuvre un mécanisme qui permette aux terminaux mobiles d'ajuster leur puissance d'émission tout en garantissant une bonne réception de la station de base. Ce problème de puissance se pose aussi pour les puissances émises par la station de base pour limiter les interférences intercellulaires. Le contrôle de puissance est donc nécessaire dans les deux sens [11].

II.7.1. Contrôle de puissance sur le sens montant (Contrôle de la puissance du mobile) :

Trois boucles de contrôle de puissance sont mises en œuvre dans le système: la boucle ouverte, la boucle fermée intérieure (*innerloop*) et la boucle fermée extérieure (*outerloop*) [12].

II.7.1.1.La boucle ouverte

Elle est utilisée lors de l'accès initial du mobile au réseau. Le mobile mesure le niveau de puissance sur le canal balise de la BTS sélectionnée (*CPICH*) et ajuste la puissance d'émission de sa demande d'accès en fonction de la perte de propagation estimée dans le canal. Le mobile, en effet, lit dans les informations système transmises par la station de base la puissance utilisée par le canal balise et déduit les pertes précédentes en se basant sur l’équation suivante :

Pertes de propagation = puissance émise sur la balise - Puissance reçue par le mobile sur la balise [13].

II.7.1.2.La boucle fermée intérieure entre le Noeud B et le mobile (*innerloop*) :

Lorsque le mobile est en phase de transmission, sa puissance d'émission est contrôlée (en WCDMA) à tous les slots, soit à une fréquence *F* de 1500 *Hz* par les stations de bases avec lesquelles il est en communication (*soft-handover*). Cette boucle de contrôle de puissance est très rapide, elle doit notamment permettre de compenser au maximum le fading du coté réception station de base [12].

Les stations de bases disposent d'une consigne E_b / N_0 qui dépend notamment de la nature de la connexion en cours et envoie des consignes au mobile tous les *1* / *F* seconde lui demandant d'augmenter ou de diminuer sa puissance en fonction de l'écart entre le E_b / N_0 mesuré sur le canal dédié reçu et le de la consigne. Il s'agit d'une mesure énergétique.

Les bits de consignes (appelés TPC en UMTS) sont transmis dans la partie de contrôle de chaque canal dédié sur le lien descendant.

Les algorithmes de contrôle sont les suivants :

- Tant qu'au moins une station de base demande au mobile de baisser sa puissance, le mobile réduit sa puissance ;
- Si toutes les stations de base en liaison avec le mobile lui demandent d'augmenter, ce dernier va augmenter sa puissance.

II.7.1.3 La boucle de puissance extérieure entre le contrôleur de station de base et la BTS (*outerloop*) :

C'est une boucle plus lente que la précédente. Le contrôleur de station de base fixe la valeur de la consigne E_b / N_0 et la transmet aux stations de base pour les besoins de *l'innerloop*. Cette valeur de consigne est calculée d'après une mesure de qualité des trames reçues des stations de base respectives sur une certaine durée (*FER : Frame Error Rate*,...). Il s'agit d'une mesure de qualité "numérique".

Si la qualité résultante est en effet trop élevée, on peut diminuer la consigne, ce qui conduira le mobile à transmettre moins fort. Si elle est trop faible, il faudra au contraire l'augmenter, le mobile transmettant alors plus fort [12].

II.7.2. Contrôle de puissance sur le sens descendant (contrôle de la puissance des canaux de la BTS) :

Les canaux dédiés sur le lien montant comprennent une partie trafic et une partie contrôle.

En WCDMA, les bits de commande de puissance (TPC) indiquent à la station de base qu'il faut augmenter ou diminuer par pas l'amplitude des signaux émis sur le " code " en question.

Cependant, la station de base dispose d'un "réservoir" de puissance fixe lié aux performances de son ampli de puissance.

Si la cellule est fortement chargée et qu'un trop grand nombre de mobiles réclament simultanément et trop souvent une augmentation de puissance, il pourra devenir difficile de satisfaire cette demande et donc il convient de veiller par exemple à prévoir des mécanismes de transfert d'un certain nombre de ces mobiles gourmands en puissance sur des cellules moins chargées que la cellule courante [12].

II.7.3. Mécanismes de contrôle de puissance

Il existe deux mécanismes de contrôle de puissance [14] :

- Contrôle de puissance basé sur la puissance reçue : La puissance transmise (sur la voie montante ou descendante) est ajustée de telle sorte qu'à la réception on garantit une puissance cible déjà fixée.
- Contrôle de puissance basé sur le SIR (*Signal-to-Interference Ratio*) estimé : De la même manière, la puissance est ajustée de façon à ce que le SIR cible soit atteint. Ce mécanisme de contrôle de puissance est le mieux adapté pour le cas de l'UMTS car il permet de minimiser le maximum possible les interférences et donc augmenter la capacité du système.

II.8. Les protocoles et canaux de l'interface radio :

II.8.1 Les protocoles :

Les protocoles de l'interface radio sont indispensables à l'établissement, à la reconfiguration et au relâchement des services supports radio tant en mode FDD qu'en mode TDD. On trouve plusieurs niveaux :

- **Niveau 1 :**

  Représente la couche physique de l'interface radio où sont réalisées les opérations suivantes ; codage de canal, l'entrelacement, la modulation, l'adaptation de débit et le contrôle de puissance.

- **Niveau 2 :**

  RLC « Radio Link Control » ; transfert viable de données en point à point.

  MAC « Medium Access Control » ; le multiplexage de différents flux de données issues d'un même utilisateur est sur un canal de transport unique et le multiplexage de flux de données issues d'utilisateurs différents est sur un canal de transport commun.

- **Niveau 3 :**

  RRC « Radio Ressource Control **» ;** Gestion des ressources radio, il dispose des fonctions de contrôle de l'ensemble des couches.

II.8.2.Les canaux :

Le support physique de communication de l'UMTS utilise les ondes électromagnétiques autour d'une fréquence porteuse f0 d'environ 2 GHz et une largeur de bande de 5 MHz.

La longueur d'onde se situe ainsi autour de $\lambda = v0/f0 = 15$ cm. Nous considérons par défaut le lien descendant, de la station de base vers le mobile.

II.8.2.1. Canaux logiques :

Ils désignent les différents types d'informations véhiculés par les protocoles radio de l'UTRAN, ils peuvent être unidirectionnels ou bidirectionnels.

- **Canaux logiques de contrôles :**

- **DCCH (Dedicated Control Channel) :** Canal de contrôle dédié à un utilisateur pour échanger les informations de contrôle depuis et vers la station de base.
- **CCCH (Common Control Channel) :** Canal de contrôle commun, il permet l'échange des informations de contrôle en voie bidirectionnelle entre l'UE et la station de base avant qu'une connexion point à point ne soit établie.
- **BCCH (Broadcast Control Channel) :** Canal de diffusion des informations de contrôle en voie descendante.
- **PCCH (Paging Control Channel) :** Canal utilisé pour le paging.

- **Canaux logiques de trafiques :**
  - **DTCH (Dedicated Traffic Channel) :** Canal de trafique destiné à un utilisateur par une liaison point à point en voie bidirectionnelle.
  - **CTCH (Common Traffic Channel) :** Canal de trafique commun, utilisé en voie descendante pour la diffusion de l'information de la station de base vers un groupe d'utilisateurs.

II.8.2.2 Canaux de transport :

Il existe trois types de canaux de transport :

- **Canaux de transport communs :**
  - **BCH (Broadcast Channel) :** Canal utilisé dans la voie descendante pour le transport des informations système dans une cellule.
  - **PCH (Paging Channel) :** Canal utilisé dans la voie descendante pour le transport des messages de paging dans une ou plusieurs cellules.
  - **RACH (Random Access Channel) :** Canal à accès aléatoire utilisé uniquement dans la voie montante.
  - **FACH (Forward Access Channel) :** Canal utilisé dans la voie descendante pour le transport de messages de signalisation et de paquets de données usager de taille réduite.
- **Canaux de transport dédiés :**
  - **DCH (Dedicated Channel) :** Canal de transport point à point bidirectionnel consacré à un seul utilisateur.
- **Canaux de transport partagés :**
  - **DSCH (Downlink Shared Channel) :** En association avec un ou plusieurs canaux dédiés, ce canal est utilisé sur la voie descendante. Il est partagé dynamiquement par différents utilisateurs et transporte des données de contrôle et de trafique.

II.8.2.3. Canaux physiques :

Ceux-là sont caractérisés par les codes de canalisation et de brouillage. On trouve plusieurs types de canaux physiques :

- **DPDCH (Dedicated Physical Data Channel) :** Canal qui véhicule toutes les données en provenance des couches de protocoles supérieures.
- **P-CCPCH (Primary Common Control Physical Channel) :** Canal physique primaire qui transporte le canal **BCH.**

- **S-CCPCH (Secondary Common Control Physical Channel) :** Canal physique secondaire qui supporte les deux canaux **FACH** et **PCH.**
- **PRACH (Physical Random Access Channel) :** Le canal **RACH s**'appuie sur ce canal physique.
- **PDSCH (Physical Downlink Shared Channel) :** Le canal de transport **DSCH s**'appuie sur ce canal physique.

II.9. Evaluation des interférences :

La communication d'un mobile à une station de base donnée est souvent confrontée à des brouillages dus aux communications d'autres mobiles. Dans chaque sens de liaison, on distingue des interférences causées par les communications dans la même cellule (interférences intra cellulaires) et les communications des mobiles en dehors de la cellule (interférences inter cellulaires).

- **Interférences intra cellulaires :**

Dans le sens descendant, le mobile reçoit un signal utile provenant de la station de base sauf que ce n'est pas le seul qu'il capte car il reçoit également la somme d'autres signaux destinés aux autres mobiles de la cellule. A l'émission les signaux sont orthogonaux mais à la réception l'orthogonalité n'est pas parfaite à causes des trajets multiples que ceux-ci empruntent. Concernant le sens montant, le signal émis par un mobile est interféré par ceux qui proviennent de tous les mobiles de la même cellule. Ils ne sont pas synchronisés et ont l'effet de bruit blanc.

- **Interférences extra cellulaires :**

Puisque c'est la même bande de fréquence qui est utilisée par toutes les stations de base, l'interférence extra cellulaire compte beaucoup lors de l'évaluation de la qualité de communication. Dans le sens montant, un mobile est gêné par les communications de ceux qui se trouvent dans les autres cellules. Concernant le sens descendant, en plus du signal utile, le mobile reçoit une somme de signaux émis par les autres stations de bases présentes dans le système.

II.10. Les effets de trajets multiples et ses conséquences :

Cet effet est provoqué par la diffraction et par la réflexion multiple. En plus du trajet direct entre l'émetteur (dont la position est notée Tx) et le récepteur (dont la position est notée Rx), plusieurs autres trajets peuvent apparaitre. Une communication peut, ainsi, être possible même si l'émetteur et le récepteur ne sont pas en visibilité directe, et une certaine continuité

de la couverture radio est obtenue. Cependant, en plus de cet effet positif, ce phénomène apporte des effets négatifs :

- **Dispersion des retards** : les différents trajets ayant des longueurs différentes, ont des délais de propagation légèrement différents. Le signal est donc étalé et déformé et une interférence

  Inter symbole apparait, surtout avec le débit chip élevé de l'UMTS. Les différentes versions du signal qui parviennent au récepteur se superposent d'une manière constructive (addition des puissances) ou destructive (cas le plus courant). Elles arrivent suivant une distribution de Rayleigh, c'est pourquoi l'évanouissement qui en résulte est dit de Rayleigh.

- **Effet Doppler:** la vitesse de l'UE par rapport au node B provoque une distorsion de la fréquence porteuse du signal transmis. Le décalage introduit est fonction de la fréquence, de la vitesse et de la direction du déplacement.

II.11. Discussion :

La technique d'accès WCDMA offre une solution plus flexible par rapport aux méthodes FDMA et TDMA.

Dans ce chapitre, nous avons pu voir l'intérêt d'utiliser telle ou telle méthode d'accès. Toutefois le canal de propagation peut affecter les performances de tout système de communication à base de CDMA car il engendre des dégradations sur le signal transmis.

III.1 Préambule :

En communication radio mobile, l'interface radio influence largement sur la qualité de service offert aux utilisateurs. L'espace libre constitue le support nécessaire pour les communications où les informations sont transmises sous forme d'ondes électromagnétiques se propageant entre émetteurs et récepteurs. L'opérateur doit alors assurer une couverture radio en fonction de ses objectifs.

Beaucoup de paramètres entrent en jeu, mais en règle générale, on essaie de trouver un compromis pour que les systèmes implantés soient économiquement viables pour l'opérateur tout en gardant une qualité de service minimale pour tous les usagés.

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

III.2. Objectifs et méthodes de la planification :

III.2.1 Objectifs :

- Capacité : pour supporter les trafics des abonnées avec une probabilité de blocage et de retard très faible.
- Couverture : pour obtenir la couverture de service sur une surface donnée.
- Qualité: pour établir une relation entre la capacité et la couverture et garder une certaine valeur de QoS.
- Coût : pour permettre une implémentation économique du réseau quand le service est établi et pour une extension contrôlée du réseau.

III.2.2 Méthodes :

Trois phases sont nécessaires pour la planification. La phase de préparation a pour but de définir les objectifs en couverture et en capacité et l'initialisation des paramètres. Le dimensionnement permet l'évaluation rapide du nombre et d'équipements nécessaires ainsi que leur capacité respective. Il permet d'avoir aussi l'estimation du trafic offert et l'estimation de la capacité versus couverture.

La dernière phase consiste à la planification détaillée qui conduit à l'estimation détaillée de la couverture et de la capacité et l'analyse de couverture et de capacité itérative [15].

III.3 Dimensionnement d'un réseau d'accès radio WCDMA :

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. Les principaux objectifs du dimensionnement sont de définir les bilans de puissance, la couverture, la capacité et d'estimer le nombre de sites, de stations de base, de RNC ainsi que le nombre d'équipements du réseau cœur nécessaire, que ce soit dans le domaine circuit ou dans le domaine paquet.

La figure (III.1) représente le résumé et les étapes de processus de dimensionnement, et avant de parler du bilan radio on doit tout d'abord faire une discussion sur les paramètres spécifiques au bilan radio (les facteurs de charges soit en UL ou DL)

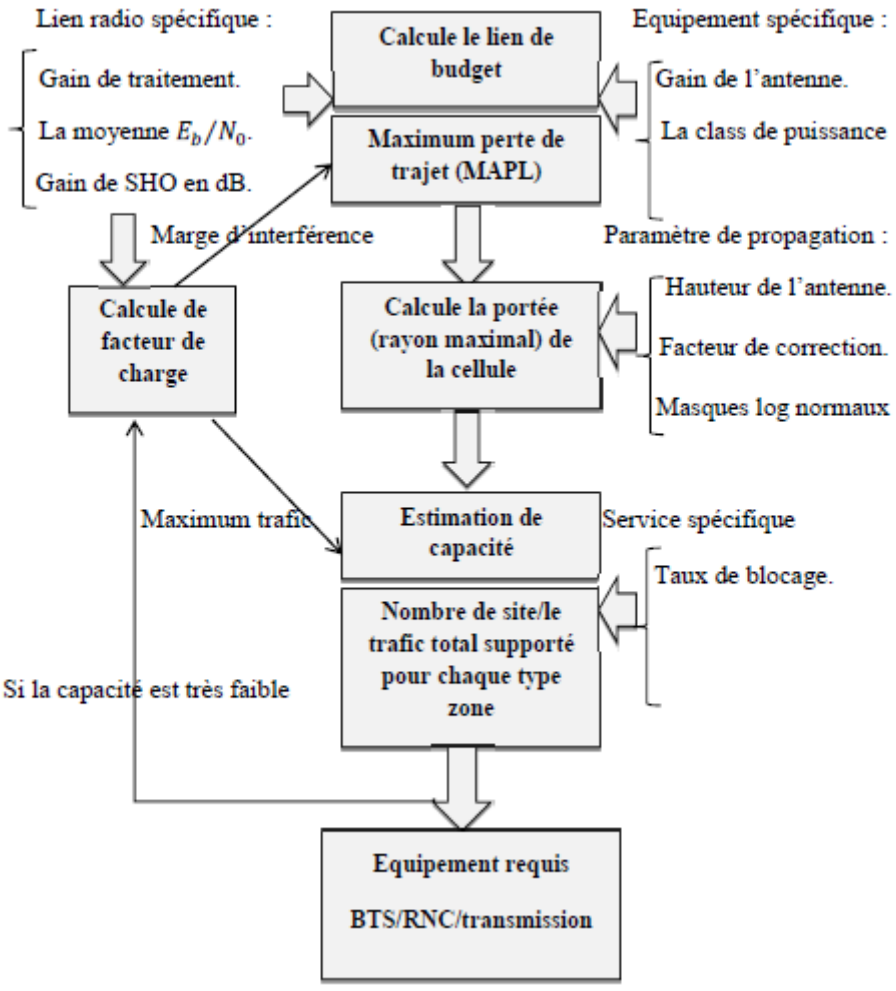


Figure III.1 : Processus de dimensionnement.

III.3.1. Estimation du rayon 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 connu pour estimer le rayon de la cellule [16].

On applique un modèle de propagation (Okamura Hata ou Walfish-Ikegami)

$$L_p = 138{,}5 + 35{,}7.\log_{10}(r)$$

La couverture d'une cellule en configuration hexagonale est :

$$S = K.r^2$$

- S est la surface de couverture
- r est la portée maximale de la cellule
- K est une constante.

Le tableau (III.1) [16] 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)	$2.6 \cdot R^2$	$1.3 \cdot R^2$	$1.95 \cdot R^2$	$2.6 \cdot R^2$
Distance entre les BTS	$0.87 \cdot R$	$2.R$	$1.5 \cdot R$	$0.87 \cdot R$

Tableau III.1 : Relation entre la surface couverte et distance entre les BTS avec nombre des secteurs dans la cellule.

III.3.2. Charge de la cellule en sens montant :

La charge de la cellule en sens montant est définie par :

$$\eta UL = \sum_{k=1}^{K_n} \frac{1}{1+\frac{W}{p_k.R_k}}.(1+i)$$

En incluant les effets de sectorisation et les activités de service nous avons :

$$\eta UL = \sum_{k=1}^{K_n} \frac{1}{1+\frac{W}{p_k.R_k}}.\nu_k.\left(1+i.\frac{N_S}{\varsigma}\right)$$

III.3.3 Charge de la cellule en sens descendant :

La charge de la cellule en sens descendant est définie

Par :

$$\eta DL = \sum_{i=1}^{I}\left[\frac{\rho_i.R_i.\nu_i}{W}.\left((1-\alpha_i)+\sum_{n=1,n\neq m}^{N}\frac{L_{p_{ni}}}{L_{p_{mi}}}\right)\right]$$

- *pmi L* est la perte de liaison à partir de la station de base servante *m* à la station mobile *i ;*
- *pni L* est la perte à partir d'autre station de base *n* à la station de mobile *i ;*
- *i* ρ est le 0 *E* / *N b* nécessaire transmis pour le MS *i*, incluant le gain de combinaison de soft handover et la hausse de puissance moyenne due au contrôle de puissance rapide ;
- N est le nombre de stations de base ;
- I est le nombre de connexions dans un secteur ;

- *i* α est le facteur d'orthogonalité qui varie entre 0 et 1 selon les conditions des trajets multiples (α = 1 : orthogonalité complète)

III.3.4 Sensibilité du récepteur :

Les bruits de la station de base à la réception à travers une porteuse WCDMA sont calculés et le rapport signal sur bruit requis à la réception contient le gain de traitement et la perte due aux charges.

La puissance utile S du signal [15] est :

$$S = SNR \ .N_0 \ .W$$

$$SNR = \rho \ . \frac{R}{W(1-\eta)}$$

- N0 .W est le bruit de fond ;
- R est le débit binaire du service utilisé ;
- ρ est le 0 E / N b utile pour le service ;
- W est le débit de chip en WDCMA ;
- η est la charge de la cellule.

III.3.5 Dimensionnement du RNC :

Le but du dimensionnement du RNC est de déterminer le nombre de RNCs nécessaires pour supporter le trafic. Il existe plusieurs limitations sur la capacité d'un RNC à savoir :

- Nombre maximal de cellule :

$$N_{RNC} = \frac{N_{Cells}}{N_{cells/RNC} . fillrate1}$$

- Nombre maximal de BS :

$$N_{RNC} = \frac{N_{BS}}{N_{BS/RNC}.fillrate2}$$

- Nombre d'interface Iub :

$$N_{RNC} = \frac{v_{voice} + v_{dataCS} + v_{dataPS}}{Iub.fillrate3}.N_{subs}$$

III.3.6. Bilan de liaison radio :

Le bilan de liaison radio permet de définir l'atténuation maximale que la cellule peut supporter en uplink (UL) et en downlink (DL). Il est réaliser pour chaque type de service et inclue les aspectes spécifiques au WCDMA tels que la marge de l'évanouissement rapide due au contrôle de puissance rapide et le gain du (Soft handover) [17].

Il est important de calculer un bilan de liaison à l'avance pour estimer la faisabilité d'un projet.

- Une approche générale pour calculer la perte de trajet (MAPL) est décrite ci-dessous, en liaison montante (UL) et descendante (DL) sont les mêmes [15].

$$PIRE_{dBm} = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX}$$

III.3.7. Les évanouissements :

L'évanouissement est dû à la réception simultanée de signaux d'amplitude et de phase aléatoires correspondant aux différents trajets d'un même signal.

Si la largeur de bande du canal utile est inférieure à la bande de cohérence du canal de propagation alors l'évanouissement est plat, sinon il est sélectif.

L'évanouissement sélectif peut conduire à des variations du signal reçu de l'ordre de plusieurs dizaines de dB et dépend de multiples facteurs tels que la modulation utilisée, la vitesse du mobile. En général, son effet est atténué par l'utilisation de la diversité d'espace ou

de fréquence, le codage de canal et l'entrelacement. Lors des prévisions de couverture, l'évanouissement n'est pas analysé en détail par les modèles statistiques de propagation. Il est pris en compte en ajoutant une marge aux niveaux de champs nécessaires.

III.4. Modèles de propagation :

Lors du déploiement d'un réseau radio mobile, les modèles de propagation sont nécessaires pour déterminer les caractéristiques de propagation pour différents environnements et planifier la couverture dans une zone donnée [18].

Le modèle d'Okumura-Hata donne le niveau d'atténuation en fonction de la distance émetteur récepteur pour une série de fréquences et de hauteurs d'antennes de base fixe. Ce modèle a été défini par Hâta en fonction des mesures effectuées par Okumura dans les environnements de Tokyo, il permet le calcul de l'affaiblissement de la puissance d'un signal traversant un canal radio

Les modèles de Hâta et du COST 231-Hata s'appliquent pour des tailles de cellules relativement grandes [19] (de rayon supérieur ou égal à 1 km) et surtout lorsque l'antenne de la station de base est située au-dessus des niveaux des toits avoisinants.

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

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

En se basant sur l'environnement radio, les modèles de prédictions peuvent être classés en deux principales catégories: Outdoor et Indoor modèles. Outdoor, en respectant les dimensions de la zone à couvrir les modèles de propagation pour le Outdoor se subdivisent en deux classes: les modèles de propagation pour les macrocellules et les modèles de propagation pour les microcellules :

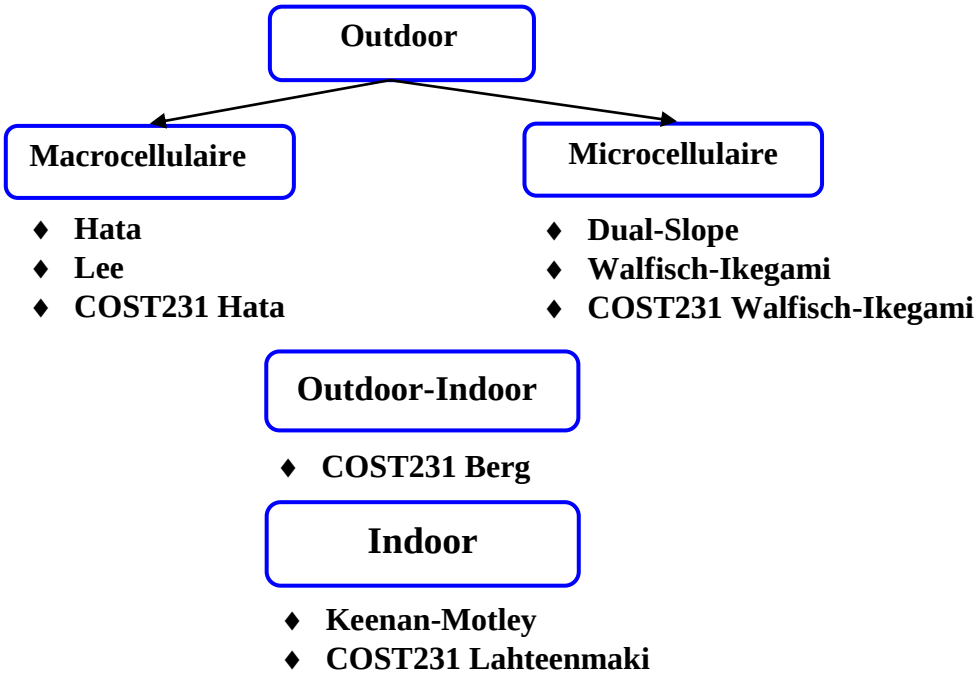


Figure III.2: Classification modèle de propagation.

III.5. Capacité et Couverture :

La capacité et la couverture sont deux concepts fortement liés.

III.5.1 Capacités de service et classes de terminal :

III.5.1.1. Capacité :

L'évaluation de la capacité et plus tard l'estimation du nombre de terminal utilisateurs (UE : User Equipement), la distribution de service, la densité du trafic et les spécifications de trafic sont des éléments essentiels de la phase de planification initiale. Pour la technologie UMTS, chaque terminal utilisateur est défini selon des paramètres spécifiques comme transmission power range (pour le contrôle de puissance en liaison montante), le bruit et la capacité de réception (particulièrement les niveaux Ec/I0 et Eb/N0 respectivement, rapport signal à interférences et rapport signal à bruit). Le nombre maximal de communications ne dépend pas uniquement des ressources, à savoir du nombre de codes disponibles [20].

III.5.1.2. Les classes de terminal :

En WCDMA, le principe de classe de terminal (*terminal class mark*), utilisé en GSM, n'est pas employé. Les terminaux WCDMA doivent transmettre au réseau, à l'établissement de la connexion, un ensemble de paramètres indiquant leurs capacités d'accès radio. Ces capacités déterminent, par exemple, le débit utilisateur maximal supporté en fonction de la configuration radio, donné de façon indépendante pour le sens montant et le sens descendant. Afin de faciliter le choix des capacités à appliquer lors de l'établissement d'une connexion, des combinaisons de référence de capacités d'accès radio ont été définies dans les spécifications du 3GPP, on parle alors des classes suivantes [21] :

- Classe 32 Kbit/s : cette classe a été prévue pour fournir un service voix de base, tel que le service voix AMR, aussi bien que des services donnés d'un débit allant jusqu'à 32kbit/s.
- Classe 64 Kbit/s : cette classe permet de fournir des services voix et données simultanément.
- Classe144 Kbit/s : cette classe donne la possibilité de fournir, par exemple, un service de vidéo téléphonie ou d'autres services de données.
- Classe 384 Kbit/s : cette classe peut être considérée comme une amélioration de la classe 144 Kbit/s qui permet de supporter des méthodes évoluées de transfert de données par paquet.
- Classe 768 Kbit/s : cette classe a été définie comme une classe intermédiaire entre les classes 384 Kbit/s et 2 Mbit/s.
- Classe 2 Mbit/s : cette classe s'applique uniquement pour le sens descendant [9].

Ces classes ont été définies de telle façon qu'une classe d'un niveau donné comporte toutes les propriétés et les capacités des classes de niveau inférieur. Notons que les terminaux peuvent s'écarter de ces classes lorsqu'ils transfèrent leurs paramètres au réseau, par conséquent un débit de 2 Mbit/s est possible dans le sens montant, bien qu'aucune classe ne le supporte.

III.5.2. La couverture :

Le premier critère de la qualité de service d'un réseau sans fil est sa couverture. Celle-ci désigne la zone de l'espace couverte par ce réseau. Un mobile est donc couvert par le réseau que si les trois conditions suivantes sont vérifiées [20] :

- Il peut décoder les informations sur le réseau. Le mobile doit recevoir au moins un signal piloté avec une qualité suffisante.
- La puissance requise pour la transmission de la station vers ce mobile est inférieure à la puissance maximale d'un canal de trafic. On dit alors que le mobile est couvert dans le sens descendant.
- La puissance requise pour la transmission du mobile vers la station de base est inférieure à la puissance maximale d'émission du mobile. Ce dernier est donc couvert dans le sens montant.

La couverture est fortement liée aux interférences et donc à la distribution du trafic dans le réseau. De la sorte, pour une station de base qui sert beaucoup de mobiles sa zone de couverture est alors réduite.

III.6. Services offerts par l'UMTS :

L'UMTS, avec des débits élevés, rendra possible l'accès rapide aux applications d'informations et aux services multimédias développés par les réseaux Internet ; il devra par ailleurs continuer d'accueillir les services mobiles actuels (téléphonie, données à faible débit, etc.). Par sa capacité à acheminer la voix, les données, les images fixes ou animées, il permettra l'accès et la multiplication de services à distance tels que la télémédecine, la télésurveillance. le télé-enseignement, etc.

Ce qui est nouveau, par contre, c'est la définition de classes de qualité de services et la négociation de la qualité de service (QOS : quality of service). Non seulement les services proposés sont rangés dans des classes de qualité en fonction des paramètres importants de leur fourniture, comme le temps de transfert acceptable, par exemple, mais la qualité de service peut varier en fonction des ressources radio disponibles, de la couverture radioélectrique du lieu [22], etc.

III.7. Les classes de qualité de service :

Afin de couvrir l'ensemble des besoins présents, les spécifications du 3GPP définissent quatre classes de service pour le transport des applications multimédia dans l'UMTS. La différence entre ces classes de QoS se base essentiellement sur :

- Le délai de transfert de l'information ;
- La variation du délai de transfert des informations ;
- La tolérance aux erreurs de transmission.

III.7.1. Le délai de transfert de l'information :

Est particulièrement important pour des applications interactives à forte contrainte temps réel (par exemple, la téléphonie classique ou encore la visiophonie). Une dégradation, même faible (quelques centaines de millisecondes), du délai de transfert devient rapidement insupportable pour l'utilisateur (c'est en général le cas des liaisons téléphoniques par satellite). En revanche, il est de peu d'importance pour tous les services basés sur Internet (navigation, commerce électronique, …etc.), pour lesquels les usagers s'accommodent très bien de temps de réponse de l'ordre de la seconde.

III.7.2. La variation du délai de transfert des informations :

Est également critique pour les applications à contraints temps réels, où il est important que le délai entre les paquets d'information soit fidèlement restitué entre la source et le terminal de réception. Dans le cas de la téléphonie classique, des ressources spécifiques ayant un débit constant sont allouées à la communication. En conséquence, le délai de transfert subit peu de variation. Ce n'est pas le cas des applications de téléphonie ou de diffusion vidéo sur Internet, pour lesquelles il est impératif de recourir à des mécanismes particuliers pour compenser la gigue générée par le réseau de transmission.

III.7.3. La tolérance aux erreurs de transmission (le taux d'erreur binaire (BER) :

Est un facteur important pour les applications de transmission de données. Ces applications (comme le téléchargement de fichiers, les transactions bancaires ou encore le commerce électronique) requièrent en effet que l'information soit fidèlement transmise par le réseau de transmission. Ce n'est pas le cas des applications de type téléphonie classique, qui peut accepter des taux d'erreurs bien supérieurs. La perception humaine est en effet assez tolérante aux erreurs de transmission sur les applications de téléphonie.

III.8. Les quatre classes de service :

Ils peuvent se répartir en deux groupes :

- Les classes A (ou **conversational**) et B (ou **streaming**) pour les applications à contraints temps réels ;
- Les classes C (ou **interactive**) et D (ou **background**) pour les applications de données sensibles aux erreurs de transmission.

III.8.1. Classe A : mode conversation (conversational) :

Classe A regroupe les applications en mode phonie et visiophonie, c'est-à-dire les conversations entre deux ou plusieurs personnes pour ces applications, la quasi-instantanéité du transfert de l'information est le paramètre essentiel. Par contre, la perception humaine tolère et corrige dans une certaine mesure les erreurs de transmission, qu'il s'agisse d'une parole déformée ou d'une image imparfaite.

L'application la plus connue de la classe A est typiquement le service voix sur un service support circuit. Avec l'Internet, de nouvelle application de ce type de qualité de service, telles que la voix sur IP (VoIP, Voice over IP) et la vidéotéléphone.

Les communications vocales sont caractérisées par le fait que le temps de transfert doit être faible et que le trafic entre les deux utilisateurs est symétrique. Le temps de transfert maximal a été fixé par certaines évaluations, forcément subjectives, à 400ms [18].

III.8.1.1. Services voix AMR :

Le codec voix qui sera employé en UMTS utilise AMR (Adaptative Multi rate).le codeur AMR fonctionne sur des trames de voix de 20ms, correspondant à 160 échantillons, chacun à une fréquence de 8 kHz [9].

Durant une conversation téléphonique, chaque participant parle en moyenne la moitié du temps, la technique AMR propose les quatre fonctions suivantes :

Détection de l'activité vocale au niveau de l'émetteur (VAD, Voice Activity Detector).

- Evaluation du bruit de fond au niveau de l'émetteur, afin de transmettre les paramètres correspondants au destinataire.

- Transmission du bruit de « confort » au destinataire au moyen d'une trame spécifique, la trame SID (Silence Descriptor) envoyée périodiquement.
- Génération du bruit de confort au niveau du destinataire durant les périodes pendant lesquelles aucune trame de voix n'est reçue.

III.8.1.2. vidéo téléphonie :

La vidéo téléphonie possède les mêmes besoins en termes de temps de transfert que la voix. Du fait de la nature même de la compression de la vidéo, le taux d'erreur bit (BER) doit être cependant plus faible que celui admis pour la voix.

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

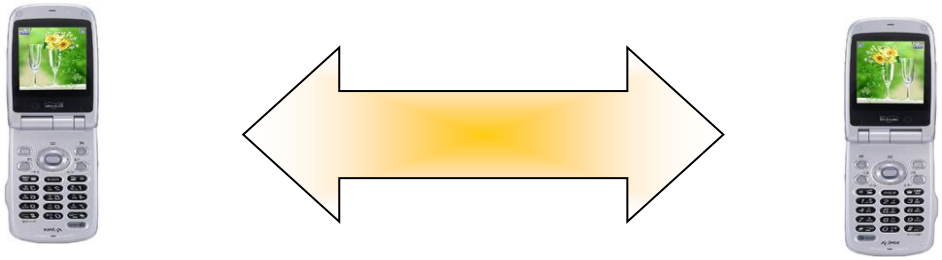


Figure III.3 : la classe A

III.8.2. Classe B : mode flux de données (streaming) :

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

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

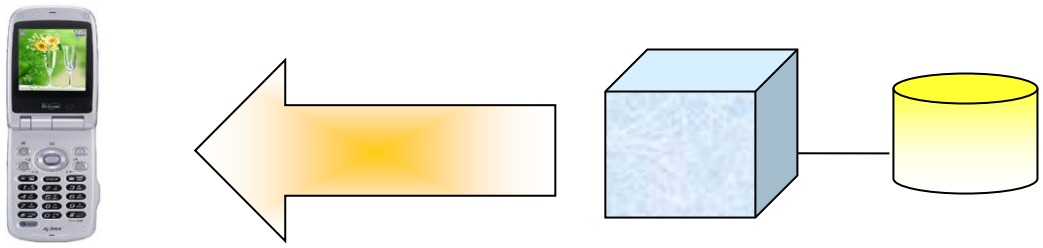


Figure III.4: la classe B.

III.8.3. Classe C : mode interactif (interactive) :

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

III.8.3.1. Services basés sur la localisation :

Les services offerts aux usagers en fonction de leur localisation semblent prometteurs pour l'UMTS car ils apportent une vraie nouveauté par rapport aux systèmes existant, dans un domaine qui est directement lié à la mobilité, et répondent à une attente à peu prés certains. On distingue des ***push*** et des services de type ***pull*** :

- **Type push :** le terminal reçoit automatiquement des informations de localisation ;
- **Type pull :** le terminal demande sa localisation au réseau.

III.8.3.2. Méthodes de localisation :

Ils existent trois méthodes de localisation dans l'UMTS :

- Localisation au niveau de la cellule ;
- Méthode OTDOA-IPDL (Observed Time Difference Of Arrival-Idle Period DownLink).

- Localisation par GPS (Global Positioning System).

Toutes ces méthodes ne donnent pas la même précision et ne sont donc pas équivalentes en fonction de l'application envisagée.

III.8.3.3. Localisation au niveau de la cellule :

Par exemple, ne donne pas le même résultat dans une zone très dense, ou le rayon de la cellule peut descendre à une centaine de mètres et à la compagne ou il peut atteindre une dizaine de K mètres. En ville, cette méthode est certainement bien adaptée à la recherche d'une liste des commerçants les plus proches, d'autant que la réception d'un signal GPS n'y est pas forcément garantie.

III.8.3.4. La position du mobile :

Doit pouvoir être transmise dans un format standard comme par exemple des coordonnées géographiques, à l'abonné, à son mobile, à l'opérateur de réseau, au fournisseur de services, ou pour des applications internes à la gestion du réseau mobile. La précision de la localisation fait partie des paramètres négociables de qualité de service.

Pour des services à valeur ajoutée ou des services internes au réseau mobile, elle peut varier de 10m à 1Km en horizontal et de 10m à quelques centaines de mètres si nécessaire en vertical, selon le besoin de l'application et les conditions radioélectriques instantanées.

Pour les appels urgence, le service doit non seulement localiser le mobile appelant, peut-être en mode automatique, mais aussi acheminer l'appel vers le centre de secours compétent compte tenu de l'emplacement trouvé. La précision de cette localisation, horizontalement, est fixée par les autorités locales. Il n'y a pas de règle pour une éventuelle localisation verticale.

Exemple : aux Etat-Unis, d'ici fin 2004, tous les mobiles de l'UMTS devraient être capables de supporter un service de localisation, avec une précision de 50m à 300m selon la méthode retenue.

Comme un réseau GSM, un réseau UMTS accepte les appels d'urgence d'un mobile non autorisé, par exemple s'il n'est pas équipé de carte USIM

Bien entendu, un dispositif permet à un usager d'interdire la localisation de son mobile. Toutefois, ce dispositif peut être contour pour les appels d'urgence et pour les interceptions d'appels se requête judiciaire.

III.8.3.5. jeux en réseau :

Les jeux en réseau sont un autre exemple de service interactif. Cependant, en fonction de la nature du jeu, c'est-à-dire si les transferts de données entre utilisateurs sont trop importants et nécessitent des temps de transfert faible, la qualité de service de la classe conversational pourrait être plus adaptée.

Exemple :

Les services de la classe C sont, entre autres, la navigation sur Internet, le transfert de fichiers par FTP, le transfert de messages électroniques ou toutes les applications de commerce électronique.

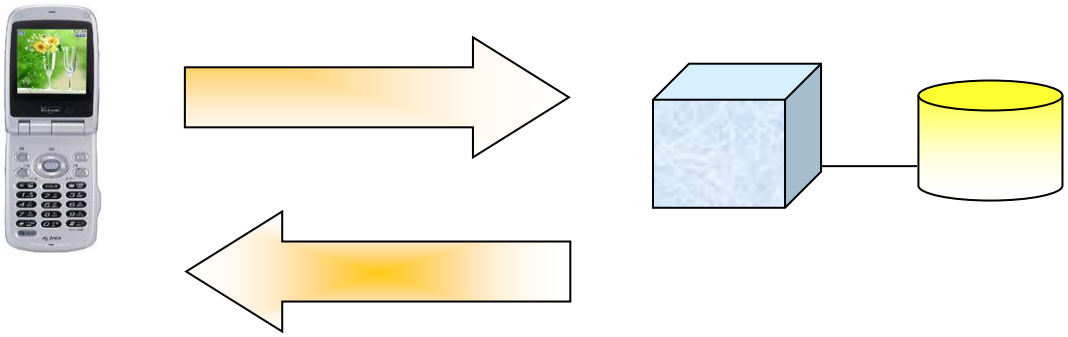


Figure III.5 : la classe C

III.8.4. Classe D : mode tache de fond (background) :

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

Exemple :

Les applications de la classe D sont, entre autre : le transfert de fax, la notification de message électronique ou la messagerie de type SMS (Short Message Service).

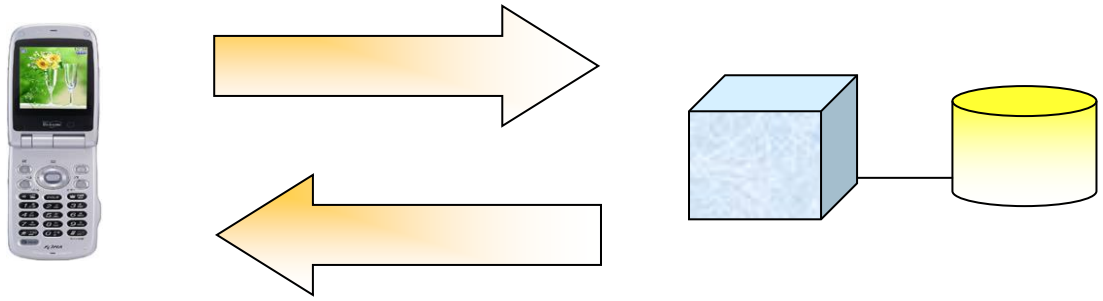


Figure III.6 : la classe D

Le but de ces classes de services est de permettre au réseau UMTS (en particulier à la partie sans fil du chemin de transmission) d'allouer des ressources et de protéger les données transmises en fonction du service demandé par l'utilisateur. Ceci est particulièrement important dans le cadre de l'UMTS, ou l'UTRAN (le réseau d'accès de l'UMTS) dispose d'une flexibilité accrue par rapport aux réseaux de 2ème génération comme le GSM.

Comme nous verrons plus loin, le réseau d'accès se comporte comme un prestataire de services vis-à-vis du réseau cœur. Les ressources radio sont allouées en fonction des paramètres des demandes du réseau cœur. La classe de services est un des paramètres.

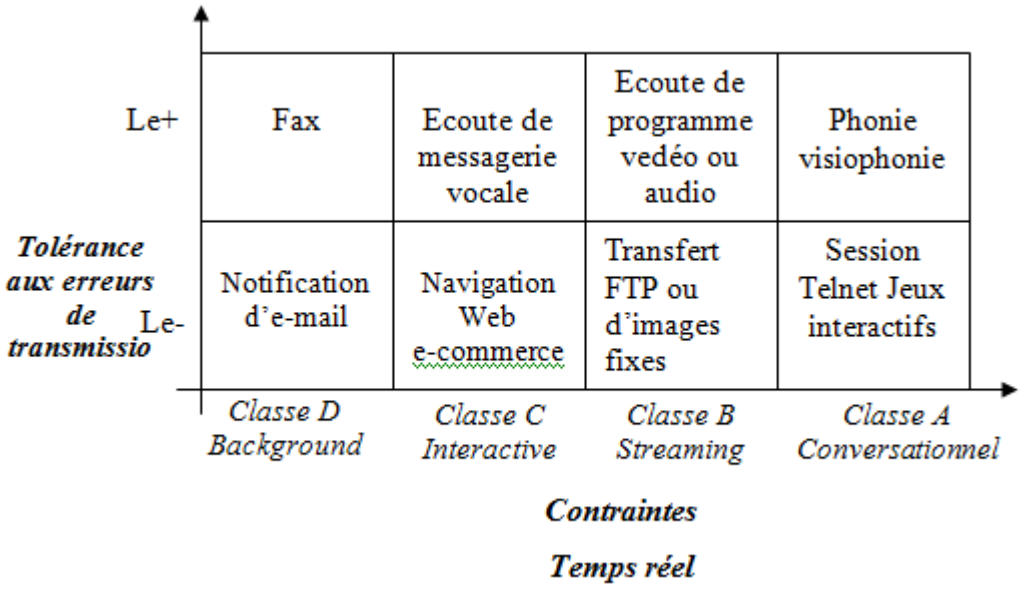


Figure III.7: les classes de services

III.9. Les Services en mode circuit :

L'évolution des services fournis en mode circuit se fait à partir des services déjà fournis sur un réseau GSM. Le découpage en télé services, services supports et services supplémentaires est conservé pour les télé services, une nouvelle définition des attributs utilisés sur les caractériser a été introduite par le 3GPP (3rd génération parthership projet), afin de pouvoir écrire des services plus évolués. Ces attributs sont groupés en :

- Attributs de haut niveau ;
- Attributs de bas niveau, ces derniers décrivant les capacités de transport qui supportent les télé services, attributs de transfert l'information et attributs d'accès ;
- Attributs généraux.

Les télé services, seuls services comprenant des attributs de haut niveau, sont regroupés en catégories, selon leur attribut dominant, ceci est le type d'information de l'usage :

Parole :

- transmission de parole (téléphonie, appels d'urgence) ;
- service vocal de groupe (appels de groupe, diffusion de messages parles) ;

Message court :

Dans un réseau UMTS être assuré en mode circuit ou en mode paquet.

- Point à point (origine mobile, origine réseau) : la longueur des messages est limitée à 160 caractères [9].
- Diffusé dans une cellule : les messages diffusés dans une aire géographique prédéfinie ensemble limité de cellules, sont toujours diffusés par le réseau à destination de mobiles et comportent au plus 93 caractères [9].

III.10. Les Services en mode paquet :

C'est le GPRS, étape intermédiaire entre le GSM traditionnel et l'UMTS, qui a introduit le mode paquet sur la voie radio, mais l'UMTS fait de ce mode de transmission des données son mode principal. En mode paquet UMTS, un débit de 2Mbit/s pour un usager peut être atteint. Il est vraisemblable que ce sont les services appartenant aux **classes C** et **D** (**interactif** et ***background)*** qui feront le plus appel à la transmission en mode paquet, même s'il n'y a pas d'exclusivité en ce domaine. En effet, une des caractéristiques de la transmission en mode paquet est la possibilité de transmission différée de l'information, soit due à des mécanismes de mise en file d'attente, soit pour cause de réémission de paquets erronés.

La transmission en mode paquet se prête bien aux communications intermittentes, comme l'interrogation d'une base de données, ou des paquets vont être envoyés en rafale, au gré des requêtes de l'utilisateur et des réponses du serveur de données, ces réponses pouvant être différées de quelques secondes, voire quelques minutes. C'est le cas typique d'un téléchargement de document :

L'abonné sait que cela va prendre un certain temps, et le fichier peut être reconstitué localement, même si l'un des paquets a du être retransmis plusieurs fois. Cette possibilité de retransmission a pour conséquence qu'il n'est pas nécessaire de prévoir des dispositifs correcteurs d'erreurs aussi performants qu'en mode circuit.

Dans un dialogue entre l'utilisateur et le serveur, la transmission d'informations est forcément interrompue par le temps pendant lequel l'usager prend connaissance de l'information reçue (c'est le paramètre « *temps de lecture* », ainsi nommé même s'il s'agit

d'un document multimédia : intervalle de temps entre l'arrivée du dernier paquet d'un appel en mode paquet et l'émission de la requête pour l'appel suivant).

Ce temps libre peut être mis à profit par l'opérateur du réseau pour optimiser les ressources sur l'interface radio. Dés lors, de logue sessions, ou le terminal est pratiquement tout le temps en veille mais quand même connecté, sont possible à un coût acceptable pour l'utilisateur. On peut rester connecté au réseau de son entreprise, recréant ainsi un environnement comparable à celui du bureau et de son réseau local, et recevoir des e-mail en direct, y répondre, télécharger des pièces jointes, consulter une base de données de l'entreprise sans devoir à chaque fois établir un nouvel appel. On définit ainsi un modèle statistique de trafic en mode paquet :

- Le trafic survient en rafale : le débit peut passer à plusieurs centaines de Kbit/s en un instant ;
- Les services de données en mode paquet tolèrent des délais de transmission bien supérieurs aux services en temps réel. Cela est bien adapté aux services de **classe C** (***interactif***), ou l'usager attend une réponse dans un délai raisonnable, ainsi qu'aux services de **classe D** (***background***), ou la transmission peut se faire lorsque l'interface radio est libre ;
- Les paquets peuvent être retransmettre, ce qui permet de tolérer une moins bonne qualité de la transmission et un taux d'erreur plus élevé qu'en mode circuit.

Il bien entendu possible de transmettre également des services en temps réel en mode paquet, comme par exemple la transmission de la voix sur le protocole Internet. Cela ne fait pas l'objet pour le moment d'une spécification UMTS particulière, mais doit être assimilé à des transmissions « voix sur IP» telles qu'elles commencent à exister sur l'Internet filaire.

III.11. Discussion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les étapes de dimensionnement et les différents paramètres correspondants, nous avons explicité les facteurs de charge et on a représenté le bilan de la liaison radio, on a également présenté une estimation de la marge de l'évanouissement, le modèle de propagation pour estimer la portée de la charge, et sans oublier les différents types des services du l'UMTS (service vocale, service données et service mixte).

IV.1 Préambule :

Le développement accru de ces réseaux et la compétition acharnée que se livrent les opérateurs dans ce domaine ont placé sur le devant de la scène le suivi nécessaire et quotidien de la qualité de service du réseau, gage de la fidélité de ses abonnés. Mais avant d'arriver à l'observation de l'évolution du QoS, il est indispensable de déterminer les caractéristiques d'une bonne installation d'un réseau mobile lors de sa conception.

Dans ce chapitre, nous allons présenter la méthode de dimensionnement de la capacité et de la couverture d'un réseau 3G. Pour ce faire, nous proposons une illustration basée sur l'utilisation du logiciel RND 8.0 (Radio Network Dimensioning). Le site de notre étude est la région de Draa Ben Khedda.

IV.2 Paramètres à considérer lors du dimensionnement:

Afin de réaliser le dimensionnement en termes de capacité et de couverture de réseau, les paramètres à prendre en considération sont :

- Le trafic et les variations du trafic.
- Le pourcentage de soft handover et du softer handover.
- Le taux d'erreur binaire (BER).
- Les puissances moyennes des émetteurs et des récepteurs.
- Les interférences.
- Les pertes de propagations.
- Le gain des antennes.

IV.3 Description du logiciel utilisé :

Le logiciel RND 8.0 (Radio Network Dimensioning) est un outil professionnel applicable pour le dimensionnement des réseaux GSM, UMTS, LTE et GSM /UMTS réseaux hybrides. Il prend en charge le dimensionnement simultané dans plusieurs régions et facilite la sélection des fonctions appropriées de celui-ci en sélectionnant le mode de calcul par scénario.

IV.4 Informations d'entrée:

Afin de mettre au point notre application, nous avons utilisé un ensemble d'informations à savoir ; région d'étude, fréquences, modèle de propagation, environnement, hauteur des antennes. Ces informations sont utilisées comme des entrées de notre logiciel de simulation. Toutes ces informations seront présentées ci-dessous

- **Région choisie :**

Comme exemple, nous avons pris la région de Draa Ben Khedda (voir figure IV.1), qui est une région appartenant à la wilaya de Tizi-Ouzou et dont le nombre d'habitants avoisine 31382.

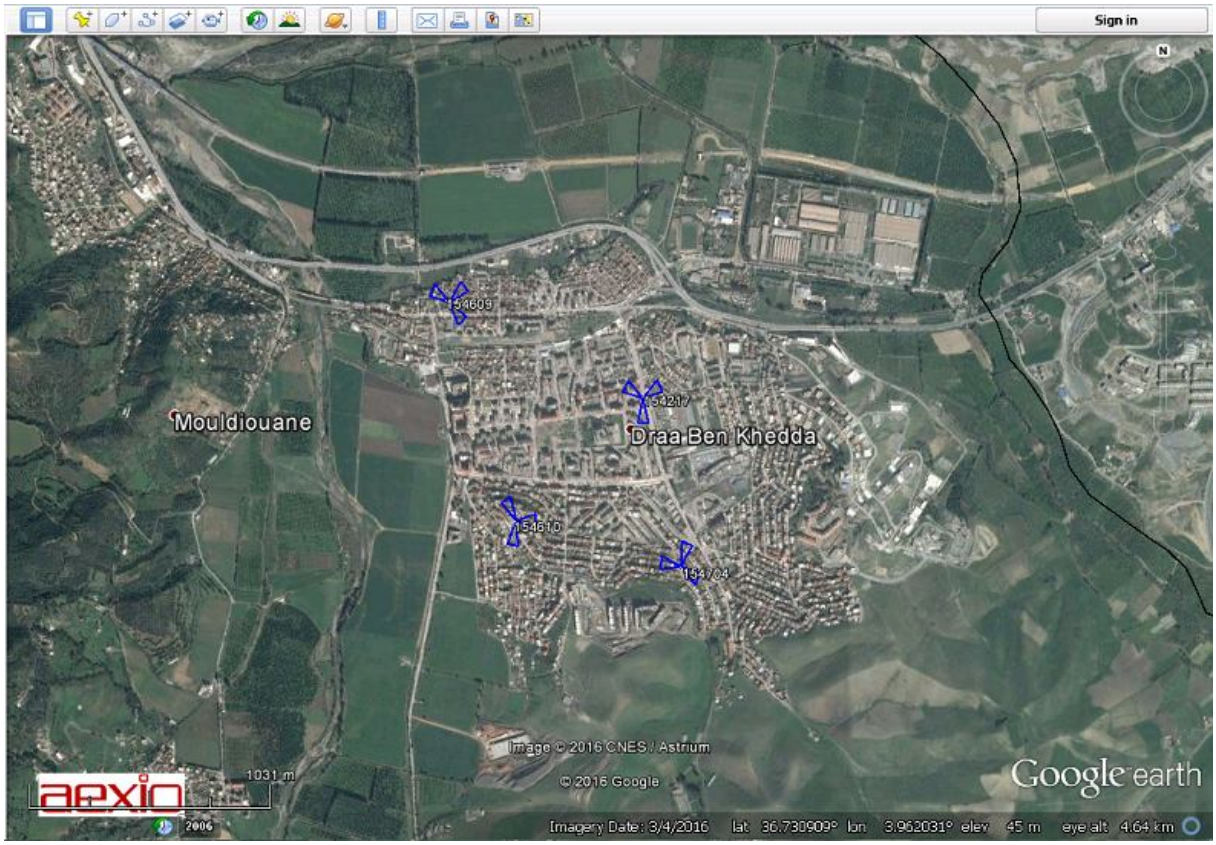


Figure IV.1: Commune de Draa Ben Khedda comportant 4 sites radio

La figure IV.1 représente une photo de google earth de la commune de Draa Ben Khedda comportant 4 sites radio ; le premier site présenté en haut de la figure c'est le site 154609, vient ensuite le site 154217, juste après c'est le site 154610 et enfin le dernier en bas c'est le site 154704.

- **Type d'environnement :**

Environnement Outdoor. La région de Draa Ben Khedda est une zone rurale.

- **Le modèle de propagation :**

Le modèle de propagation est nécessaire pour déterminer les caractéristiques de propagation pour différents environnements. Celui que nous avons introduit comme donnée est Okumura-Hata, il donne le niveau d'atténuation en fonction de la distance émetteur récepteur pour une série de fréquences et de hauteurs d'antennes de base fixe. Ce

modèle permet de calculer l'affaiblissement de la puissance d'un signal traversant un canal radio.

Le modèle de Hata s'applique pour des tailles de cellules relativement grandes (de rayon supérieur ou égal à 1 km).

- **Les fréquences :**

  Les fréquences utilisées dans la laison montante et descendante sont respectivement :

  Uplink (UL) : 1950 MHz.

  Downlink(DL) : 2140 MHz.

- **Hauteur des antennes :**

  Hauteur de l'antenne de la station de base H est de 40m.

  Hauteur de l'antenne du mobile Hm est de1.5m.

  Distance entre le mobile et la station de base est entre 1 et 20 km.

IV.5 Simulation :

L'objectif de cette simulation est de déterminer la capacité et la couverture nécessaires à l'établissement d'un réseau 3G de Mobilis. Pour ce faire, dans un premier temps, nous présentons les étapes de la simulation de la capacité. Ensuite, la simulation concernera le rayon de couverture.

Pour rappel, cette simulation est réalisée à l'aide de logiciel RND. En effet, en double cliquant sur l'icône du RND, la page d'accueil est affichée (voir figure IV.2). Elle se compose de la dernière liste de projets (qui énumère les noms, les types, le derniers temps de modification et les chemins de stockage d'un maximum de dix projets de dimensionnement édités récemment) et des boutons pour la création, l'ouverture et la suppression d'un projet.

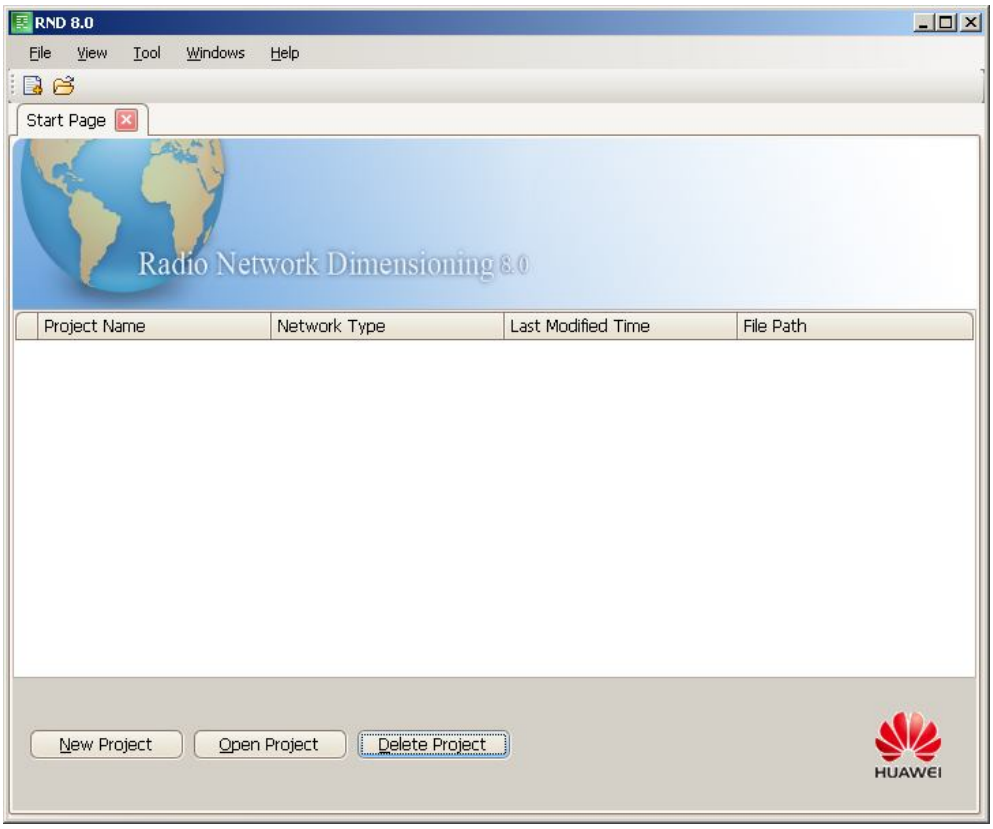


Figure IV.2 : Page d'accueil du logiciel RND

IV.5.1 Création d'un nouveau projet :

Après avoir lancé le RND, pour créer un nouveau projet, nous devions sélectionner le type du réseau, la version RAN (Radio Access Network), le mode de calcul et taper un nom de projet. Ensuite cliquez sur ok. (Voir la figure IV.3)

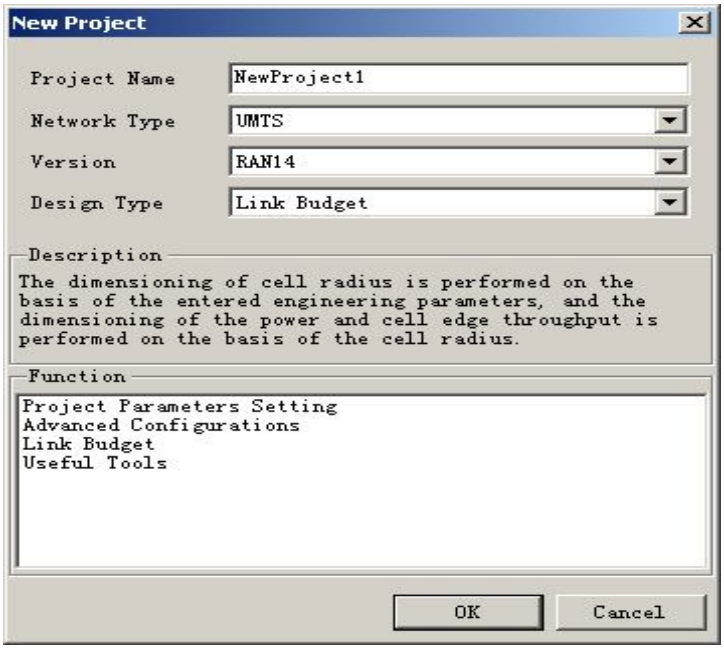


Figure IV.3 : boite de dialogue nouveau projet

Pour le type du réseau nous avons choisi l'UMTS dans la liste déroulante comme indiqué ci-dessous.

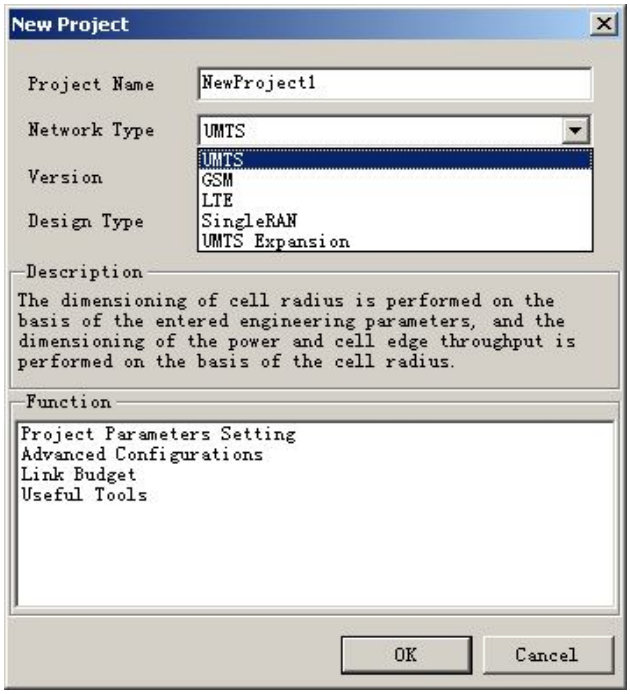


Figure IV.4 : Choix du type du réseau

Concernant la version, nous avons sélectionné RAN14 comme le montre la figure IV.5.

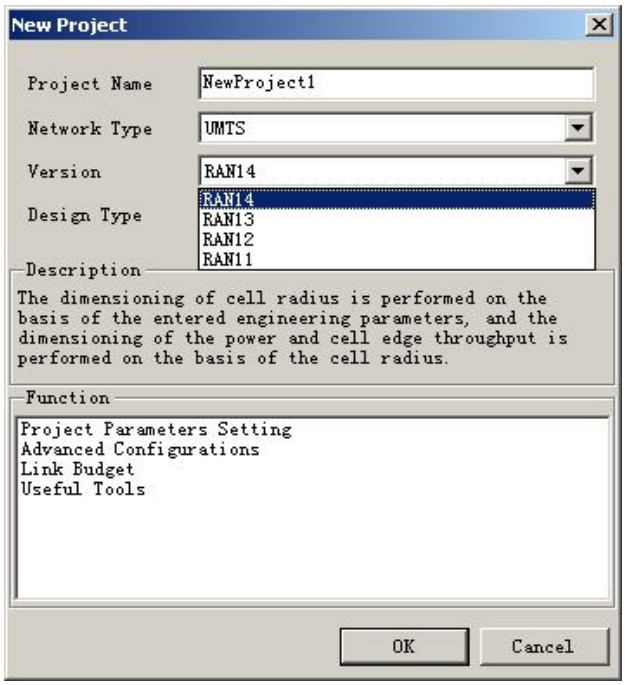


Figure IV.5 : choix de la version

Une fois tous ces choix sont faits, nous passons à la simulation.

IV.5.2 Simulation et dimensionnement de la capacité :

Pour déterminer la capacité, notre simulation est constituée de quatre étapes qui sont :

- **Etape 01 :**

La première étape consiste à introduire les informations citées précédemment (Région, fréquences, modèle de propagation, environnement, hauteur des antennes) comme indiqué par la figure **IV.6.**

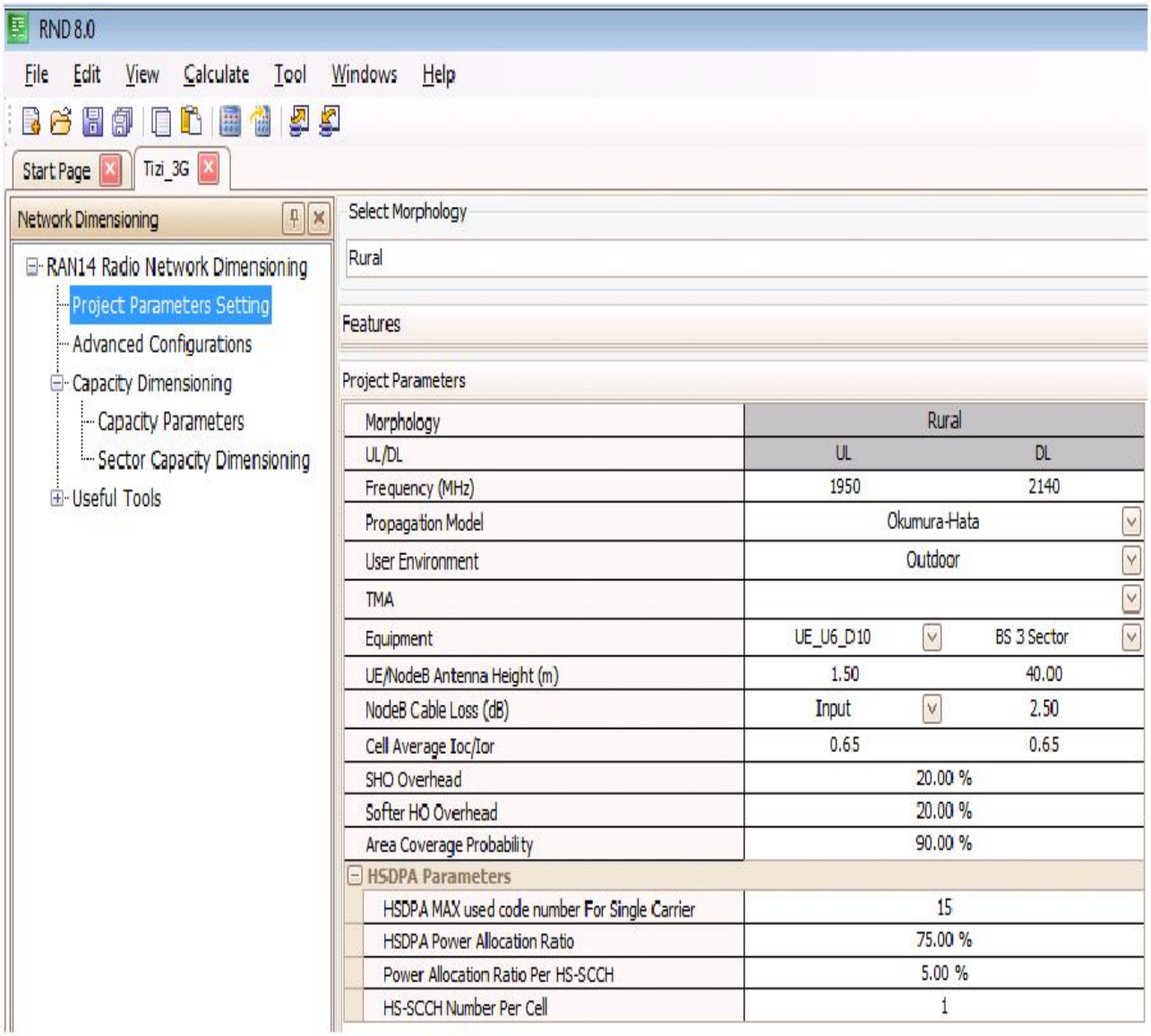


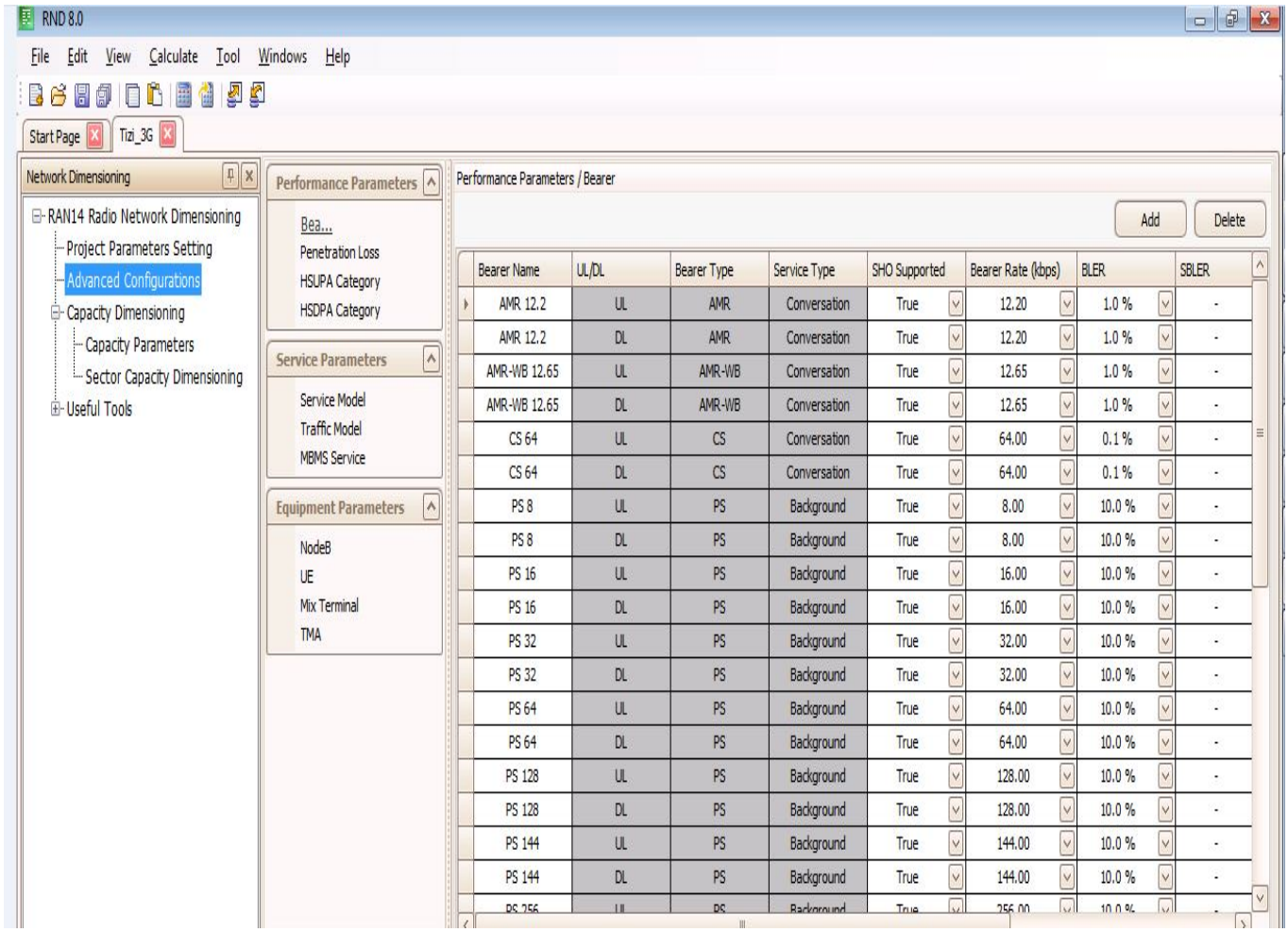
Figure IV.6 :Configuration des paramètres du projet de dimensionnement.

Dans cette fenêtre, la marge du soft handover et du softer handover ainsi que I_{0c}/I_{0r} moyen d'une cellule sont des valeurs par défauts.

I_{0c}/I_{0r} moyen d'une cellule représente le facteur d'interférences pour des cellules adjacentes. Concernant un site tri sectoriel, sa valeur par défaut est de 0.65.

- **Etape 02 :**

En cliquant sur Advanced configurations, nous obtenons le tableau suivant :



Bearer Name	UL/DL	Bearer Type	Service Type	SHO Supported	Bearer Rate (kbps)	BLER	SBLER
AMR 12.2	UL	AMR	Conversation	True	12.20	1.0 %	-
AMR 12.2	DL	AMR	Conversation	True	12.20	1.0 %	-
AMR-WB 12.65	UL	AMR-WB	Conversation	True	12.65	1.0 %	-
AMR-WB 12.65	DL	AMR-WB	Conversation	True	12.65	1.0 %	-
CS 64	UL	CS	Conversation	True	64.00	0.1 %	-
CS 64	DL	CS	Conversation	True	64.00	0.1 %	-
PS 8	UL	PS	Background	True	8.00	10.0 %	-
PS 8	DL	PS	Background	True	8.00	10.0 %	-
PS 16	UL	PS	Background	True	16.00	10.0 %	-
PS 16	DL	PS	Background	True	16.00	10.0 %	-
PS 32	UL	PS	Background	True	32.00	10.0 %	-
PS 32	DL	PS	Background	True	32.00	10.0 %	-
PS 64	UL	PS	Background	True	64.00	10.0 %	-
PS 64	DL	PS	Background	True	64.00	10.0 %	-
PS 128	UL	PS	Background	True	128.00	10.0 %	-
PS 128	DL	PS	Background	True	128.00	10.0 %	-
PS 144	UL	PS	Background	True	144.00	10.0 %	-
PS 144	DL	PS	Background	True	144.00	10.0 %	-

Figure IV.7 : Paramètres de performances des supports 1

Les supports (bearer) sont la base du dimensionnement d'un réseau UMTS. Tous les services en UMTS doivent être transportés par les supports.

Les supports répertoriés ci-dessus sont classés par : liaison montante/ descendante, type de support et le type de service. Pour assurer la validité des données de

dimensionnement du RND, il est conseillé d'utiliser les valeurs par défaut de tous les paramètres.

Ici, nous remarquons la différence entre les deux classes de QoS ;la classe conversationnelle et la classe background, et qui se base essentiellement sur les exigences sur le délai, le taux d'erreur binaire par blocks BLER (Block Error Rate) et la priorité de circulation.

La classe la plus prioritaire, c'est-à-dire la classe conversationnelle est plus sensible aux retards de transmission vu qu'elle correspond à une classe de service temps réel. Dans cette fenêtre nous pouvons voir que le BLER est de 1.0% pour le type AMR12.2 (Adaptative Multi Rate) et de 0.1% pour le CS64, ce qui signifie que celle-ci est moins tolérante aux erreurs de transmission. La classe background par contre, est moins exigeante on peut voir qu'elle admet un taux de BLER un peu plus grand, qui est de 10% pour les services : PS8, PS16, PS32, PS64, PS128, PS144 et PS256.

Pour chaque type de service, que ce soit dans la dans la liaison montante où descendante la valeur du BLER est la même.

Le SHO supported prend true pour tous les supports donc le soft handover est pris en charge.

Le paramètre SBLER (taux d'erreur de bloc statique) est applicable uniquement au support HSUPA.

Suite du tableau :

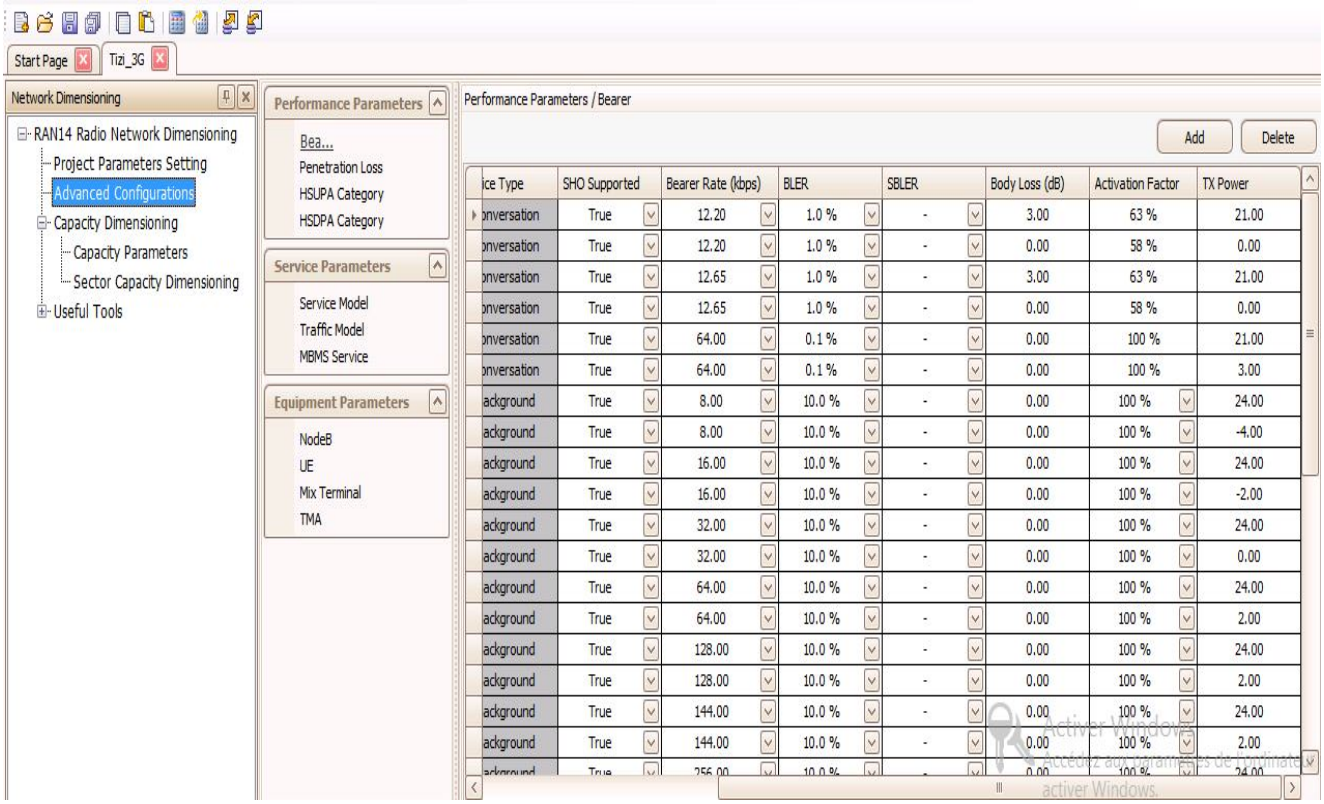


Figure IV.8 : Paramètres de performances des supports 2

Le Bearer rate correspond au mode de fonctionnement de chaque service par exemple, AMR12.2 veut dire que le codeur AMR fonctionne en mode 12.2 Kbits/s.

Le facteur d'activité est de 100% pour les services de transmission de données et concernant les services vocaux nous pouvons voir que sur le lien montant UL le facteur d'activité est de 63% et sur le lien descendant DL il est de 58%.

Le Body loss correspond à l'affaiblissement dû à l'absorption d'une partie de l'énergie transmise par le corps humain, nous constatons que sa valeur est prise en considération uniquement pour le service vocal et elle est de 3db.

Tx power est la puissance de transmission nécessaire à un mobile pour pouvoir être servi. Nous remarquons que pour le lien montant UL du service conversationnel Tx power est de 21 dBm et pour le lien descendant DL,Tx power est de 0 dBm concernant le type AMR et 3dBm concernant le service CS64.

Pour ce qui est de la classe background sur le lien montant UL nous constatons que Tx power est de 24dBm, par contre sur le lien descendant il varie comme suit :-4,-2, 0,2 ,2 ,2 (en dBm)pour les services PS8, PS16, PS32, PS64, PS128, PS144.

Etape 03 :

Avant de procéder au dimensionnement de la capacité d'un secteur, nous devons définir les paramètres adéquats dans le tableau qui représenté dans la figure ci-dessous :

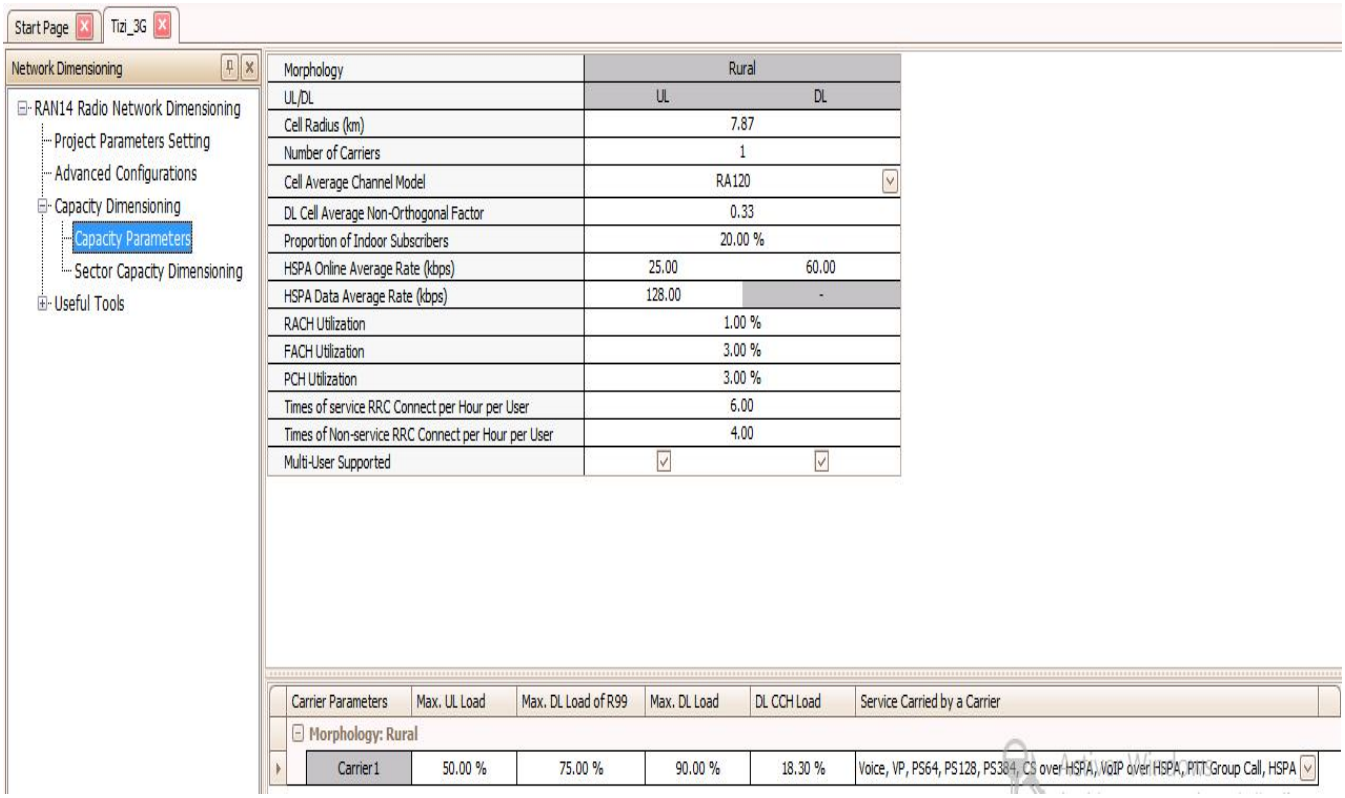


Figure IV.9: Réglage des paramètres de la capacité.

Nous devons définir les paramètres suivants :

- Les paramètres de dimensionnement de la capacité, y compris le rayon de la cellule (km), le nombre de porteuses, le pourcentage d'abonnés indoor, le taux moyen du HSPA, le temps du service RRC.

  Le RRC (Radio Ressource Control) est responsable des fonctions de contrôle d'admission, le temps de service alloué à chaque utilisateur est de 6h.

- Les paramètres liés à la porteuse, nous pouvons voir qu'une seule porteuse peut supporter plusieurs services différents.

Etape04 :

En cliquant sur Sector Capacity Dimensioning cela nous donne la fenêtre suivante :

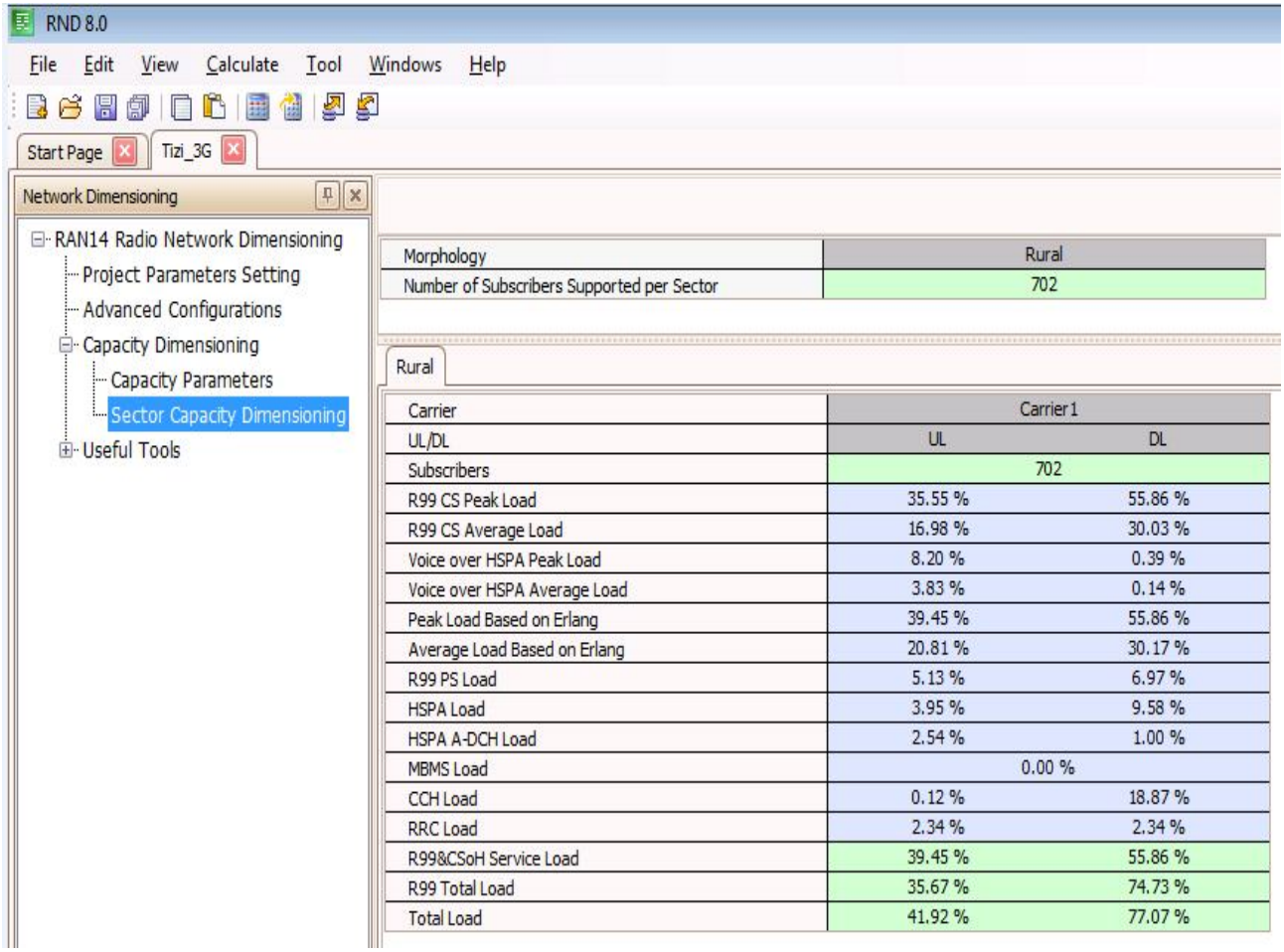


Figure IV.10 : Résultats du dimensionnement sectoriel de la capacité

D'après cette fenêtre, nous pouvons savoir le nombre d'abonnés que peut supporter une cellule et qui est de 702 abonnés par cellule.

IV.5.3 Simulation et dimensionnement de la couverture :

Pour obtenir la couverture de notre réseau, notre simulation se résume en quatre étapes qui sont :

- **Etape 01 :**

En cliquant sur Project parameters setting nous visualisons ce qui suit :

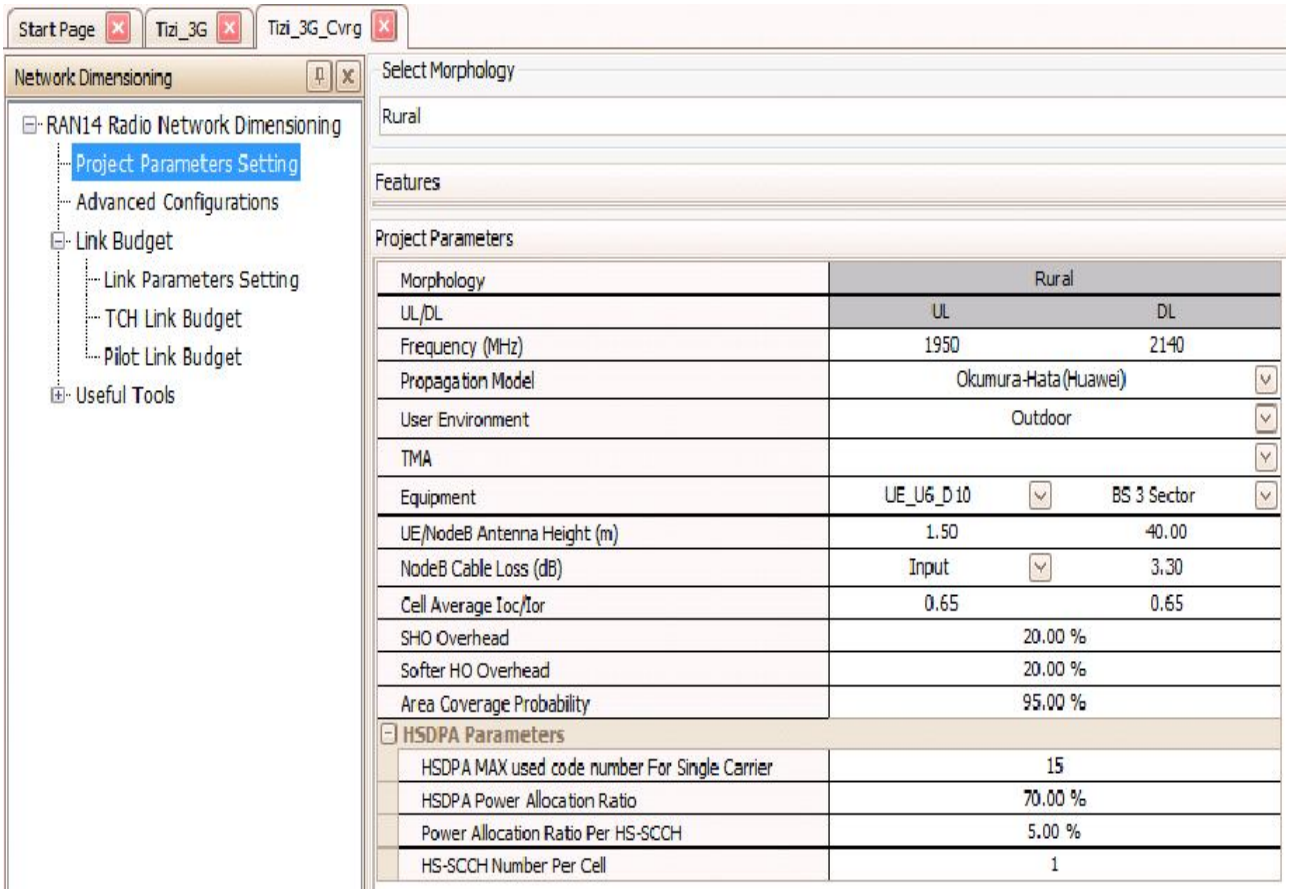


Figure IV.11 : Fenêtre de dimensionnement du projet

La surface couverte est de 95% de la surface totale.

- **Etape 02 :**

En cliquant sur Link Parameters settings nous aurons la fenêtre suivante :

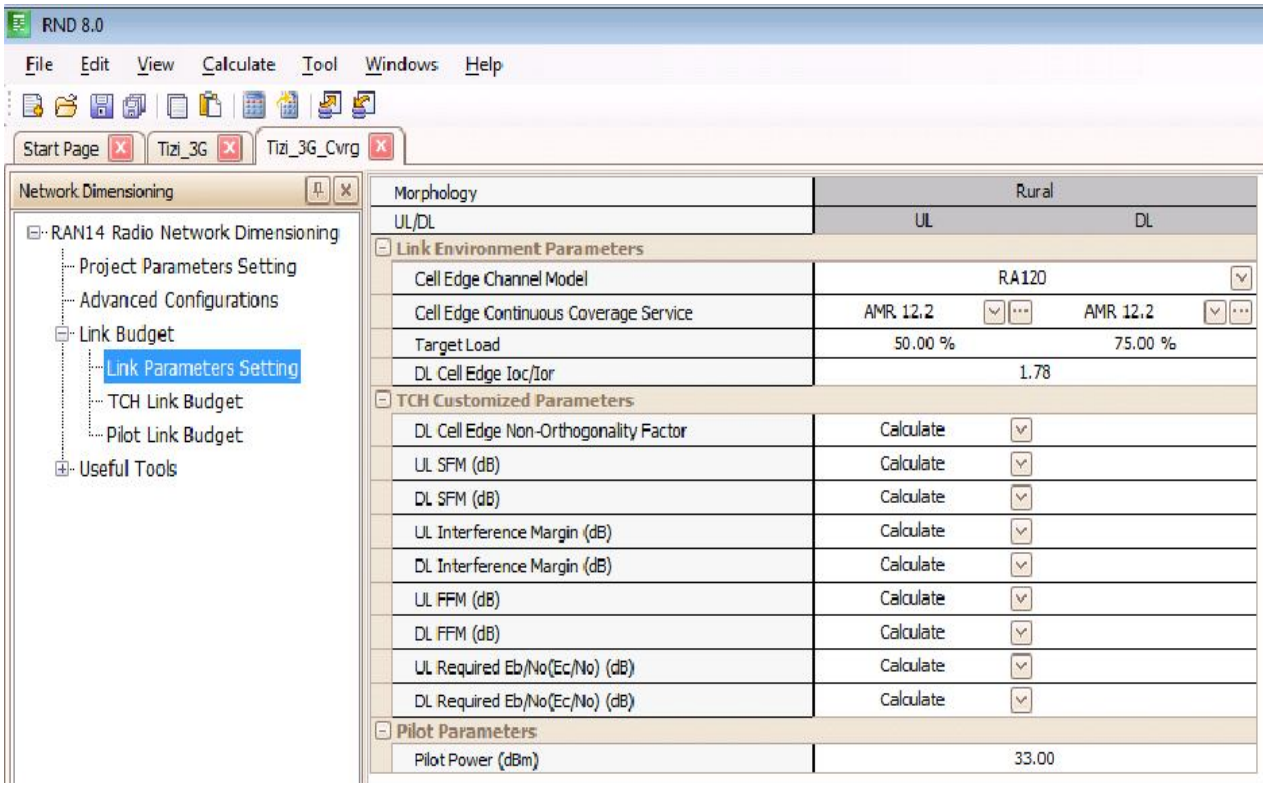


Figure IV.12 : Page des paramètres.

Dans la zone TCH paramètres personnalisés, nous sélectionnons calculer pour que le RND calcule la valeur basée sur les paramètres correspondants.

Nous pouvons voir que la valeur par défaut de la puissance du signal pilote est de 33 dBm (puissance suffisante pour que le mobile puisse décoder des informations sur le réseau).

Etape 03 :

En cliquant sur TCH Link Budget nous obtenons la fenêtre suivante :

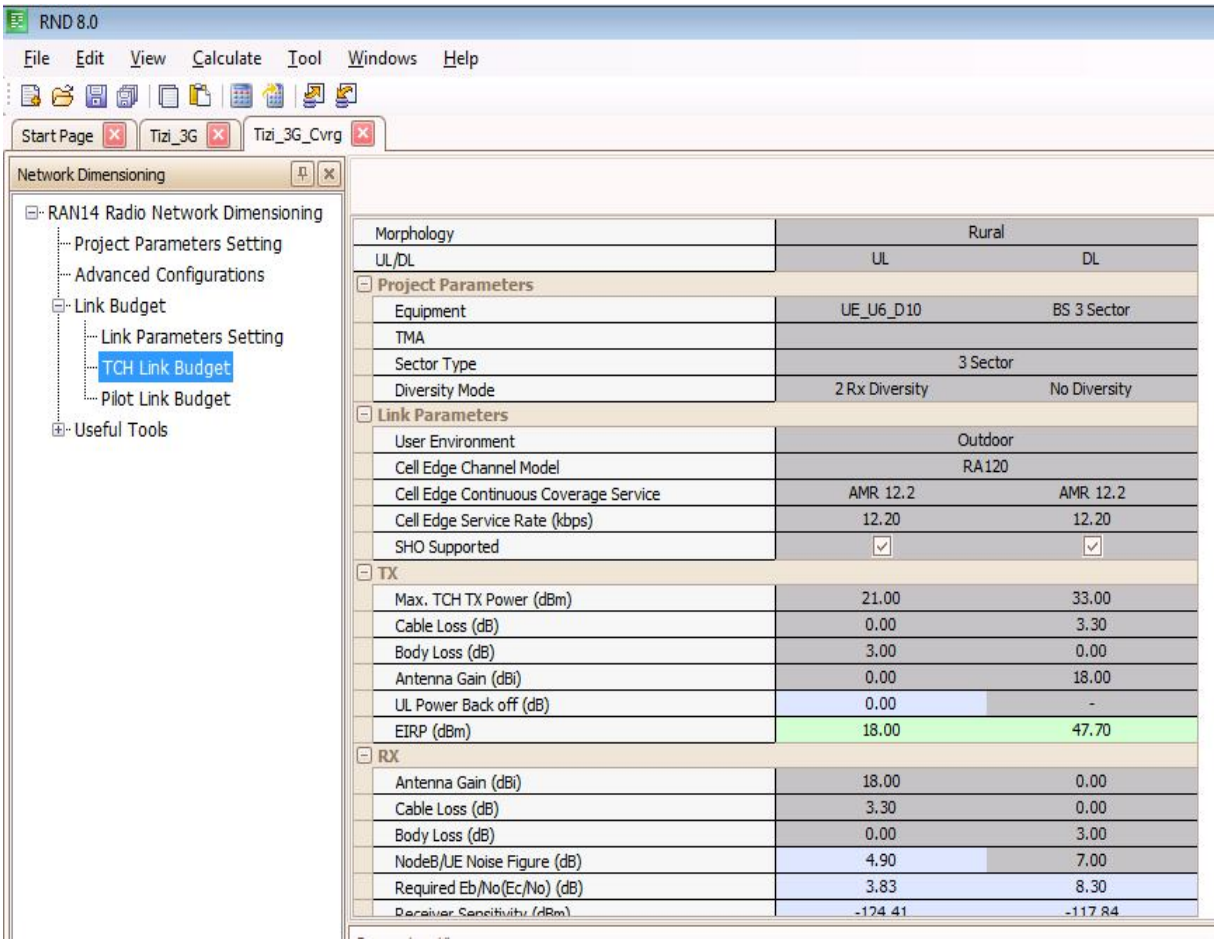
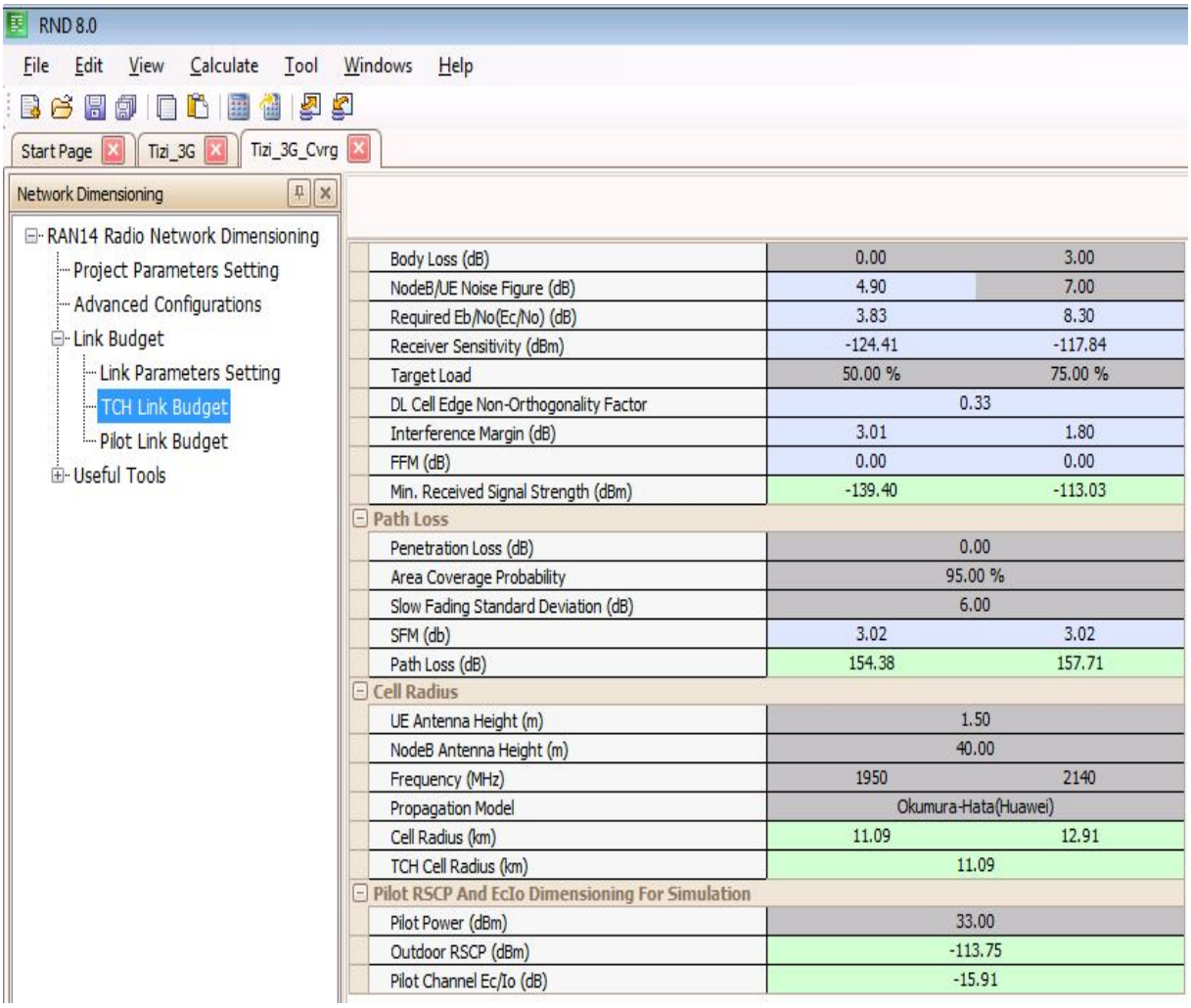


Figure IV.13: Dimensionnement –zone de données 1-

Ici, nous pouvons voir que la valeur de l'EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power) est de 18 dBm en uplink et de 47.7 dBm en downlink, celle-ci traduit la puissance totale émise au niveau de l'antenne de l'émetteur, elle prend en compte la puissance maximale de l'émetteur qui est de 21 dBm en uplink et de 33 dBm en downlink mais aussi le gain d'antenne, les pertes dans le câble ou encore les pertes dans le corps humain.

Suite de l'étape 03 :



Body Loss (dB)	0.00	3.00
NodeB/UE Noise Figure (dB)	4.90	7.00
Required Eb/No(Ec/No) (dB)	3.83	8.30
Receiver Sensitivity (dBm)	-124.41	-117.84
Target Load	50.00 %	75.00 %
DL Cell Edge Non-Orthogonality Factor	0.33	
Interference Margin (dB)	3.01	1.80
FFM (dB)	0.00	0.00
Min. Received Signal Strength (dBm)	-139.40	-113.03
Path Loss		
Penetration Loss (dB)	0.00	
Area Coverage Probability	95.00 %	
Slow Fading Standard Deviation (dB)	6.00	
SFM (db)	3.02	3.02
Path Loss (dB)	154.38	157.71
Cell Radius		
UE Antenna Height (m)	1.50	
NodeB Antenna Height (m)	40.00	
Frequency (MHz)	1950	2140
Propagation Model	Okumura-Hata(Huawei)	
Cell Radius (km)	11.09	12.91
TCH Cell Radius (km)	11.09	
Pilot RSCP And EcIo Dimensioning For Simulation		
Pilot Power (dBm)	33.00	
Outdoor RSCP (dBm)	-113.75	
Pilot Channel Ec/Io (dB)	-15.91	

Figure IV.14: Dimensionnement –zone de données 2-

En effet, les stations de bases disposent d'une consigne très importante E_b/N_0 qui est un rapport entre l'énergie binaire du signal et celle du bruit et dont nous devons tenir compte lors du contrôle de puissance, que ce soit dans le lien montant ou bien descendant. Il est donc important de prendre en considération les valeurs requises pour le rapport E_b/N_0 et qui sont de 3.83 dB en UL et de 8.30 dB en DL.

Comme nous pouvons le constater, la force minimale du signal reçu doit être de -139.40 dBm concernant la liaison montante et de -113.03 dBm pour ce qui est de la liaison descendante.

Le RSCP (Received Signal Code Power), quant à lui, est égalà -113.75 dBm, il représente le niveau de puissance reçue de la fréquence pilote d'une station de base (Nœud B).

Dans le cadre de la 3G, le multiplexage est réalisé par code, plusieurs nœuds B peuvent transmettre sur la même fréquence avec des codes spécifiques. Autrement dit, le RSCP permet de calculerle niveau de puissance d'une station de base après démultiplexage du code.

- **Etape 04 :**

En cliquant sur pilot Link Budget nous obtenons les résultats suivants :

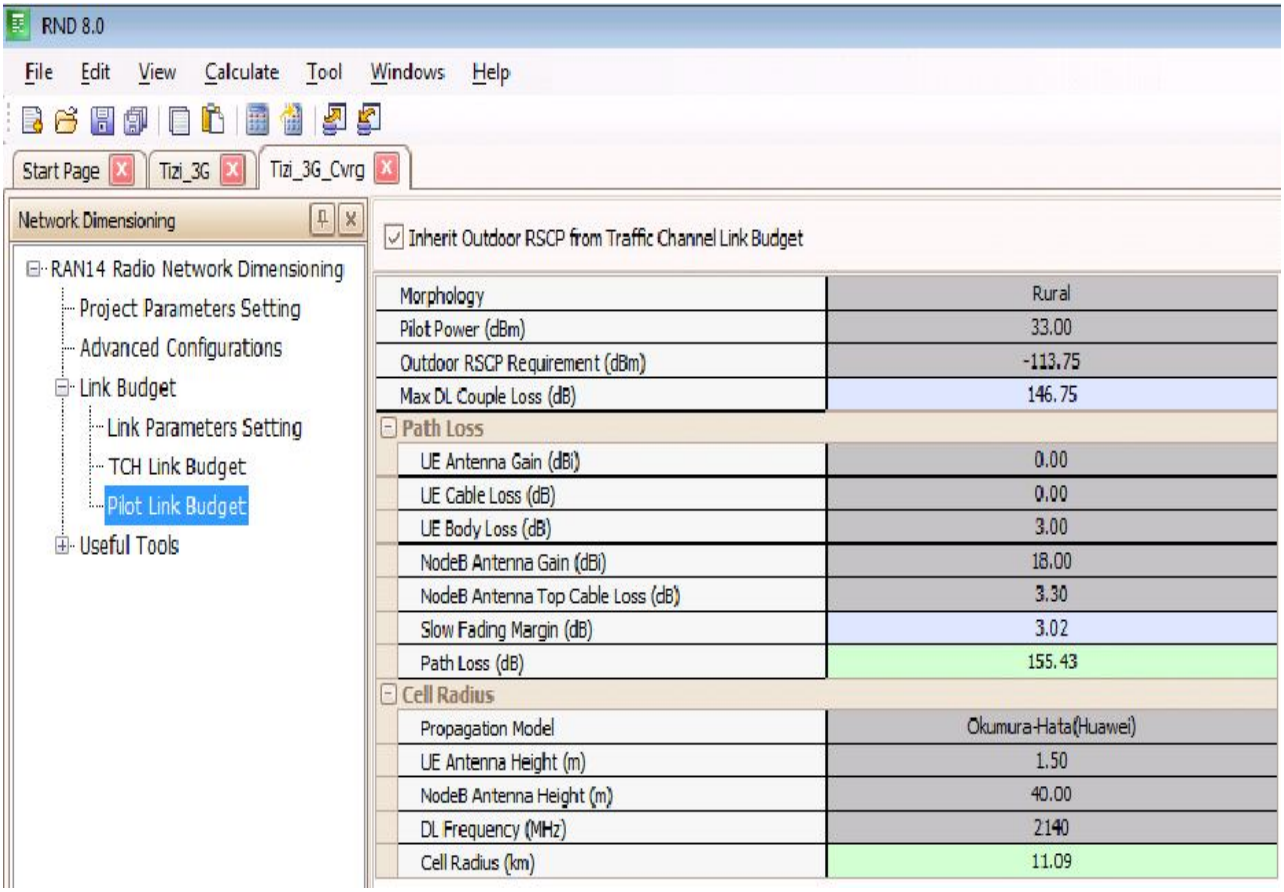


Figure IV.15 : détermination des pertes de propagations et le rayon de la cellule

Le pathloss toléré est alors de 155.43 db et d'après le résultat obtenu du logiciel RND8.0qu'on a utilisé, le rayon des cellules devrait être de 11.09 Km.

IV.6 Discussion :

Pour conclure, définir les bons paramètres concernant la capacité et la couverture lors du dimensionnement d'un réseau 3G est primordial pour assurer une bonne qualité de service. Pour ce qui est de la région que nous avons choisi une cellule ne peut accepter de nouveaux usagers au-delàs de 702 abonnés. Concernant ces derniers, la règle d'or est donc de satisfaire le maximum de clients en leurs garantissant la continuité des services offerts tout en tenant compte du temps et de leurs emplacement. L'établissement de niveaux de priorités pour les classes de services est primordial ; le type conversationnel doit donc primer sur les autres, offrir un résultat optimal en limitant les interférences et en garantissant une bonne qualité des signaux émis et reçus et ce sur de larges zones. Afin de couvrir convenablement la région choisie, le rayon des cellules devrait être de 11.09km.

Conclusion :

Le dimensionnement minutieux d'un réseau UMTS en incluant ses aspects et techniques avancées reste une tâche assez complexe mais indispensable vu qu'elle est la phase initiale du déploiement d'un réseau mobile de nouvelle génération.

L'objectif de ce mémoire est de comprendre les méthodes de dimensionnement des réseaux UMTS. La capacité et la couverture sont donc deux aspects étroitement liés et qui doivent être prises en compte simultanément dans le dimensionnement. Plusieurs paramètres sont à considérer lors de cette phase ; certains sont des paramètres par défaut, d'autres constituent des valeurs cibles. Il est important de respecter ces consignes pour garantir une bonne qualité de service.

Notre étude sur le dimensionnement s'est basée essentiellement sur les notions de capacité (le nombre maximal d'utilisateurs simultanés) et de couverture (portée maximale de la cellule). Nous avons pu voir les évolutions des réseaux mobiles et la touche spéciale qui caractérise particulièrement les réseaux mobiles de troisième génération et qui est d'offrir une large gamme de services multimédias en hauts débits.

Nous avons montré les caractéristiques de la technique WCDMA, pu constater l'intérêt d'utiliser l'étalement de spectre et qui est d'offrir de bonnes performances à la réception, le rapport signal sur bruit étant réduit au minimum et en ayant un débit élevé. Nous avons également défini les perturbations auxquelles les ondes électromagnétiques sont confrontées.

Nous avons parlé des paramètres intervenants lors du dimensionnement, décrit les différentes classes de services tout en déterminant la particularité de chacune d'elles en définissant leurs niveaux de priorité et leurs degrés de soumission à des contraintes temporelles.

Concernant le dernier chapitre, nous avons pu étudier le dimensionnement d'une zone rurale à l'aide du logiciel de dimensionnement RND (Radio Network Design), nous avons été amenées à respecter les consignes requises à la mise en place d'un réseau de troisième génération dont la qualité de service est satisfaisante.

En perspectives, nous proposons de développer la partie de dimensionnement de la puissance d'émission en termes de régulation en utilisant les techniques de l'automatique moderne.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Smith C., Collins D., 3G Wireless Networks, McGraw-Hill Professional, 2002.

[2] Kounine Mohamed Yacine., Mostefa Mohamed El Amine., Optimisation Radio d'un Réseau 3G., 2014.

[3] AssliBenslim., Salimi Mohamed., Gestion des appels et de la mobilité dans un réseau UMTS.

[4] Nihed BAHRIA EL ASGHAR.,Investigation de la gestion de la qualité de service dans les réseaux UMTS., Année universitaire 2006/2007.

[5] Mounia LOURDIANE, « CDMA à séquence directe appliqué aux communications optiques ».Thèse doctorale Ecole supérieure des télécommunications, spécialité Electronique et communication.31 Janvier 2005.

[6] Jingming Wang, Babak Daneshrad, Electrical Engineering Department University Of Califomia, Los Angeles, CA 90095 "A Comparative Study of MIMO Detection Algorithms for Wideband Spatial Multiplexing Systems," IEEE Communications Society / WCNC 2005.

[7] Céline GUILLEMINOT,ÉTUDE ET INTÉGRATION NUMÉRIQUE D'UN SYSTÈME MULTICAPTEURS.

[8]Ouvrage coordonné par Patrick Siarry., Mathématiques pour optimisation difficile

Éditions Eyrolles, 2003., ISBN : 2-212-11368-4.

[9] Kechkouche Mustafa., ETUDE DES services et applications offert par l'UMTS., Promotion IGE 24., 2004.

[10] Jeremy LAINE & Philippe VIGNERON.,Télécommunications numériques Le CDMA., Année 2000-2001 MODEX.

[11]Catherine VOISIN, "Définition d'un modèle d'optimisation pour le dimensionnement des réseaux de troisième génération", Mémoire de maîtrise en sciences appliqués, Université de MONTREAL, Ecole Polytechnique de MONTREAL, Décembre 2002.

[12]Thierry LUCIDARME, "Principes de radiocommunication de troisième génération GSM, GPRS, UMTS... ", Vuibert, Paris, 2002.

[13] Introduction au réseau UMTS Projet de Fin d'Etudes - 17 - 2005/2006.

[14**]** Edoardo AMALDI, Antonio CAPONE & Federico MALUCELLI, "*Planning UMTS Base Station Location: Optimization Modelswith Power Control and Algorithm*", IEEE Transactions on Wireless Communications, Sept. 2003**.**

[15] Ravelomanantsoa N.L.1, Andriamanohisoa H. Z.2, Randriamitantsoa P.A3., Planification radio pour le réseau 3G.,MADA-ETI, ISSN 2220-0673, Vol.1, 2014, www.madarevues.gov.mg.

[16] Dimensionnement et caractéristiques des réseaux mobile., étudie par BaassouChoukri., Ingénier d'état en Electronique.

[17] PLANIFICATION D'UN RESEAU CELLULAIRE UMTS.

[18] Mémoire de fin d'étude Planification cellulaire présenté par KOUADRI Houariet BESSADOK Houria.

[19] Alexandre Boyer., Rapport de projet Tuteuré Planification d'un réseau cellulaire UMTS A l'aide du logiciel ICS TELCOM.

[20] Maha HAMMOUDI., *Thème :* Analyse de l'Impact de la Sectorisation sur

la Capacité des Réseaux UMTS., *Option :*Réseaux et Services Mobiles., 2006.

[21] Sebti CHOUCHENE., RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES Thème :Conception et Réalisation d'un Outil d'Evaluation de Performances du Réseau

[22] Sofien Jouini Ericsson 3G Trial Network Optimization Major: Mobile Services and Networks., 2007.

Résumé

Pour les opérateurs des réseaux de téléphonie mobile, la question qui se pose aujourd'hui est de déployer un réseau 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.

L'objectif fondamental pour les opérateursdes réseaux 3G est d'offrir à leurs usagers la meilleure qualité de serviceQoS (Quality of Service) tout en garantissant une rentabilité maximale.Il est indispensable de déterminer les caractéristiques d'une bonne installation d'un réseau mobile lors de sa conception. Le dimensionnement d'un réseau UMTS est la phase initiale du déploiement d'un réseau mobile de nouvelle génération et qui consiste à déterminer les bons paramètres concernant la couverture, la capacité et qualité de services pour satisfaire les besoins et les exigences des opérateurs.Le dimensionnement minutieux d'un réseau UMTS en incluant ses aspects et techniques avancées reste une tâche assez complexe mais inévitable.

Nous entamons ce projet par une descriptiondes évolutions des réseaux mobiles en général. Ensuite nous présenterons les différentes techniques d'accès multiples et nous montrerons la touche qui distingue le réseau 3G de ceux qui le précède. Après nous verrons les paramètres intervenant lors de la phase dimensionnement et les étapes de cette dernière en prenant comme région d'étude Draa Ben Khedda.

Mots clefs : Dimensionnement, WCDMA, Capacité, couverture.