

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI, TIZI-OUZOU



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

Mémoire de fin d'études
Présenté en vue de l'obtention
du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique

Option : **Communication**

Thème:

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

Proposé et dirigé par :
Mr. RAMDANE Mohamed

Présenté par :
Mr. MOHAMED CHERIF Merzouk
Mr. RAMDANE Rafik

Co-promoteurs :
Mr. LAHDIRI Toufik
M^{elle}. HABANI Zohra

Année universitaire 2008/2009

Soutenu le :

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur Mr. RAMDANE Mohamed, enseignant au département Informatique. Votre encadrement, votre disponibilité, vos conseils, vos directives, vos encouragements et surtout votre rigueur tout au long de la réalisation de ce travail ont été sans failles et d'une importance capitale pour notre moral. Soyez en remerciés sincèrement.

Nous tenons également à présenter nos sincères remerciements à Mr. LAHDIRI Toufik, chef du centre MSC Tizi-Ouzou, de nous avoir permis de réaliser notre stage pratique. Tout particulièrement nous adressons nos profondes reconnaissances à Melle HABANI Zohra, Ingénieur radio à Mobilis et Copromotrice de ce projet, qui n'a épargné aucun effort pour le bon déroulement de ce travail.

Nos remerciements s'adressent à Mr TABBOU Youcef, Ingénieur de transmission chez l'opérateur Nedjma et Mr TAMANI Nordine, enseignant à l'INSIM.

Nous remercions tous ceux qui n'ont épargné aucun effort, de près ou de loin, pour nous permettre d'accomplir notre travail.

Enfin, nous tenons à exprimer l'honneur qui nous a été fait par les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail. Qu'ils trouvent ici nos reconnaissances et notre respect.

Dédicaces

A mes très chers parents

*Dont votre mérite, vos sacrifices m'ont permis de vivre ce jour :
Les mots me manquent pour exprimer toute la reconnaissance, la fierté
et le profond amour que je porte pour les sacrifices que vous avez
consentis pour ma réussite, que vous trouvez ici le témoignage de mon
attachement, ma reconnaissance, gratitude et respect, que Dieu vous
préserve bonne santé et longue vie.*

Tous mes sentiments de reconnaissance pour vous.

A mes très chers frères

Boussad et Hamid

A mon oncle

Ahcene et sa petite famille

A toute ma famille

A tous mes ami (e) s

Et exceptionnellement Boussad, Omar, Hocine et Hakim.

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

MERZOUK

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À mes très chers parents ;

À mes grands parents paternels et maternels ;

À mon frère Mohamed et mes sœurs Nora, Nacera ;

À mes chers Oncles et tantes ;

*À mes très chers amis(es) en particulier Kader,
Djaffar et Nafa ;*

À tous mes camarades de la promotion ;

À ma future épouse Thilleli ;

*Et à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la
réalisation de ce travail.*

RAMDANE RAFIK

SOMMAIRE

Introduction générale

CHAPITRE I : Présentation générale du réseau GSM et ses évolutions

Introduction.....	1
1. Historique.....	1
2. Présentation générale du réseau GSM.....	2
2.1. Concept cellulaire.....	3
2.2. Architecture du réseau GSM.....	4
2.2.1. Le sous système radio (BSS).....	5
a. La station mobile (MS).....	5
b. Station de base (BTS).....	5
c. Contrôleur de station de base (BSC).....	6
2.2.2. Sous système fixe (NSS).....	6
a. Le centre de commutation des mobiles (MSC).....	6
b. le registre de localisation nominale(HLR).....	6
c. L'enregistreur de localisation des visiteurs (VLR).....	6
d. L'AUC (AUthentication Center).....	7
e. L'EIR (Equipment Identity Register).....	7
2.2.3. Le sous système d'exploitation et de maintenance (OSS).....	7
a. Les OMC (Operating and Maintenance Center).....	7
b. Les NMC (Network Management Center).....	7
2.3. Signalisation sémaphore.....	8
2.4. L'interface radio.....	8
2.4.1. Fréquences de travail du GSM.....	8
2.4.2. Multiplexage temporel et fréquentiel.....	9
a. Multiplexage fréquentiel.....	9
b. Multiplexage temporel.....	9
2.4.3. Time slot.....	10
2.5. Architecture de protocoles pour l'accès au réseau.....	11
2.5.1. La couche physique (la couche 1).....	11
2.5.2. La couche liaison de données (la couche 2).....	11
2.5.3. La couche réseau (la couche 3).....	11
2.6. Les services du GSM.....	11

2.7. Les limites du GSM.....	11
3. Présentation générale du GPRS.....	12
3.1. Evolution du GSM vers le mode paquet GPRS.....	12
3.2. Présentation du GPRS.....	12
3.3. Architecture du GPRS.....	14
3.3.1. Les différents sous ensembles du réseau GPRS.....	14
a. Equipement utilisateur.....	14
b. Sous-système radio.....	14
c. Sous-système réseau GSM.....	15
d. Le sous-système réseau GPRS.....	15
3.3.2. Equipements du réseau.....	15
3.4. Les interfaces.....	16
3.5. Catégories de services.....	16
3.6. Localisation.....	17
3.7. Etats GPRS.....	17
3.8. Réception de données.....	18
3.9. Limites de GPRS.....	19
4. le réseau EDGE.....	19
Conclusion.....	20

CHAPITRE II : Etude du réseau UMTS

Introduction.....	21
1. Généralités sur le réseau 3G.....	21
1.1. Les objectifs du réseau 3G.....	21
1.2. Les collaborations internationales du réseau 3G.....	22
1.3. Structure du 3GPP.....	22
1.4. Caractéristiques du système 3G.....	23
1.5. Historique d'UMTS.....	23
1.6. Caractéristiques techniques de l'UMTS.....	24
2. Organisation temporelle et fréquentielle dans le réseau UMTS.....	25
2.1. Organisation fréquentielle.....	25
2.2. Organisation temporelle.....	25
3. Architecture du réseau UMTS.....	26
3.1. Architecture fonctionnelle.....	27
3.1.1. La strate d'accès (AS).....	27
3.1.2. La strate de non accès (NAS).....	27

3.2. Architecture physique.....	28
3.2.1. Domaine de l'équipement usager.....	28
3.2.1.1. Equipement mobile ME.....	28
3.2.1.2. La carte USIM.....	28
3.2.2. Domaine de l'infrastructure.....	28
3.2.2.1. Réseau cœur.....	28
3.2.2.2. Le réseau d'accès (UTRAN).....	29
a. Node B.....	29
b. RNC (Radio Network Controller).....	30
4. Récapitulatif des interfaces de l'UMTS.....	32
5. Interface radio de l'UTRAN.....	32
5.1. Les modes de transmission.....	32
5.1.1. Le mode FDD (Frequency Division Duplex).....	32
5.1.2. Le mode TDD (Time Division Duplex).....	32
5.2. Les canaux.....	33
5.2.1. Les canaux logiques.....	33
5.2.1.1. Les canaux logiques de contrôle.....	33
5.2.1.2. Les canaux logiques de trafic.....	33
5.2.2. Les canaux de transport.....	34
5.2.3. Les canaux physiques.....	34
5.3. Couches de protocoles radio de l'interface d'accès.....	34
5.3.1. Couche physique (couche 1).....	34
5.3.2. La couche de liaison de données (couche 2).....	35
5.3.2.1. La sous couche MAC.....	35
5.3.2.2. La sous couche RLC.....	35
5.3.2.3. La sous couche PDCP.....	35
5.3.2.4. La sous couche BMC.....	35
5.3.3. La couche de contrôle de la ressource radio RRC.....	35
6. Techniques d'accès multiples.....	36
6.1. Présentation du CDMA.....	36
6.1.1. Principe du CDMA.....	36
6.1.2. Le multiplexage des informations en CDMA.....	38
6.1.3. Le démultiplexage des informations en CDMA.....	38
6.2. L'étalement du spectre.....	39
6.3. Les codes utilisés dans l'UTRAN.....	40
6.4. Le scrambling.....	42
6.5. La modulation QPSK.....	43

6.6. Le protocole WCDMA.....	45
6.6.1. Concept WCDMA.....	45
6.6.2. Les multiplexages.....	45
6.6.3. Les avantages du WCDMA.....	47
6.6.4. Les contraintes du WCDMA.....	47
7. Les Services offerts par l'UMTS.....	48
Conclusion.....	50

CHAPITRE III : Découpage en cellule dans le réseau UMTS

Introduction.....	51
1. les cellules du réseau UMTS.....	51
2. Le contrôle de la mobilité par le réseau (handover).....	52
2.1. Le handover en GSM.....	52
2.2. Le handover en UMTS (soft handover).....	53
3. La gestion de la mobilité.....	54
4. Puissance des Pilotes.....	55
5. Macro-diversité.....	55
6. Evaluation des interférences.....	56
6.1. Interférences intracellulaires.....	56
6.2. Interférences intercellulaires.....	57
7. Le contrôle de la puissance.....	57
7.1. Le contrôle de puissance en boucle fermée.....	57
7.2. Le contrôle de puissance en boucle externe.....	58
7.3. Le contrôle d'admission en boucle ouverte.....	58
8. Réutilisation des fréquences dans les réseaux cellulaires.....	58
8.1. Cas GSM.....	58
8.2. Cas UMTS.....	59
9. Capacité et couverture de l'UMTS.....	59
9.1. Capacité.....	59
9.1.1. Les limites de capacité.....	59
9.2. Couverture.....	61
10. Les antennes.....	62
10.1. Définition.....	62
10.2. Les caractéristiques des antennes.....	62
10.2.1. Principe de réciprocité.....	62
10.2.2. Antenne isotrope.....	62

10.2.3. Directivité.....	63
10.2.4. Gain en puissance et rendement.....	63
10.2.5. Le diagramme de rayonnement.....	63
10.2.6. Tilts.....	64
10.2.7. Azimuts.....	64
10.3. Les types d'antenne.....	64
10.3.1. Antennes omnidirectionnelles.....	64
10.3.2. Antennes directionnelles.....	65
11. La propagation radioélectrique.....	65
11.1. Les modes de propagation.....	65
11.2. Les échelles de variation.....	67
11.2.1. Variation à grande échelle.....	67
11.2.2. Variation à moyenne échelle.....	67
11.2.3. Variation à petite échelle.....	67
11.3. Les modèles de propagation.....	68
11.3.1. Modèles macro cellulaires.....	68
11.3.1.1. Modèle de Hata.....	69
11.3.1.2. Modèle COST231-Hata.....	70
11.3.2. Modèles microcellulaires.....	70
11.3.3. Modèles indoor.....	71
12. Méthodologies de la planification WCDMA.....	71
12.1. Objectifs de la planification.....	71
12.2. Processus de planification WCDMA.....	72
12.2.1. Dimensionnement.....	72
12.2.2. Planification détaillée.....	73
12.2.3. Optimisation et maintenance.....	73
12.3. Processus de dimensionnement.....	73
12.3.1. La phase d'initialisation.....	74
12.3.2. Bilan de liaison.....	75
12.3.2.1. Paramètres du bilan.....	75
a. Paramètres de transmission.....	75
b. Paramètres de l'équipement utilisateur.....	75
c. Paramètres de la BTS.....	76
d. Autres paramètres.....	76
12.3.2.2. Bilan de liaison pour le lien descendant.....	77
12.3.2.3. Bilan de liaison pour le lien montant.....	78
12.3.3. Estimation du rayon de la cellule.....	78

12.3.4. Le nombre de cellules.....	78
12.3.5. Déploiement du réseau.....	79
Conclusion.....	79

CHAPITRE IV : Application

1. Description du projet.....	80
2. Description du logiciel.....	80
3. Description de la ville de Tizi-Ouzou.....	81
4. Processus de dimensionnement.....	83
4.1. Phase d'initialisation.....	83
4.2. Le bilan de liaison.....	84
4.2.1. Estimation des paramètres.....	84
4.2.2. Calcul analytique du bilan de liaison.....	86
4.2.2.1. Le bilan de liaison pour le lien montant.....	86
4.2.2.2. Le bilan de liaison pour le lien descendant.....	87
4.3. Calcul du rayon de la cellule.....	87
4.4. Estimation du nombre de sites.....	88
4.5. Déploiement du réseau UMTS.....	88
4.5.1. Gestion du modèle UMTS.....	89
4.5.2. Localisation des sites sur la zone de calcul.....	90
4.5.3. Simulation.....	91
a. Carte de couverture par émetteur.....	92
b. Carte par meilleur niveau du signal (Best signal level).....	93
c. Carte d'analyse de réception pilote (E_c/I_o).....	94
d. Carte de zone du recouvrement (zone overlapping).....	95
e. Carte de simulation de trafic en fonction des services offerts par le réseau.....	97
Conclusion.....	99

Conclusion générale

Bibliographie

Annexe

Glossaire

Table des figures

Figure I.1. Architecture cellulaire.....	3
Figure I.2. Architecture du réseau GSM.....	5
Figure I.3. Fréquences du GSM.....	8
Figure I.4. Multiplexage FDMA.....	9
Figure I.5. Multiplexage TDMA.....	9
Figure I.6. Détail d'un time slot.....	10
Figure I.7. Architecture du réseau GPRS.....	14
Figure I.8. Réception des données en GPRS.....	18
Figure II.1. Utilisation de la bande de fréquences pour l'UMTS.....	25
Figure II.2. Structure de trame de l'UMTS.....	25
Figure II.3. Architecture du réseau UMTS.....	26
Figure II.4. Architecture du réseau cœur.....	29
Figure II.5. Architecture de l'UTRAN.....	31
Figure II.6. Les modes FDD et TDD.....	33
Figure II.7. Couche de protocoles de l'interface radio.....	36
Figure II.8. L'accès CDMA.....	37
Figure II.9. Encodage à l'émission.....	38
Figure II.10. Décodage à la réception.....	39
Figure II.11. Le spectre d'un signal CDMA.....	40
Figure II.12. Les codes OVSF.....	41
Figure II.13. Exemple d'utilisation de corps OVSF.....	42
Figure II.14. Mécanisme de scrambling.....	43
Figure II.15. Le schéma simplifié d'un modulateur.....	44
Figure II.16. La modulation QPSK.....	44
Figure II.17. Le diagramme de phase de la modulation QPSK.....	45
Figure II.18. Le FDD-WCDMA.....	46
Figure II.19. Le TDD-WCDMA.....	46
Figure II.20. Les caractéristiques des services de l'UMTS.....	50
Figure III.1. Couverture globale de l'UMTS.....	52
Figure III.2. Le hard handover.....	53
Figure III.3. Le soft handover.....	54
Figure III.4. Soft handover impliquant deux Node B.....	54
Figure III.5. Influence du tilt et de la puissance du Canal pilote sur la couverture.....	55
Figure III.6. Etablissement de deux liens radio.....	56
Figure III.7. Réutilisation des fréquences en GSM.....	58
Figure III.8. Réutilisation d'une seule fréquence en UMTS.....	59
Figure III.9. Capacité des récepteurs CDMA.....	60
Figure III.10. Effet de respiration de cellule.....	61
Figure III.11. Exemple de diagramme d'une antenne.....	63

Figure III.12. Azimut et tilt d'une antenne.....	64
Figure III.13. Exemple d'une antenne omnidirectionnelle.....	64
Figure III.14. Antennes Tri-sectorielle et 6-sectorielle.....	65
Figure III.15. Phénomène de réflexion.....	66
Figure III.16. Phénomène de réfraction.....	66
Figure III.17. Phénomène de diffusion.....	66
Figure III.18. Phénomène de diffraction.....	67
Figure III.19. Influence du Pathloss, Shadowing et Faste Fading sur le signal reçu par leRécepteur.....	68
Figure III.20. Méthodologies de planification en WCDMA.....	72
Figure III.21. Processus de dimensionnement.....	74
Figure III.22. Processus de calcul du rayon de couverture.....	79
Figure IV.1. L'interface de logiciel Atoll.....	81
Figure IV.2. La zone d'étude.....	82
Figure IV.3. Relief de la ville Tizi-Ouzou.....	82
Figure IV.4. Processus du déploiement du réseau UMTS.....	89
Figure IV.5. Propriétés des sites.....	90
Figure IV.6. Localisation des sites.....	91
Figure IV.7. Carte de couverture par émetteur.....	92
Figure IV.8. Carte de couverture après relocalisation et suppression des secteurs.....	93
Figure IV.9. Carte par meilleur niveau du signal.....	94
Figure IV.10. Carte d'analyse de réception pilote.....	95
Figure IV.11. Carte de zone de recouvrement.....	96
Figure IV.12. Carte de simulation de trafic.....	97

Liste des tableaux

Tableau 1. Les interfaces du GPRS.....	16
Tableau 2. Les analogies des réseaux GSM-UMTS.....	26
Tableau 3. La répartition AS/NAS des fonctions UMTS.....	27
Tableau 4. Récapitulatif des interfaces.....	32
Tableau 5. Relation entre l'étalement et le scrambling.....	43
Tableau 6. Récapitulatif sur les services de l'UMTS.....	50
Tableau 7. Les conditions de validité du modèle de Hata.....	69
Tableau 8 : Les valeurs de K par type d'antenne.....	78
Tableau 9. Exigence de l'opérateur.....	84
Tableau 10. Estimation des paramètres pour le lien montant.....	84
Tableau 11. Estimation des paramètres pour le lien descendant.....	85
Tableau 12. Calcul du bilan de liaison pour le lien montant.....	86
Tableau 13. Calcul du bilan de liaison pour le lien descendant.....	87

Introduction générale

Introduction générale.

L'histoire des réseaux radio mobiles s'est bâtie sur les différentes générations de système radio.

La première génération de téléphonie mobile (notée 1G) possédait un fonctionnement analogique et était constituée d'appareils volumineux. Mais avec l'apparition d'une seconde génération entièrement numérique, les réseaux de première génération sont devenus obsolètes.

Grâce aux réseaux 2G, il est possible de transmettre la voix ainsi que les données numériques de faible volume (par exemple SMS). Dans la 2G, la norme GSM permet un débit maximal de 9,6 Kb/s. L'augmentation des besoins en capacité et débit a engendré plusieurs évolutions (le GPRS suivis de l'EDGE) qui permettaient d'étendre l'architecture du standard GSM afin d'autoriser le transfert de données par paquets. Ces différentes évolutions ont servi de transition vers les systèmes de troisième génération (UMTS).

L'UMTS propose d'atteindre des débits supérieurs à 144 Kb/s, ouvrant ainsi la porte à des usages multimédias tels que la transmission de la vidéo, la visioconférence ou l'accès à internet haut débit.

L'essor formidable des réseaux radio mobiles au cours de ces dernières années est dû en grande partie aux possibilités de communication offertes par ces systèmes en situation de mobilité et d'itinérance. Pour satisfaire les besoins des clients en situation de mobilité, les opérateurs doivent porter une attention toute particulière à la phase de conception du réseau radio : Localisation des émetteurs et paramétrages de leurs ressources, c'est-à-dire la phase de planification.

La planification des réseaux mobiles de deuxième génération type TDMA s'effectue en deux étapes. La première consiste à déterminer l'emplacement des stations de base afin d'assurer la couverture. La seconde étape a pour but d'attribuer des bandes de fréquences aux stations de base afin de répondre à un besoin de trafic. Dans le cas de l'UMTS, cette approche n'est pas valide car toute la bande disponible est partagée par tous les mobiles. Il n'y a donc pas d'attribution de fréquence comme en GSM. De plus, le nombre d'utilisateurs que peut servir une cellule n'est pas limité par un nombre de canaux disponibles mais plutôt par le niveau d'interférence tolérable.

Le déploiement d'un réseau UMTS constitue un investissement colossal lié essentiellement au coût des infrastructures. La mise en place du réseau d'accès radio représente une partie majoritaire du total des investissements en infrastructures. Dans ce contexte, l'optimisation des réseaux d'accès radio devient, pour un opérateur, un enjeu de taille

permettant d'économiser les coûts de la mise en œuvre, en réduisant le nombre de sites à déployer, tout en garantissant une bonne qualité de service aux utilisateurs.

Nous nous intéressons dans ce projet à la mise en pratique de la technique ou du procédé de découpage des zones géographiques en cellules (dimensionnement), cas du réseau UMTS.

Pour ce faire et pour mener à bien notre travail, nous avons opté pour la démarche suivante :

Nous commencerons par la Présentation générale du réseau GSM et ses évolutions. Puis une étude des caractéristiques du réseau UMTS. Ensuite, nous étudierons la technique de découpage des zones géographiques en cellules dans le système UMTS, après, nous exploiterons les paramètres de découpage dans un cas pratique, en proposant un dimensionnement optimal cellulaire du réseau UMTS pour la ville de Tizi-Ouzou et enfin nous terminerons par une simulation du découpage proposé en utilisant un logiciel sophistiqué de planification radio « ATOLL ».

Chapitre I

Présentation générale du
réseau GSM et ses évolutions

Introduction.

L'objectif premier de la norme GSM était avant tout la fourniture d'un service de téléphonie, d'envoi et de réception de message court (SMS) et de service de données bas débit en mode circuit (jusqu'à 9,6 Kb/s). La norme a par la suite évolué en intégrant des services de données offrant des débits plus élevés en mode paquet (GPRS :General Packet Radio Service).cette nouvelle technique introduite dans la norme GSM permet théoriquement à un utilisateur de donnée de bénéficier de débits allant jusqu'à 171,2 Kb/s.

La dernière évolution en date du GSM est le EDGE(Enhanced Data rates for GSM Evolution)qui devrait même offrir des débits allant jusqu'à un maximum théorique de 345,6 Kb/s.

Pour mieux comprendre cela, ce premier chapitre sera dédié à la présentation générale du réseau GSM et ses évolutions (GPRS,EDGE). En introduisant au préalable un aperçu historique sur les réseaux cellulaires de première génération et de deuxième génération.

1. Historique.

Première génération. [1]

C'est à la fin des années 1970 et début des années 1980 que les systèmes mobiles de première génération ont fait un saut en avant surtout au niveau de la mobilité et de la capacité.

Ces systèmes de première génération ne transmettent la voix que de façon analogique. Les plus importants sont NMT, AMPS et TACS.

NMT (Nordic Mobile Telephone) ce système a été mis en service en 1981, fonctionnant au début dans la bande des 450 MHz puis dans la bande des 900MHz.

AMPS (Advanced Mobile Phone Service) est le système analogique le plus utilisé, a fait son apparition à Chicago en 1983.Ce système à recours à la technique AMRF (Accès Multiple par Répartition en Fréquence) dans la bande de fréquences des 800-900 MHz.

TACS (Total Access Communication System) a été exploité au Royaume –Uni en 1985.il a été conçu à partir du système AMPS pour fonctionner à la fois dans la bande des 800MHz et dans celle des 900MHz.

Mais ces systèmes avaient des handicaps. Le premier handicap était le nombre de communications simultanées dans une même cellule qui était faible. Ceci conduira les opérateurs à rester impuissants devant la saturation de leurs réseaux. Le second handicap vient du fait que chaque pays édicte souverainement sa norme, si bien que les systèmes de radiocommunications sont incompatibles d'un pays à l'autre.

Ceci incitera l'apparition des nouvelles technologies et des nouveaux standards qui feront face à ces contraintes.

Deuxième génération. [2]

Vers la fin des années 80, les services de communications cellulaires connaissent un développement sans précédent, rendu possible par l'existence de technologies numériques dites 2^{ème} génération. Par rapport aux techniques analogiques qui existaient auparavant, les techniques cellulaires numériques apportent de nombreux avantages :

- Augmentation de la capacité du réseau grâce à une utilisation efficace du spectre radioélectrique.
- Compatibilité avec le réseau téléphonique commuté (RTC).
- Acheminement des données à travers le spectre des fréquences radioélectriques, envoi et réception de messages courts (SMS, Short Message Service).
- Perfectionnement de la sécurité des transmissions de la voix et des données.
- Faible consommation en énergie, ce qui rend le téléphone portable plus compact et plus léger en réduisant la taille des batteries.

GSM étant l'une des plus populaires des technologies numériques de deuxième génération. Il est destiné initialement à la transmission de la parole. La question du débit se fait nettement ressentir. En effet, le GSM ne propose qu'un débit de 9,6kbits/s, ce qui est ridicule pour pouvoir garantir des services supplémentaires pour les abonnés (l'internet mobile, MMS, Visiophonie,...).

D'où l'apparition du GPRS « **2,5G** » (**General Packet Radio Service**), qui permettra d'augmenter les débits jusqu'à 171,2 Kb/s (débit théorique maximal).

2. Présentation générale du réseau GSM.

Le système de téléphonie cellulaire GSM (Global System for Mobile communications) est largement utilisé à travers le monde. Le GSM était à l'origine une norme européenne, il est passé par un long processus de normalisation géré par l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute). [3]

L'objectif premier du réseau GSM était avant tout la fourniture d'un service de téléphonie, en apportant en plus la possibilité de communiquer entre abonnés mobiles (GSM) et abonnés du réseau téléphonique commuté (RTC, réseau fixe) et la possibilité d'envoi et de réception de messages courts (SMS). [3]

2.1. Concept cellulaire.

Un réseau est dit cellulaire si ce dernier est découpé en « cellules », qui sont des petites zones où se trouvent une série d'équipements de radiotéléphonie. Cette architecture se justifie par l'économie en consommation électrique des équipements, ainsi que par l'économie du spectre hertzien. Les réseaux de première génération possédaient des cellules de grande taille (50 [km] de rayon) au centre desquelles se situait une station de base (antenne d'émission/réception). Au tout début, ce système allouait une bande de fréquences de manière statique à chaque utilisateur qui se trouvait dans la cellule qu'il en ait besoin ou non. Ce système ne permettait donc de fournir un service qu'à un nombre d'utilisateurs égal au nombre de bandes de fréquences disponibles. La première amélioration consistait à allouer un canal à un utilisateur uniquement à partir du moment où celui-ci en avait besoin, permettant ainsi d'augmenter statistiquement le nombre d'abonnés, étant entendu que tout le monde ne téléphone pas en même temps.

Dans le réseau GSM, deux cellules directement voisines utilisent des fréquences différentes, mais des cellules assez éloignées peuvent utiliser les mêmes fréquences sans interférer l'une avec l'autre (réutilisation des fréquences). Ces dernières sont généralement représentées sous la forme d'hexagones (figure I.1).

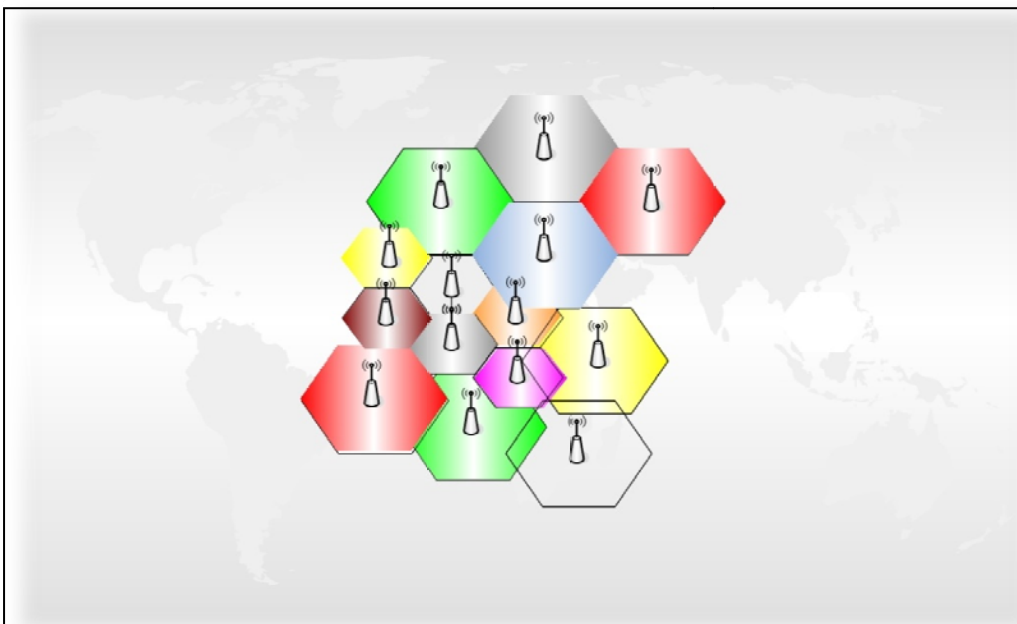


Figure I.1. « Architecture cellulaire »

Pour augmenter la capacité du réseau afin d'accueillir un plus grand nombre d'abonnés, il faut réduire la taille des cellules. C'est pour cela les opérateurs téléphoniques minimisent la taille de leurs cellules dans des zones où la densité de population est élevée et vice versa.

Afin d'améliorer la couverture de réseau, généralement dans un pays entier, la planification des cellules par l'opérateur doit suivre les critères suivants :

- Deux cellules adjacentes ne peuvent pas utiliser des fréquences similaires à cause des phénomènes d'interférences.
- L'interférence ne causera aucun dommage sur le système si la distance d'environ 2,5 à 3 fois le diamètre d'une cellule est réservée entre les émetteurs (réutilisation des fréquences).
- Les cellules voisines ne doivent pas partager des canaux similaires, afin d'éviter les interférences.
- Le niveau de puissance d'un émetteur à l'intérieur d'une cellule doit être limité afin de réduire l'interférence.
- Pour permettre à un utilisateur passant d'une cellule à une autre sans que la communication soit interrompue, il est nécessaire que les zones de couverture se recouvrent de 10 à 15%.

Dans l'architecture cellulaire, deux problèmes émergent :

- La localisation d'un utilisateur (paging), il faut savoir dans quelle cellule l'abonné se trouve.
- La mobilité de l'utilisateur. En effet, un utilisateur doit pouvoir passer d'une cellule à une autre de manière transparente, appelée handover pour qu'il n'y ait pas d'interruption de la communication.

2.2. Architecture du réseau GSM. [4]

Le système GSM (Global System for Mobile communication) c'est la première norme de la téléphonie cellulaire de seconde génération, c'est-à-dire qui soit pleinement numérique. Le réseau GSM a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles et abonnés du réseau téléphonique commuté (RTC).

Le réseau GSM est découpé en trois sous ensembles :

- Le sous système radio (BSS, Base Station Sub system).
- Le sous système d'acheminement appelé couramment réseau fixe (NSS, Network Sub System).
- Le sous système d'exploitation et de maintenance (OSS, Operation Sub System).

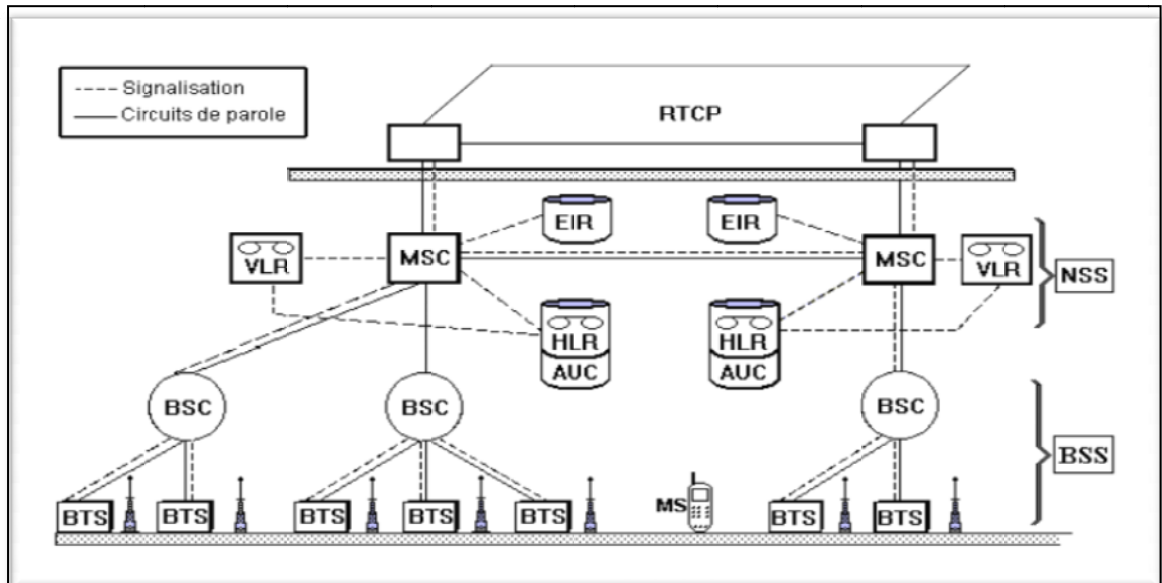


Figure I.2. « Architecture du réseau GSM »

2.2.1. Le sous système radio (BSS).

Le BSS assure les transmissions radioélectriques et gère la ressource radio.

Il comprend :

- Les stations mobiles (MS, Mobile Station).
- Les BTS (Base Transceiver Station).
- Le BSC (Base Station Controller).

a. La station mobile (MS).

Le terme station mobile désigne un équipement terminal muni d'une carte SIM (Subscriber Identity Module).

Le terminal mobile est l'appareil utilisé par l'abonné, chaque terminal mobile est identifié par un code unique IMEI (International Mobile station Equipment Identity), ce code est vérifié à chaque utilisation, permet la détection et l'interdiction des terminaux volés.

La carte SIM est une carte à puce qui contient dans sa mémoire les codes IMSI, ISDN...

b. Station de base (BTS).

La BTS est un ensemble d'émetteurs –récepteurs pilotant une ou plusieurs cellules. Elle est chargée de la transmission radio : modulation, démodulation, codage, correction d'erreur,....

c. Contrôleur de station de base (BSC).

Le contrôleur de station de base c'est l'organe intelligent du BSS. Le BSC est relié à plusieurs BTS et à un MSC. Il a pour fonction principale de gérer la ressource radio. Il commande l'allocation des canaux, utilise les mesures effectuées par la BTS pour contrôler les puissances d'émission du mobile et de la BTS, prend la décision de l'exécution d'un handover.

2.2.2. Sous système fixe (NSS).

Le NSS comprend des bases de données et des commutateurs :

- Les MSC (Mobile services Switching Center).
- Le HLR (Home Location Register).
- Le VLR (Visitor Location Register).
- L'AUC (AUthentication Center).
- L'EIR (Equipment Identity Register).

a. Le centre de commutation des mobiles (MSC).

Le MSC est le cœur du réseau GSM, il est relié au sous système radio via l'interface A, il gère plusieurs BSC. Son rôle principal est d'assurer la commutation entre les données du réseau mobile et celles du réseau commuté public (RTCP).

Il gère aussi l'établissement des communications entre un mobile et un autre MSC, l'exécution du handover lorsqu'il y est impliqué. Il dialogue avec le VLR pour gérer la mobilité des usagers : vérification des caractéristiques des abonnés visiteurs lors d'un appel.

b. le registre de localisation nominale (HLR).

Le HLR (Home Location Register) est la base de données globale du réseau GSM, dans laquelle les profils de services des abonnés, la localisation des abonnés et la gestion de la sécurité sont enregistrés.

c. L'enregistreur de localisation des visiteurs (VLR).

Le VLR (Visitor Location Register) est la base de données locale qui contient temporairement les informations dynamiques relatives aux abonnés de passage dans le réseau, ces informations proviennent du HLR auquel l'abonné appartient. Ce transfert d'information ne se fait qu'une seule fois et n'est effacé que lorsque l'abonné éteint son appareil ou quitte la région du MSC. A chaque changement de cellule d'un abonné, le réseau doit mettre à jour le VLR du réseau visite et le HLR de l'abonné, d'où un dialogue permanent entre les bases de données du réseau.

d. L'AUC (Authentication Center).

L'AUC est la base de données, a pour but de mémoriser pour chaque abonné une clé secrète utilisée pour l'authentifier d'utilisateur et pour crypter les communications afin d'assurer la confidentialité de chaque appel.

e. L'EIR (Equipment Identity Register).

L'EIR (Equipment Identity Register) est la base de données dans laquelle sont enregistrés les numéros d'identification des terminaux mobiles au sens matériel avec l'IMEI (International station Mobile Equipment Identity). L'EIR maintient éventuellement des listes d'équipements volés ou interdits.

2.2.3. Le sous système d'exploitation et de maintenance (OSS).

Cette partie du réseau s'occupe de la gestion et de l'exploitation des deux sous réseau décrits précédemment. Les concepteurs du GSM ont adopté une structure hiérarchique, elle présente deux niveaux :

a. Les OMC (Operating and Maintenance Center).

L'OMC est le centre d'exploitation et de maintenance qui permet une supervision locale des équipements, plusieurs OMC supervisent les BTS et les BSC de plusieurs cellules, il regroupe trois activités principales de gestion : la gestion administrative et la gestion commerciale qui s'intéressent aux abonnés en termes de création, modification des comptes et de la facturation des appels. La gestion technique des équipements permet de garantir le bon fonctionnement des matériels, il gère notamment les alarmes, les pannes, la sécurité, la mise à jour des logiciels...etc.

Dans l'OMC, on distingue l'OMC/R (l'OMC Radio) qui est relié à travers les BSC au sous système radio. L'OMC/S (l'OMC System) qui est relié à travers les MSC au sous système réseau. Il y a aussi l'OMC/M (l'OMC Maintenance) qui contrôle les OMC/R et les OMC/S.

b. Les NMC (Network Management Center).

Le NMC permet l'administration générale de l'ensemble du réseau par un contrôle centralisé. Ainsi, les incidents majeurs transmis à l'OMC remontent jusqu'au NMC qui les traite.

2.3. Signalisation sémaphore. [5]

La Signalisation Sémaphore 7 est le système de signalisation prédominant dans les réseaux téléphoniques commutés et les réseaux mobiles. La SS7 est une signalisation purement numérique. Il est adapté pour des transmissions utilisant des voies à 64 kbit/s. un canal sémaphore à 64 kbit/s peut typiquement gérer 2000 circuits.

Le système de signalisation SS7 a pour fonctions principales :

- Gestion des appels de base (établissement, maintenance, rupture).
- Gestion de la mobilité (identification, authentification, localisation).
- Acheminement de messages courts.

Les avantages de la signalisation sémaphore numérique sont :

- Possibilité de transfert de la signalisation pure indépendamment de l'établissement d'un circuit.
- Le temps de connexion réduit.
- Possibilité de transférer la signalisation à fort débit pendant une communication sans que l'utilisateur ne soit gêné.
- Possibilité de réserver les circuits pour un appel seulement lorsque le correspondant demandé est réellement joignable.

2.4. L'interface radio. [6]

Le GSM est un système à accès multiple à répartition dans le temps, travaillant sur des bandes moyennes (200 kHz), à duplexage fréquentiel où plusieurs communications simultanées peuvent être multiplexées sur un même couple de fréquences.

2.4.1. Fréquences de travail du GSM.

La bande allouée au système est séparée en 2 sous bandes d'égale importance :

- Bande : 935-960 MHz du mobile vers la station de base (voie montante).
- Bande : 890-915 MHz de la station de base vers le mobile (voie descendante)

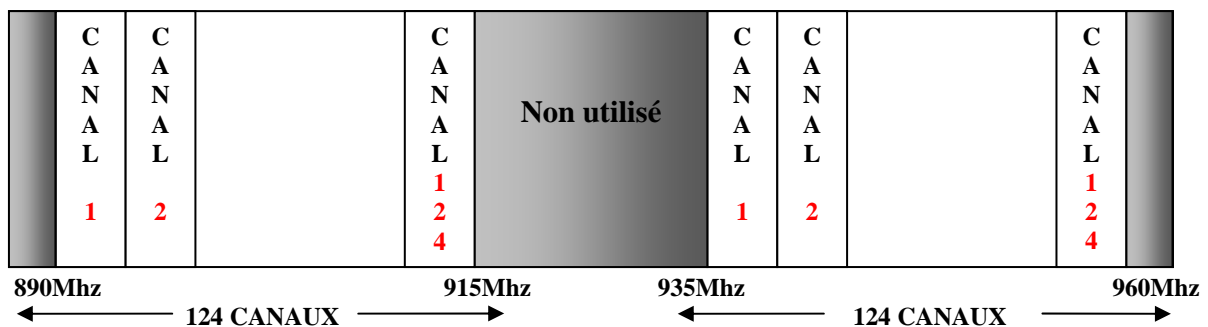


Figure I.3. « Fréquence de travail du GSM »

Chaque sous bande est divisée en canaux fréquentiels de 200 kHz. Un canal véhicule un signal modulé autour d'une fréquence porteuse qui siège au centre de la bande.

2.4.2. Multiplexage temporel et fréquentiel. [3]

a. Multiplexage fréquentiel.

Les systèmes analogiques de 1^{ère} génération sont des systèmes FDMA (Frequency Division Multiple Access). Le FDMA est un partage en fréquence, le principe est de réserver à chaque usager une portion du spectre disponible, qui sera utilisée pendant toute la durée de la communication (figure I-4).

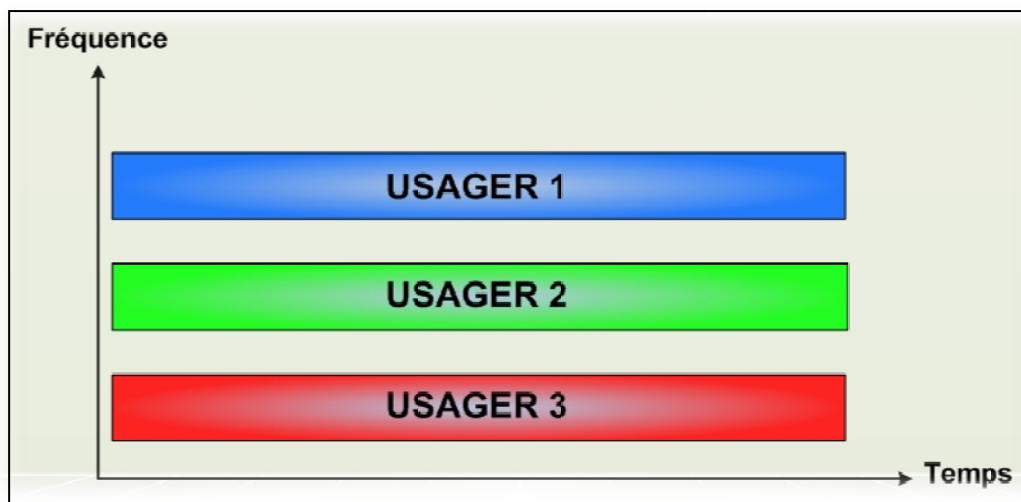


Figure I.4. « Multiplexage FDMA »

b. Multiplexage temporel.

TDMA (Time Division Multiple Access). Les usagers de ce système utilisent tous la même bande de fréquence f , le partage de la ressource est effectué au travers de l'allocation d'un intervalle de temps propre à chaque usager

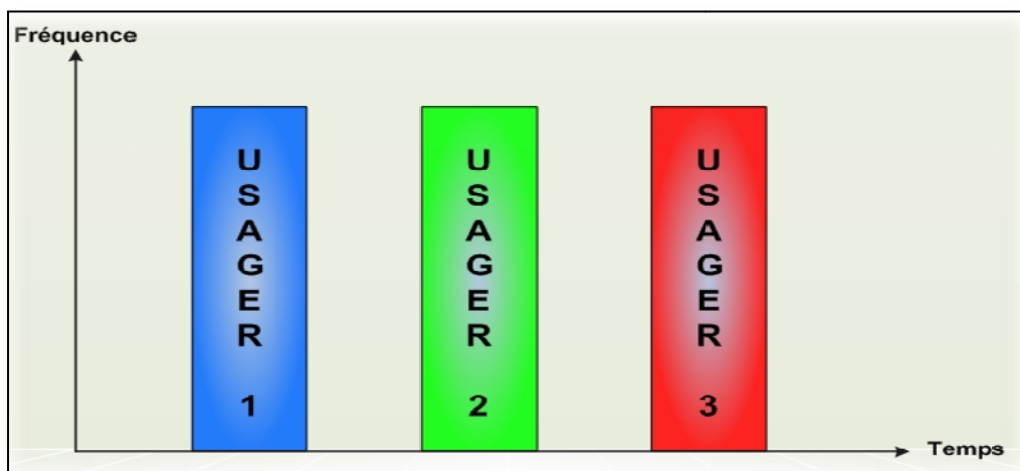


Figure I.5. « Multiplexage TDMA »

2.4.3. Time slot.

Une trame TDMA est composée de 8 time slots, ce qui permet dans GSM de faire travailler jusqu'à 8 mobiles différents sur la même fréquence (chaque porteuse est divisée en 8 time slots).

La durée d'un slot a été fixée pour le GSM à 7500 périodes du signal de référence fourni par un quartz de 13 MHz qui rythme tous les mobiles. La figure I-6 représente les détails d'un time slot. [7]

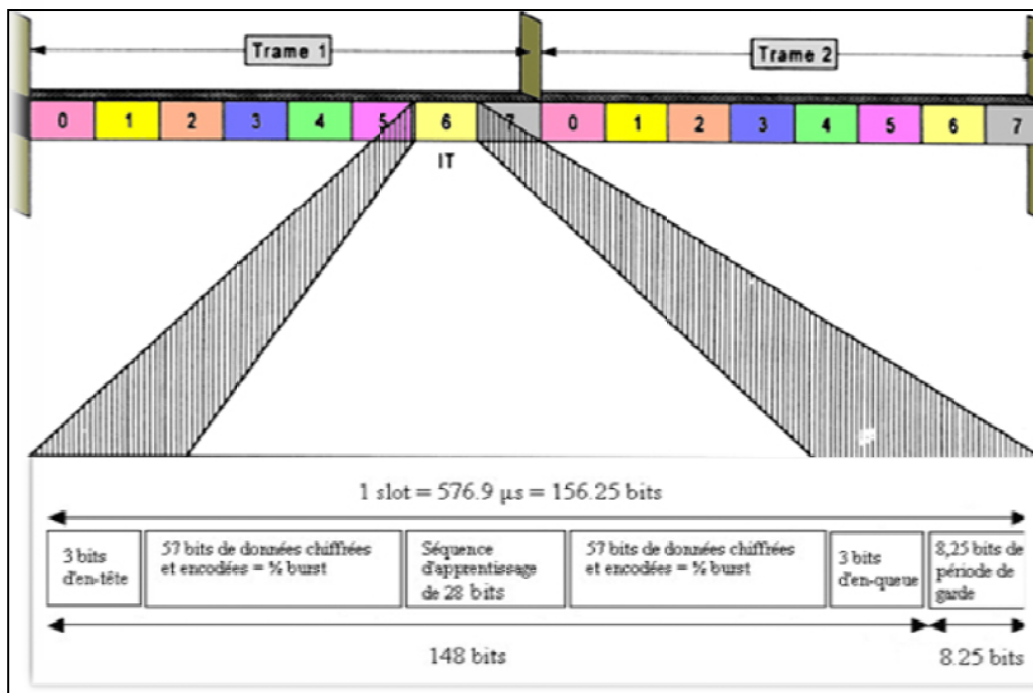


Figure I.6. « Détail d'un time slot »

Un time slot est composé de plusieurs parties :

- En-tête.
- En queue.
- Burst : élément du signal transmis. C'est dans cet élément que se trouvent les données. Il est divisé en deux sous parties, ceci sert pour l'entrelacement des trames.
- Séquence d'apprentissage : suite d'éléments binaires possédant des caractéristiques particulières d'auto corrélation. Elle permet au récepteur de se synchroniser sur l'émetteur et d'analyser la qualité du signal reçu.
- Période de garde : utilisée pour éviter les chevauchements entre les slots.

2.5. Architecture de protocoles pour l'accès au réseau : [5]

Dans le BSS, on retrouve principalement les trois couches base de l'OSI : couche physique, couche liaison de données et couche réseau.

2.5.1. La couche physique (la couche 1) :

Définit l'ensemble des moyens de transmission et de réception physique de l'information. Cette couche effectue plusieurs opérations tel que : codage, correction d'erreur et multiplexage des canaux logiques.

2.5.2. La couche liaison de données (la couche 2) :

Cette couche a pour objet de fiabiliser la transmission entre deux équipements par un protocole.

2.5.3. La couche réseau (la couche 3) :

A pour objet d'établir, de maintenir et de libérer des circuits commutés avec un abonné fixe.

2.6. Les services du GSM :

Le réseau GSM permet de fournir des services déjà existants dans les réseaux fixes et, de plus, il fournit des services supplémentaires :

- Transmission de la voix.
- Les données (le WAP, le fax).
- Les messages courts (SMS) qui peuvent être : messages courts vers un mobile en point à point ou des messages en diffusion (d'un point vers des mobiles).
- Les services supplémentaires (renvoi d'appel, double appel, facturation...).

2.7. Les limites du GSM. [2]

Ces apports majeurs à la norme GSM, dont on peut raisonnablement penser qu'ils seront les derniers, se situent à la frontière entre la technologie des réseaux de deuxième génération et des réseaux de troisième génération. C'est pourquoi on parle de services 2,5G.

L'architecture des systèmes GSM ayant été définie à la fin des années 80, d'importants compromis ont été nécessaires, liés à la nécessité de maintenir une certaine compatibilité avec les réseaux en service. Il en résulte de sérieuses limitations au niveau du service rendu à l'utilisateur. Parmi ces limitations on cite :

- Débit limité à 9,6kbits/s, ce qui est ridicule pour pouvoir garantir des services supplémentaires pour les usagers.
- Temps d'établissement long : 20-25 secondes.

- Facturation selon le temps de connexion et non pas en fonction du volume de données transférées.
- Pas de souplesse dans l'adaptation du débit.
- Interconnexion complexe avec le réseau paquet.

D'où l'apparition du GPRS dite technologie « 2,5 ».

3. Présentation générale du GPRS (General Packet Radio Service).

3.1. Evolution du GSM vers le mode paquet GPRS. [7]

GPRS est le premier protocole à commutation par paquets dans le monde de l'Internet mobile, et constitue une couche supplémentaire à un réseau GSM existant.

Commutation par paquet est un Processus d'acheminement dans lequel les messages sont découpés en paquets, chaque paquet comportant les adresses nécessaires à son routage; dans les nœuds du réseau, ces paquets sont reçus dans une file d'attente et retransmis, après analyse des adresses, sur la voie de transmission appropriée; à l'arrivée, on reconstitue les messages à partir des paquets reçus.

Puisqu'un paquet n'occupe une voie que pendant sa transmission, la voie est ensuite disponible pour la transmission d'autres paquets appartenant soit au même message, soit à d'autres messages.

Avec le service GPRS les données sont transmises par paquets avec un débit plus élevé (jusqu'à 171,2 kbit/s) ce qui diminue ainsi le temps de téléchargement des pages WEB.

GPRS est une technologie datant de la fin des années 1990. Les deux grandes phases du GPRS sont 1997 et 1999, et marquent une avancée vers les premiers tests. Et ce n'est qu'à partir du début 2002, que le GPRS arrive sur le marché. En effet, les opérateurs de téléphonie mobile ont dû mettre en place un certain nombre d'équipements et les déployer au fur et à mesure bien que GPRS utilise en partie le réseau GSM.

3.2. Présentation du GPRS.

GPRS spécifie une technique de transmission de données en « commutation de paquets », permettant ainsi de ne pas mobiliser de canal de communication, et donc autorisant une tarification plus souple pour l'utilisateur.

Outre cet avantage non négligeable, GPRS permet d'atteindre un débit théorique maximal de 171,2 kbits/s, ce qui correspond à débit d'environ 115 kbits/s pour l'utilisateur final dans des conditions optimales.

En fait, GPRS utilise les mêmes fréquences attribuées au GSM, utilise la même technique pour transmettre les données que dans GSM, à savoir la technique de multiplexage temporel, dite TDMA. Etant donné qu'une bande de fréquence dans GSM peut véhiculer 8 fois le débit d'une conversation téléphonique, on va alors segmenter le temps d'émission/réception en 8 intervalles de temps répétés à l'infini que l'on appellera « slot » ou « time slot ».

Un time slot est en fait un canal capable de transporter de l'information telle que de la voix ou encore des données. Une séquence de ces 8 slots est appelée une trame TDMA.

La différence entre GSM et GPRS est que GSM n'utilise qu'un time slot par trame TDMA, tandis que GPRS a la possibilité d'allouer jusqu'à 8 time slots (qui est le maximum) sur une seule trame pour transporter les données. Ce qui lui permet d'afficher un débit de 171,2 Kb/s.

GPRS possède les avantages suivants :

- Fournir une connexion permanente indispensable pour les transmissions de données.
- Ne pas nécessiter de connexion préalable entre les deux correspondants, ce qui réduit le temps d'établissement de la communication.
- La possibilité de facturer en fonction du volume de données transféré plutôt qu'en fonction du temps de connexion.
- Il offre un débit beaucoup plus important que le GSM, et peut être combiné à des technologies telles que le EDGE.

3.3. Architecture du GPRS.

L'architecture générale du réseau GPRS est représentée par la figure ci-dessous :

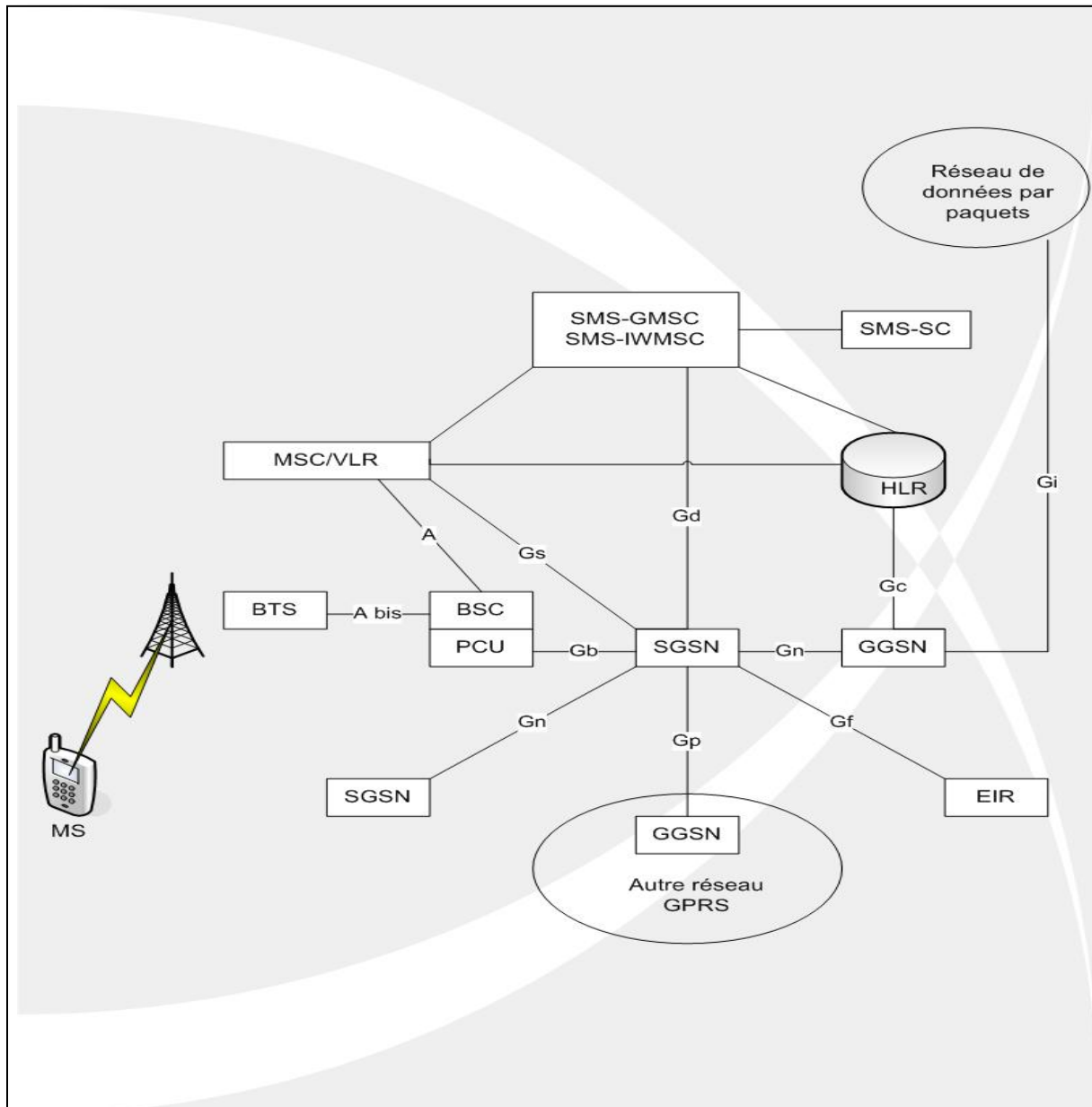


Figure I.7. « Architecture du réseau GPRS »

3.3.1. Les différents sous ensembles du réseau GPRS.

a. Equipement utilisateur.

Il est composé du terminal utilisateur (TE) ainsi que de la carte SIM. Ceci est appelé la MS. Celui-ci est raccordé au sous-système radio par l'interface Um.

b. Sous-système radio.

Ce sous-système radio est appelé BSS.

Il est composé de la BTS et le BSC.

Ce sous-système radio est connecté au sous-système réseau GSM via l'interface A, et au sous-système réseau GPRS via l'interface Gb.

c. Sous-système réseau GSM.

Ce sous-système réseau GSM est composé des MSC/VLR, HLR et EIR .De plus, les équipements SMS-GMSC et SMS-IWMSC font partie de ce sous-système, mais ils sont utilisés dans le sous-système réseau GPRS, car tout utilisateur GPRS comme tout utilisateur GSM, peut émettre et recevoir des messages courts.

d. Le sous-système réseau GPRS

Se compose principalement des SGSN et des GGSN.

3.3.2. Equipements du réseau.

MS, BTS, BSC, MSC, VLR, HLR, EIR, sont détaillés précédemment.

- SMS-GMSC (Short Message Service – Gateway Mobile Services Switching Center) et SMS-IWMSC (Short Message Service – InterWorking MSC) : ces deux MSC sont des commutateurs dédiés au service des messages courts.
- SMS-SC (Short Message Service – Service Center) : cette entité est très importante dans le traitement des messages courts.
- 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.
- SGSN (Serving GPRS Support Node) : serveur d'accès au service GPRS (équivalent au MSC), et qui gère les MS présentes dans une zone donnée. Son rôle est de délivrer des paquets aux MS.
- GGSN (Gateway GPRS Support Node) : routeur connectant le réseau GPRS et un réseau externe de commutation par paquets (IP ou X.25). Il sert de passerelle entre les SGSN du réseau GPRS et les autres réseaux de données.

3.4. Les interfaces.

Ces différents équipements sont connectés entre eux via différentes interfaces que nous allons décrire maintenant afin de mieux comprendre le rôle de chacun. [7]

Interface	Equipements	Fonction principale
Um	MS-BTS	Interface radio
A-bis	GMSC-HLR	Interrogation de HLR pour joindre un abonné mobile
Gb	BSC-SGSN	Adapter pour supporter le GPRS et le SGSN
Gc	GGSN-HLR	Sert au GGSN pour demander au HLR des informations de localisation d'un abonné.
Gd	SGSN- SMS-GMSC	Echange de messages courts.
Gf	SGSN-EIR	Vérification de l'identité du terminal
Gi	GGSN-Réseau des données	Transfert des données
Gn	SGSN-SGSN SGSN-GGSN	Gestion de l'itinérance Transfert des données
Gr	SGSN-HLR	Gestion de location
Gs	SGSN-MSC/VLR	Gestion de coordonnée de l'itinérance entre GSM circuit et GPRS

Tableau 1 « Les interfaces du GPRS »

3.5. Catégories de services :

Il existe deux catégories de services GPRS :

- les services **Point à Point** (*PTP*) : ils fournissent une transmission d'un ou plusieurs paquets entre deux utilisateurs (l'expéditeur et le destinataire).
- les services **Point à Multipoints** (*PTM*) : ils fournissent une transmission de paquets entre un demandeur de service et un groupe d'abonnés receveurs se trouvant dans une zone définie par le demandeur de service. Un abonné peut ainsi envoyer des données à de multiples destinations avec une seule demande de service.

3.6. Localisation :

Avec l'introduction du GPRS, ont été définies les « **Routing Areas** », se traduisant par « **Zones de routage** ».

Il existe ainsi une hiérarchie entre les cellules, les zones de routage et les zones de localisation.

Le niveau de précision le plus fin est obtenu avec la cellule. Une zone de routage est un ensemble de cellules, caractérisant le lieu où se trouve un abonné GPRS.

Enfin, la zone de localisation utilisée dans le contexte du réseau GSM pour caractériser le lieu où se trouve un abonné GSM.

3.7. Etats GPRS:

Dans le GPRS, trois états sont associés à un terminal mobile :

- **IDLE** : le terminal est en veille, inactif.
- **STANDBY** : le terminal est dans un état intermédiaire dans lequel il est prêt à émettre et recevoir des données.
- **READY** : le terminal émet ou reçoit des communications.

3.8. Réception de données.

On prend l'exemple d'un utilisateur qui désire envoyer des paquets de données IP (Micro -portable) à un utilisateur GPRS.

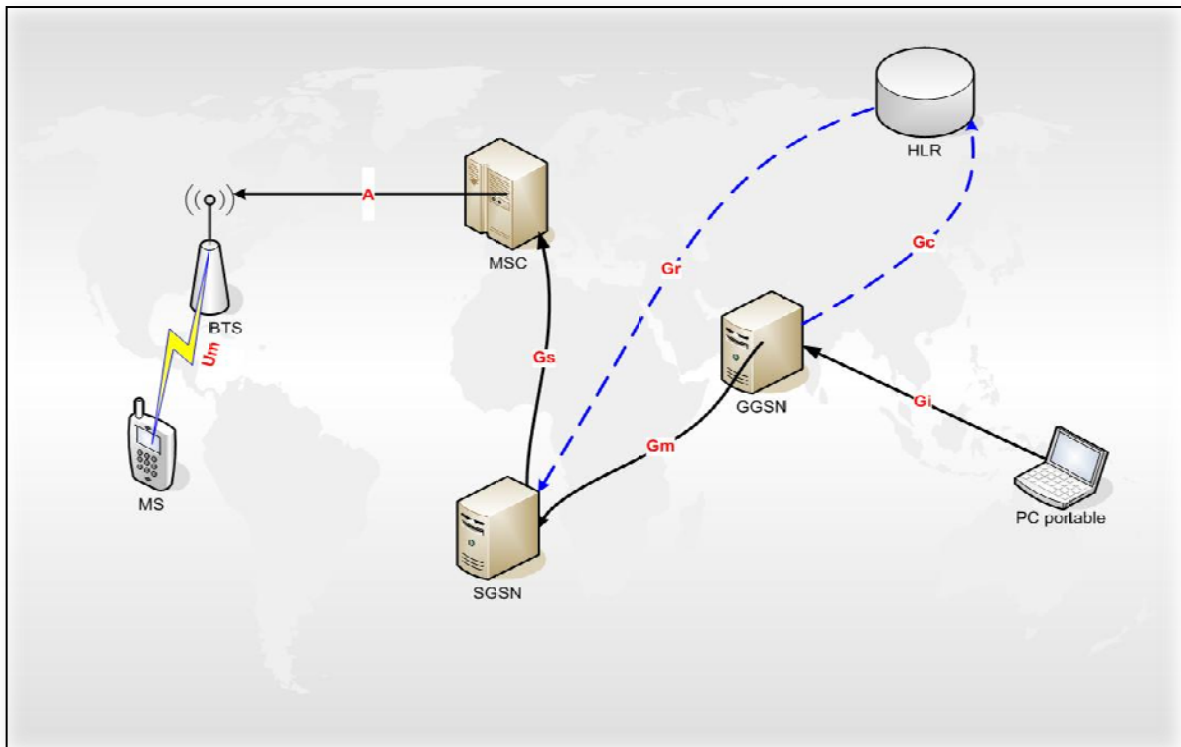


Figure I.8 « Exemple de réception de données par paquet »

Voici un descriptif des étapes à réaliser pour cette situation, et ceci dans l'ordre chronologique.

- Les paquets venant du réseau de données externes sont acheminés jusqu'au GGSN du réseau GPRS.
- Le GGSN effectue les conversions de formats de données, de protocoles de signalisation et d'informations d'adresses.
- Le GGSN vérifie s'il possède un contexte GPRS pour ce terminal mobile :
 - Si le terminal mobile est dans l'état IDLE, le trafic paquet sera rejeté.
 - Si le terminal mobile est dans l'état STANDBY ou ACTIF, le GGSN achemine le paquet, dans un format encapsulé, vers le SGSN.
- Si le terminal mobile est en état STANDBY, le SGSN demande au MSC de réaliser un paging GPRS dans la zone de routage du terminal.
- Le terminal mobile répond au paging en précisant la cellule dans laquelle il est situé, et se met dans le mode ACTIF.

- Le paquet est acheminé du SGSN via le MSC à la station de base une fois que la route a été établie.
- la station de base réserve un time slot, encapsule le paquet et l'envoie au terminal mobile.
- Si cette donnée est reçue correctement, un accusé de réception positif est généré.
- Le terminal désencapsule le paquet.

Pour tous les paquets qui seront ensuite envoyés pendant une période de temps donnée, le terminal mobile restera dans un mode ACTIF et indiquera au réseau lorsqu'il change de cellule. Le chemin vers le terminal mobile est connu, donc tous les paquets seront acheminés vers ce terminal comme via un tunnel.

3.9. Limites de GPRS.

Cependant, bien que GPRS apporte une réelle avancée dans le monde de l'Internet mobile, il existe des limites.

La première est que le débit réel observé est très inférieur à celui annoncé dans les spécifications du protocole. En effet, on peut constater qu'en moyenne, le débit est d'environ 50 kbit/s, et l'on peut atteindre un débit d'environ 115 kbit/s dans des conditions optimales. Ceci peut poser un problème au développement du GPRS et mettre en frein, car sur le papier on nous propose des débits intéressants, et en réalité, il y a une grande différence.

Egalement, une autre limite est le coût de la mise en place de l'infrastructure GPRS.

4. le réseau EDGE.

EDGE (Enhanced Data rates for the GSM Evolution) est une évolution du standard de téléphone mobile GPRS. L'architecture générale de ce réseau est identique à celle d'un réseau GPRS, seuls quelques modifications sont à réaliser concernant le sous système radio.

Le débit maximum théorique de EDGE est de 345,6 Kbits/s. cependant, ce débit varie selon le type de codage de canal et le nombre de time slot utilisés.

Le réseau 2.75G (EDGE) utilise la modulation 8-PSK (Eight Phase Shift Keying), cette technique de modulation offre une efficacité spectrale supérieure à la modulation utilisée par le GSM et GPRS (GMSK=Gaussian Minimum Shift Keying).

Conclusion.

Le réseau GSM assure les fonctionnalités nécessaires aux services de type voix en mode circuit, le GPRS apporte les premières fonctionnalités à la mise en place de services de type Data en mode paquet avec un débit théorique de 171,2 Kb/s, le EDGE vient d'améliorer le débit en l'élevant jusqu'à 345,6 Kb/s. Ces deux dernières évolutions sont deux technologies basées sur l'architecture du réseau GSM. Ces trois technologies se heurtent à de sérieuses limitations au niveau du service effectivement rendu à l'utilisateur. Ces limitations sont prises en considération avec l'apparition d'une nouvelle technologie dite de troisième génération. Cette dernière vient compléter des technologies qui existaient déjà, par une offre de services voix et data complémentaires sur un mode paquet avec un débit très élevé.

Chapitre II

Etude du réseau UMTS

Introduction.

L'accès à l'information n'importe où et n'importe quand est la ligne de mire des réseaux de communications mobiles de troisième génération. Ainsi le grand défi de cette technologie est de pouvoir combiner la mobilité avec l'accès à toutes sortes d'applications, en particulier les applications multimédias si prisées par cette nouvelle ère de communication. Ces dernières nécessitent de hauts débits de transfert et des exigences de qualité de service, ce que les réseaux mobiles actuels de deuxième génération ne peuvent fournir.

L'UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) est un système de troisième génération qui fait partie de la famille IMT2000 et dont les spécifications techniques sont développées au sein du 3GPP.

Pour présenter le système UMTS, nous allons dans un premier temps découvrir la norme **third generation (3G)**, puis dans un second temps développer le principe de la technologie UMTS, enfin finir par la présentation des services offerts par ce système.

1. Généralités sur le réseau 3G.

1.1. Les objectifs du réseau 3G. [1]

Depuis les années 90, l'Union Internationale de Télécommunications (UIT, ou ITU en anglais) a réfléchi à un système de troisième génération, initialement appelé FPLMTS (Futur Public Land Mobile Téléphone System), mais actuellement connu sous le nom d'IMT 2000.

L'idée fondatrice du système 3G était d'intégrer tous les réseaux de deuxième génération du monde entier en un seul réseau et de lui adjoindre des capacités multimédias (haut débit pour les données). Le principe du système est souvent résumé dans la formule anyone, anywhere, anytime, signifiant que chacun doit pouvoir joindre ou être joint n'importe où et n'importe quand. Le choix de la technologie 3G prend en considération des facteurs techniques, politiques et commerciaux. Les facteurs techniques concernent la fourniture des débits demandés et la performance du réseau. Politiquement, les différents organismes de normalisation doivent parvenir à un accord. Enfin, les investissements engagés par les opérateurs dans les systèmes existants laissent à penser qu'il fallait choisir un système 3G compatible avec les réseaux 2G.

1.2. Les collaborations internationales du réseau 3G. [1]

Des groupes de travail se sont constitués pour travailler à la normalisation du système 3G.

En Europe, au sein de l'ETSI, la standardisation d'un système 3G nommé Universal Mobile Telecommunication (UMTS) a commencé en 1990 avec la création de comités techniques SMG (Subtechnical Committee Group). Ces comités techniques sont composés de représentants des constructeurs déjà impliqués dans les réseaux GSM (Nokia, NMC, Ericsson, Alcatel, Mitsubishi, Sagem...) et des opérateurs européens de téléphonie mobile.

Les Japonais étaient très pressés de passer directement à un système 3G et leur travail sur l'IMT 2000 depuis 1997 au sein de leur organisme de normalisation ARIB (Association for Radio Industry and Business) a été très actif. Lors des réunions de travail des SMG ou de l'ARIB, les opérateurs ont insisté sur la nécessité de disposer :

- D'une grande capacité (pour avoir la possibilité d'accueillir plus d'abonnés).
- De moyens de vérification du fonctionnement du réseau.
- De mécanismes permettant d'intégrer facilement de nouveaux services.

Les constructeurs, quant à eux, ont souvent tenté d'imposer comme norme la solution technique mise au point par leur entreprise afin de posséder une avance technologique certaine sur leurs concurrents. Or ce sont les mêmes constructeurs qui interviennent au sein de l'ARIB et de l'ETSI. Les propositions résultantes de ces deux organismes sont donc assez semblables. C'est pourquoi, en 1998, une coopération, le 3GPP (3rd Generation Partnership Project), est créée entre les organismes concernés pour travailler à une solution unique qui serait proposée à l'UIT.

1.3. Structure du 3GPP.

Le 3GPP regroupe : [3]

- Le Japon : ARIB (Association of Radio Industries and Business) et TTC (Telecommunication Technology Committee).
- L'Europe : ETSI (European Telecommunications Standards Institute).
- Les Etats-Unis : T1.
- La Corée : TTA (Telecommunications Technology Association).
- La Chine, par l'intermédiaire du CWTS (China Wireless Telecommunication Standard Group) a rejoint le 3GPP depuis Mai 1999.

Le 3GPP est scindé en 5 groupes de travail TSG (Technical Specifications Groups) : [8]

- ✓ SA (service et system aspects) : spécifie les services usager et l'architecture générale du réseau UMTS, traite également les soucis liés à la sécurité et la confidentialité.
- ✓ CN (Core Network) : protocole du contrôle d'appel et services supplémentaires et l'interconnexion avec les réseaux intérieurs.
- ✓ RAN (Radio Access Network) : définir les protocoles et l'architecture du réseau d'accès de l'UMTS
- ✓ T (Terminals) : définir la structure de la carte USIM (Sim de l'UMTS), les fonctions et les tests de conformité des terminaux.
- ✓ GERAN (GPRS EDGE radio Access Network) : prend en charge les évolutions de la partie réseau d'accès de la norme GSM.

1.4. Caractéristiques du système 3G.

Les principales caractéristiques du système 3G sont : [1]

- L'assurance en mobilité d'un débit de 144 kbits/s (de préférence 384 kbits/s) partout où le service est assuré.
- L'assurance dans certaines zones (avec une mobilité réduite) d'un débit de 2 Mbits/s.
- Capacité et efficacité spectrale doivent être supérieures à celle du réseau 2G.
- Une haute flexibilité pour permettre aisément l'introduction de nouveaux services.
- Les bandes de fréquences allouées pour l'IMT 2000 sont 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz.

1.5. Historique du réseau UMTS.

L'UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) est un système cellulaire de troisième génération qui fait partie de la famille IMT2000 et dont les spécifications techniques sont développées au sein du 3GPP.

Le déploiement de l'UMTS, initialement prévu pour le début du siècle a été freiné en raison de son coût et de la mauvaise conjoncture économique du monde des télécommunications suite à l'éclatement de la bulle internet.

Le 1 décembre 2002, l'opérateur Norvégien Telenor a annoncé le déploiement du premier réseau commercial UMTS. L'opérateur Autrichien Mobilkom Austria a quant à lui lancé le premier service commercial UMTS le 25 septembre 2002. En France, SFR a lancé

son offre commerciale le 10 novembre 2004 et Orange a fait de même le 9 décembre 2004. L'opérateur Bouygues Télécom n'a pas souhaité se lancer dans l'aventure qu'il juge trop risquée, il préfère se concentrer sur la technologie EDGE qui lui permettra les mêmes services (excepté la visiophonie) avec un investissement moindre dès 2005. [1]

1.6. Caractéristiques techniques de l'UMTS.

L'UMTS repose sur la technique d'accès multiple W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access), une technique dite à étalement de spectre, alors que l'accès multiple pour le GSM se fait par une combinaison de division temporelle TDMA (Time Division Multiple Access) et de division fréquentielle FDMA (Frequency Division Multiple Access).

Le réseau UMTS doit satisfaire aux caractéristiques techniques suivantes :

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

2. Organisation temporelle et fréquentielle dans le réseau UMTS.

2.1. Organisation fréquentielle.

Les bandes de fréquences allouées pour l'IMT 2000 sont 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz. [1]

L'UMTS propose la répartition suivante :

➤ UMTS FDD

- 1920-1980 MHz pour le uplink UL [canal montant] ;
- 2110-2170 MHz pour le downlink DL [canal descendant].

➤ UMTS TDD

- 1885-1920 MHz et 2010-2025 Mhz pour le DL et UL
- Les bandes de fréquences 1980-2010 MHz et 2170-2200 MHz sont utilisées pour combler les trous de couverture surtout dans les océans.
- 1980-2010 MHz pour le UL.
 - 2170-2200 MHz pour le DL.

La largeur de la porteuse en UMTS est de 5MHz alors qu'en GSM, elle est seulement de 200 KHz. [1]

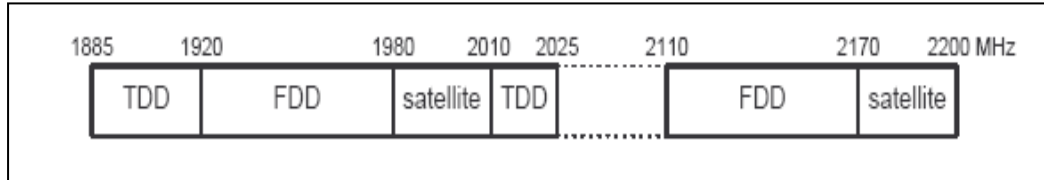


Figure II.1 « Utilisation de la bande de fréquences pour l'UMTS »

2.2. Organisation temporelle.

L'organisation temporelle de l'UMTS est basée sur une supertrame de 720 ms, comportant elle-même 72 trames de 10 ms. Chaque trame de 10 ms est divisée en 15 slots de 667µs. [1]

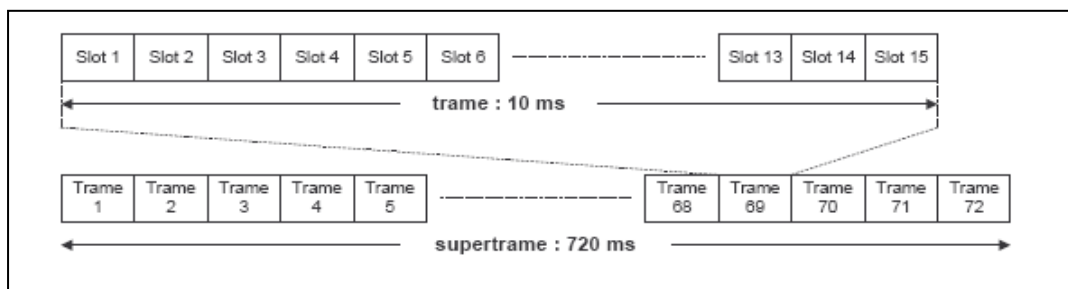


Figure II.2 « structure de trame de l'UMTS »

3. Architecture du réseau UMTS.

Comme le GSM, le réseau UMTS est composé d'un réseau cœur (CN) et d'un réseau d'accès (AN), illustré dans la figure II.3. [2]

- CN (Core Network) ou cœur de réseau qui réalise toutes les fonctions de routage, commutation des appels autour du réseau de transmission paquet et circuit.
- l'UTRAN (l'UMTS Terrestrial Radio Access Network), qui réalise toutes les fonctions liées à l'accès radio.

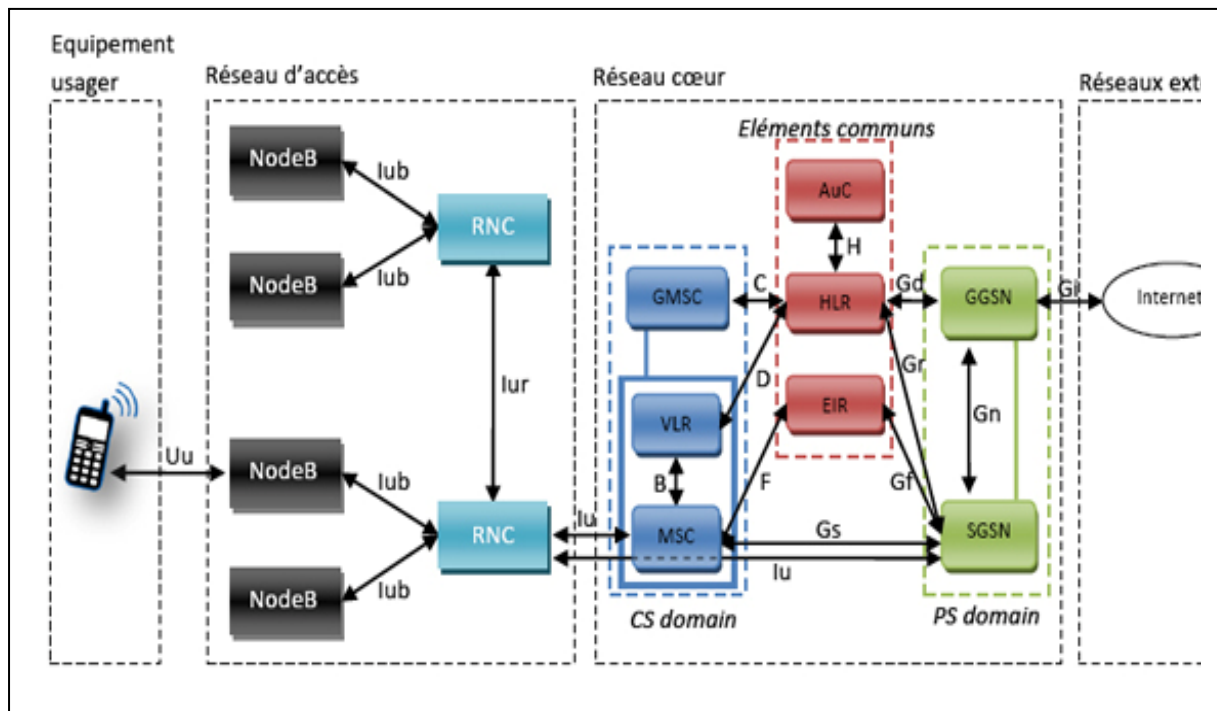


Figure II.3 « Architecture du réseau UMTS »

Voici les analogies des architectures réseaux GSM – UMTS.

GSM	UMTS
Carte SIM	Carte USIM
BTS	Node B
BSC	RNC
NSS	Core Network

Tableau 2 « Les analogies des réseaux GSM-UMTS »

Le système UMTS est modélisé à partir de deux points de vue, l'un fonctionnel et l'autre physique.

3.1. Architecture fonctionnelle.

Elle se modélise par un découpage en strate. Ce découpage, conforme à l'esprit du modèle en couche OSI, permet de séparer des niveaux de services indépendants dans le réseau UMTS.

D'une manière très générale, un réseau UMTS est constitué de deux niveaux principaux, **AS** (Access Stratum) et **NAS** (Non Access Stratum).

3.1.1. La strate d'accès (AS). [3]

Elle regroupe toutes les fonctions du réseau UMTS liées au réseau d'accès, dont, par exemple, les fonctions de gestion des ressources radio et de Handover.

Elle comprend aussi une partie de l'équipement mobile (celle qui gère les protocoles de l'interface radio) ainsi qu'une partie du réseau cœur.

3.1.2. La strate de non accès (NAS). [3]

Elle regroupe toutes les autres fonctions du réseau UMTS, indépendantes du réseau d'accès. Le tableau ci-dessous montre la répartition des principales fonctions d'un réseau UMTS.

	Access stratum	Non access stratum
Gestion de la signalisation d'appel		+
Authentification		+
Fonction de handover	+	
Gestion des services supplémentaire		+
Gestion des ressources radio	+	
Chiffrement	+	(+)
Compression	+	(+)
Mécanismes de facturation		+

Tableau 3 « La répartition AS/NAS des fonctions UMTS »

3.2. Architecture physique. [2]

Cette architecture se compose de deux domaines principaux, le domaine de l'équipement usager et le domaine de l'infrastructure.

3.2.1. Domaine de l'équipement usager.

Ce domaine est divisé en deux sous domaines :

3.2.1.1. Equipement mobile ME.

Il est chargé de la transmission radio.

3.2.1.2. La carte USIM (UMTS Subscriber Identity Module).

Comme dans le GSM, l'accès aux services dans un réseau UMTS est conditionné par présence de la carte USIM dans le terminal. Dans laquelle sont enregistrées les données suivantes :

- **L'IMSI** (International Mobile Subscriber Identity) : est un numéro qui identifie un abonné dans le réseau mobile, il est mémorisé dans USIM ; HLR ; VLR.
- **Le MSISDN** (Mobile Station ISDN Number) : C'est le numéro d'appel de l'abonné.
- **Le répertoire d'adresse.**
- **La langue préférée.**
- **La clé de chiffrement.**
- **La liste des réseaux interdits.**

3.2.2. Domaine de l'infrastructure :

Se compose de deux domaines :

- Le domaine du réseau cœur.
- Le réseau d'accès (UTRAN).

3.2.2.1. Réseau cœur.

Dans la norme UMTS, les éléments du réseau cœur sont repartis en trois groupes, comme l'illustre la figure II.4.

- **Le CS (Circuit Switched) domain:** comprend le MSC, le GMSC et le VLR.
- **Le PS (packet Switched) domain :** comprend le SGSN et le GGSN.
- **Les éléments communs :** Le HLR, l'EIR et l'AuC.

Le réseau cœur (Core Network) possède les fonctions suivantes :

- Gestion de l'information de localisation de l'utilisateur.

- Contrôle des caractéristiques du réseau et des services.
- Mécanismes de commutation et de transmission pour les informations de signalisation et pour les informations générées par l'utilisateur.
- Communication avec le réseau d'accès (UTRAN) et les autres réseaux cœur.

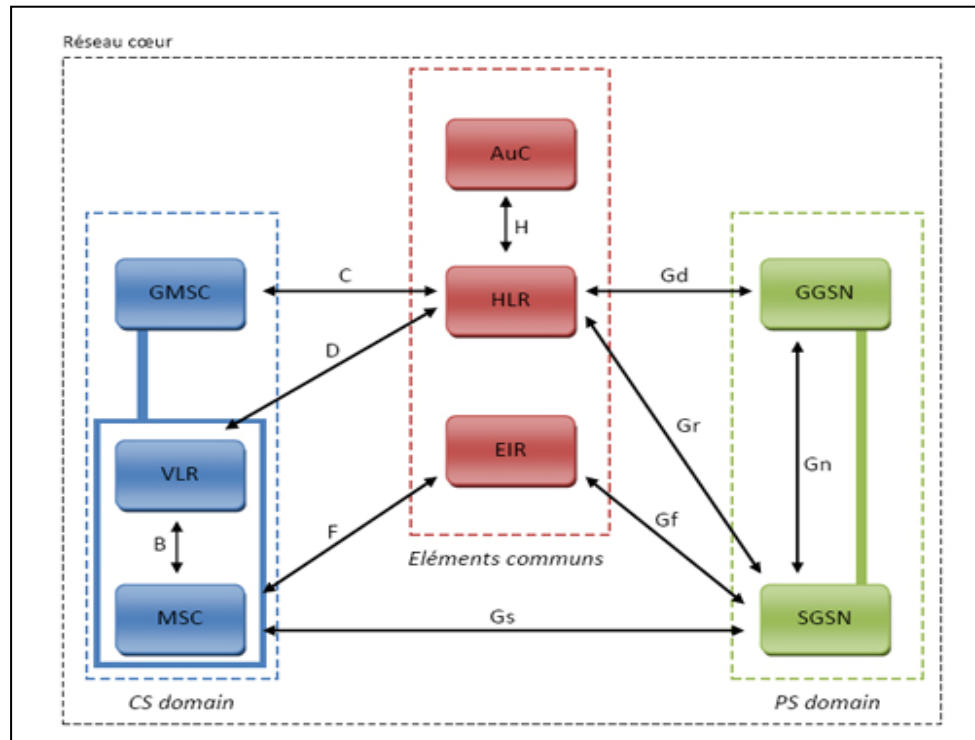


Figure II.4 « Architecture du réseau cœur »

3.2.2.2. Le réseau d'accès (UTRAN).

UTRAN (UMTS Radio Access Network) signifie réseau d'accès terrestre universel est complètement distinct du BSS du GSM. Il est constitué d'un ou plusieurs RNC (Radio Network Controllers), dont dépendent des Node B. [1]

a. Node B.

Le Node B est un ensemble de stations de base et de contrôleurs de site, qui sont chargés en outre de gérer la macro-diversité, chaque station de base gère une cellule. Plusieurs cellules peuvent donc dépendre d'un même Node B, mais chaque cellule ne supporte qu'un seul mode de duplexage FDD ou TDD. Son principal rôle est d'assurer les fonctions de transmission et réception radio entre l'UTRAN et l'utilisateur qui se trouve dans la cellule ou le secteur qu'il couvre.

Les principales tâches du Node B sont :

- L'étalement du spectre et la modulation QPSK.
- Le contrôle de puissance : la puissance d'émission de l'UE (User Equipment) est contrôlée systématiquement, cela permet de limiter des interférences dans une même cellule.
- Le handover : changement de canal physique lorsque l'utilisateur se déplace.
- La macro diversité : UE pourra communiquer simultanément avec plusieurs Node B, elle permet d'augmenter significativement la qualité lors des communications.

b. RNC (Radio Network Controller).

C'est la partie intelligente de l'UTRAN responsable de la gestion des ressources radio et la gestion de la mobilité.

Nous distinguons deux types de RNC :

- Le SRNC (Serving RNC) gère les connexions radios avec le mobile et sert de point de rattachement au Core Network via l'interface Iu. Il contrôle et exécute le handover.
- Le DRNC (Drift RNC), sur ordre du Serving RNC, gère les ressources radios des stations de base qui dépendent de lui. Il route les données utilisateurs vers le SRNC dans le sens montant et vers ses stations de base dans le sens descendant.

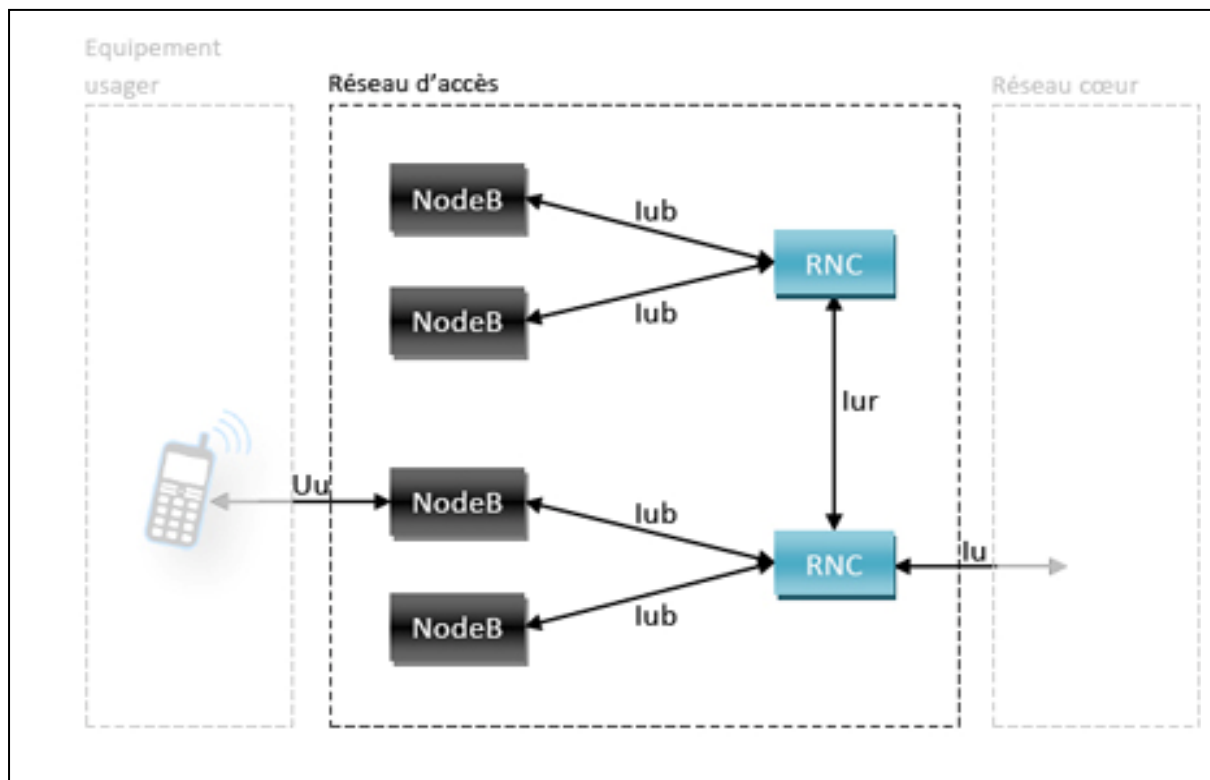


Figure II.5 « Architecture de l'UTRAN »

4. Récapitulatif des interfaces de l'UMTS. [1]

Le tableau ci-dessus résume les interfaces du réseau UMTS.

Interface	Localisation	Description en bref	Equivalent GSM/GPRS
Uu	UE-UTRAN	Interface radio qui permet au mobile de communiquer avec l'UTRAN – repose sur la technologie CDMA	Um
Iu	UTRAN – réseau coeur	Iu-CS : permet au RNC de communiquer avec le MSC/VLR	Gb
		Iu-PS : permet au RNC de communiquer avec le SGSN	A
Iur	RNC-RNC	Communication entre deux RNC, notamment dans le cadre de la procédure de macro-diversité	-
Iub	Node B-RNC	Communication Node B – RNC	Abis

Tableau 4 « Récapitulatif des interfaces de l'UMTS »

5. Interface radio de l'UTRAN.

5.1. Les modes de transmission.

La norme UMTS propose deux modes de duplexage le TDD et le FDD.

5.1.1. Le mode FDD (Fréquence Division Duplex).

En FDD, chaque sens de communication (VM, VD) utilise une fréquence particulière. Le mobile et le réseau peuvent donc transmettre simultanément. L'un des inconvénients de cette technique réside dans l'écart duplex entre la voie montante (VM) et la voie descendante (VD). Cette technique est tout à fait adaptée aux applications présentant un débit symétrique (la téléphonie). [3]

5.1.2. Le mode TDD (Time Division Duplex).

En TDD, une seule et unique fréquence est utilisée alternativement par les deux voies de communications (VM, VD). Cette technique est plus flexible lorsque le spectre n'est disponible qu'en quantités limitées. [3]

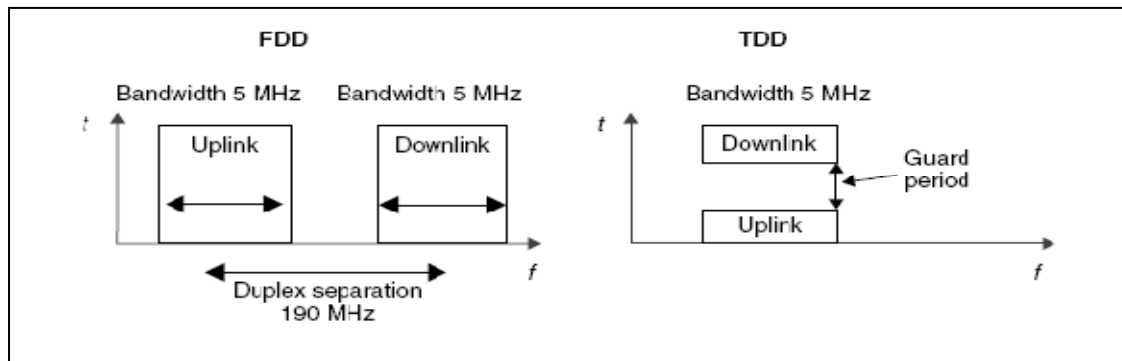


Figure II.6 « Les modes FDD et TDD »

5.2. Les canaux. [3]

Les spécifications de l'UTRAN contiennent une grande variété de canaux de communication, répartis en trois grandes classes : les canaux logiques, les canaux de transport et les canaux physiques.

Ces différentes classes de canaux ont été créées pour garantir l'indépendance entre les différents niveaux fonctionnels de l'interface radio.

5.2.1. Les canaux logiques.

Ces canaux sont répartis en deux catégories :

5.2.1.1. Les canaux logiques de contrôle.

- BCCH (Broadcast Control Channel) est utilisé pour la diffusion d'informations de contrôle.
- PCCH (Paging Control Channel) est employé pour l'envoi des messages paging aux mobiles de réseau.
- CCCH (Common Control Channel) est utilisé pour envoyer ou pour recevoir des informations de contrôle de mobiles n'étant pas connectés au réseau.
- DCCH (Dedicated Control Channel) sert à envoyer ou à recevoir des informations de contrôle d'un mobile connecté au réseau.

5.2.1.2. Les canaux logiques de trafic.

- DTCH (Dedicated Traffic Channel) sert à changer des données usager avec un mobile connecté au réseau.
- CTCH (Common Traffic Channel) est un canal unidirectionnel utilisé par le réseau pour envoyer des données usager à un ensemble ou un groupe de mobiles.

5.2.3. Les canaux de transport.

Ces canaux permettent à la couche physique d'offrir des services de transport à la couche supérieure. [9]

- Canal DCH (Dedicated CHannel) : Transport des informations de l'utilisateur et des informations de contrôle des couches supérieures relatives à cet utilisateur.
- Canal BCH (Broadcast CHannel) : Diffusion d'informations système propres à une cellule (codes utilisé...).
- Canal RACH (Random Access CHannel) : Canal montant dans lequel un mobile effectue en requêtes demande de connexion.
- Canal FACH (Forward Access CHannel) : Après une demande d'accès initial par le canal RACH, le réseau répond au mobile dans ce canal.
- Canal DSCH (Downlink Shared CHannel) : Canal descendant transportant des données dédiées à un utilisateur spécifique.
- Canal PCH (Paging CHannel) : Canal de paging identique à celui de GSM.

5.2.3. Les canaux physiques. [9]

- Canal AICH (Acquisition Indicator CHannel) : Pour une réponse de la couche physique aux accès initiaux.
- Canal SCH (Synchronization CHannel) : Permet au mobile de se synchroniser au réseau ; DL uniquement
- Canal CPICH (Common Pilot CHannel) : Canal pilote commun ; permet au mobile de se synchroniser sur la cellule et d'estimer sa puissance reçue (mesure à l'origine de handover) ; DL uniquement.

5.3. Couches de protocoles radio de l'interface d'accès.

On peut distinguer sur cette interface radio trois couches principales de protocoles illustrées à la figure II.7. [10]

5.3.1. Couche physique (couche 1).

La couche physique est chargée de transporter l'information générée par les couches supérieures. Il s'agit de véhiculer cette information tout en respectant des contraintes de qualité imposées par le service (délai, débit, taux d'erreur, ...).

5.3.2. La couche de liaison de données (couche 2). [3]

Cette couche est divisée en quatre sous couches :

5.3.2.1. La sous couche MAC.

La fonction principale de la sous-couche MAC (Medium Access Control) est le contrôle de l'accès à la voie radio.

Cette fonction est réalisée au travers des deux sous fonctions suivantes :

- Le multiplexage des données sur les canaux de transport ;
- Le choix du canal de transport et du format des données transportées.

5.3.2.2. La sous couche RLC.

La sous-couche RLC (Radio Link Control) de l'UTRAN est la couche de protocole qui assure la transmission fiable d'informations en provenance du plan de l'utilisateur ou du plan de contrôle, sur l'interface radio entre le mobile et l'UTRAN.

5.3.2.3. La sous couche PDCP.

Cette sous-couche (Packet Data Convergence Protocol) a pour fonction de compresser les en-têtes de protocole des paquets TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol).

5.3.2.4. La sous couche BMC.

La sous-couche BMC (Broadcast/Multicast Control) a pour fonction d'assurer la diffusion de messages usager sur l'interface radio. Cette couche assure également la répétition des informations sur l'interface radio lorsque l'information doit être diffusée plusieurs fois.

5.3.3. La couche de contrôle de la ressource radio RRC. [3]

La fonction principale de la couche RRC (Radio Ressource Control) est la gestion de la connexion de signalisation établie entre l'UTRAN et le mobile.

Cette connexion est utilisée lors des échanges de signalisation entre le mobile et l'UTRAN, par exemple à l'établissement et à la libération de la communication, ou encore pour le support des procédures de la mobilité dans le réseau d'accès.

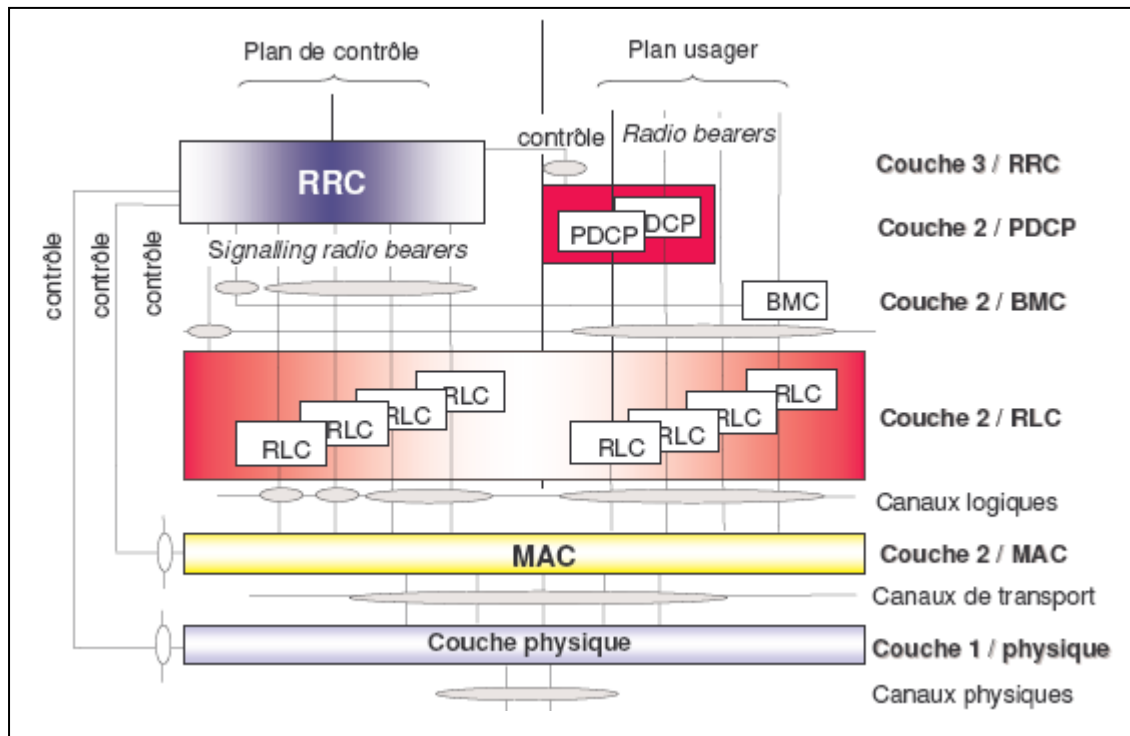


Figure II.7 « Couche de protocoles de l'interface radio »

6. Techniques d'accès multiples.

La bande de fréquence est une ressource rare qu'il faut utiliser et partager entre tous les utilisateurs. Il n'est généralement pas possible d'attribuer à chaque utilisateur son propre canal, d'autant plus que le nombre de personnes interconnectées ne cesse de croître. Il est donc absolument indispensable d'avoir recours au multiplexage. [3]

L'objet de multiplexage est la transmission de plusieurs communications dans un même canal. Ce dernier peut avoir différentes formes : le traditionnel fils de cuivre pour la téléphonie fixe les ondes hertziennes pour la téléphonie mobile ou les fibres optiques. Parmi les principales techniques de multiplexage on trouve FDMA, TDMA et CDMA.

6.1. Présentation du CDMA.

6.1.1. Principe du CDMA. [8]

Le CDMA est issu de programmes de recherche militaires qui avaient pour but de protéger les transmissions d'information contre le brouillage. Il est basé sur la répartition par codes, chaque utilisateur est différencié du reste des utilisateurs par un code N qui lui a été alloué au début de sa communication.

L'accès de type CDMA pourrait se comparer à un rassemblement de personnes de nationalités différentes où tout le monde parlerait en même temps mais en utilisant des

langages différents. Un nouvel arrivant qui ne comprendrait que le français serait capable d'extraire des phrases énoncées en français, les conversations des autres participants lui apparaissant comme des bruits dépourvus de sens. Bien entendu si le niveau de bruit général provenant des autres conversations est trop important, il sera beaucoup plus difficile, voire impossible, à autre visiteur de comprendre le discours de son compatriote.

D'une manière analogue dans un système CDMA, un certain nombre de signaux sont émis simultanément dans la même bande fréquence. Ils seront tous reçus par le récepteur CDMA, dont le rôle est d'extraire de l'ensemble des signaux reçus les données qui lui sont destinées. Cette opération est possible en raison des propriétés de corrélation des codes utilisés par le système CDMA.

Le récepteur connaissant le code utilisé par l'émetteur est capable de retrouver les données transmises, les autres signaux, utilisant des codes différents seront éliminés en raison de leur faible corrélation avec le code employé par le récepteur.

Il existe deux principales variétés de CDMA :

- **FH-CDMA (Frequency Hop)** : Ce système ressemble à un multiplexage fréquentiel dans lequel l'attribution des fréquences varierait rapidement (par rapport au débit d'informations à transmettre).
- **DS-CDMA (Direct Sequence)** : C'est à ce type de CDMA qu'on fait généralement référence quand on parle de CDMA.

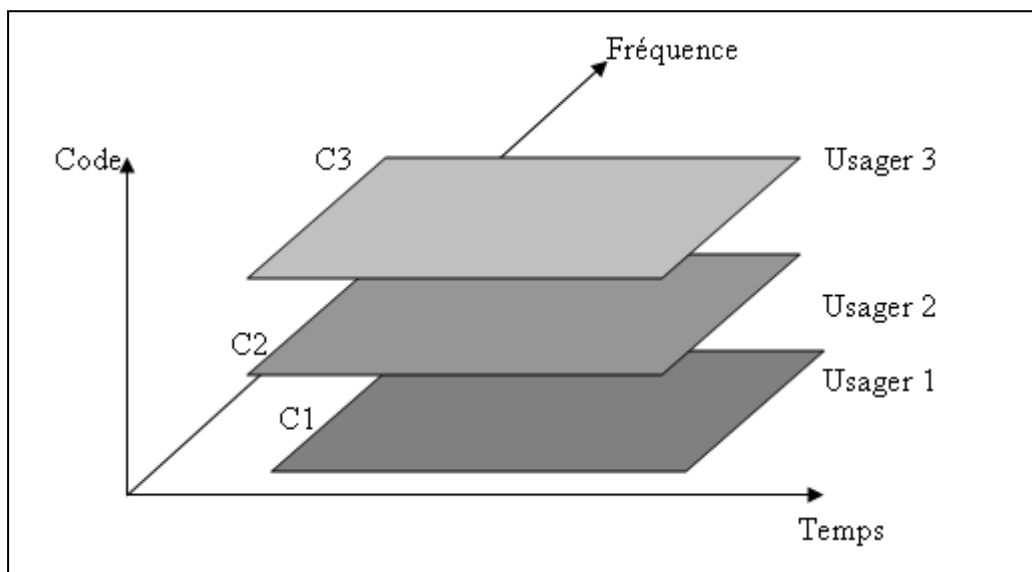


Figure II.8 « L'accès CDMA »

6.1.2. Le multiplexage des informations en CDMA. [3]

En CDMA, le multiplexage des informations à transmettre est obtenu par une simple multiplication avec la séquence de code attribué pour la transmission.

Le principe du CDMA consiste en une utilisation de codes, chacun utilise un code propre de la forme suivante :

$$g_k(t) = \sum a_k(n) p(t - nT_c), \quad 0 \leq t \leq T$$

$\{a_k\}$ est un « pseudo-noise (PN) code séquence », chaque a_k vaut (+1) ou (-1)

$P(t)$: Une pulsation de durée T_c , on a donc $T = L T_c$

$D(t)$: La donnée.

$S(t)$: Le code.

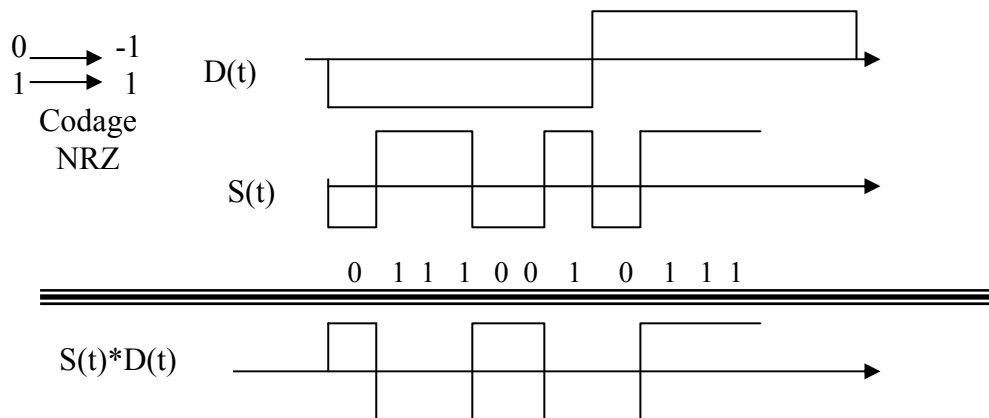


Figure II.9 « Encodage à l'émission »

6.1.3. Le démultiplexage des informations en CDMA. [4]

A la réception, la même opération est effectuée. On peut considérer que le signal reçu, $R(t)$, est égal au signal émis affecté d'un retard de propagation τ soit $R(t) = D(t - \tau) \cdot S(t - \tau)$

Ce signal reçu est multiplié au niveau du récepteur, par $S(t - \tau)$ réplique du code utilisé par l'émetteur décalé de τ (temps de propagation du signal entre l'émetteur et le récepteur), pour retrouver les données transmises à $D(t)$.

On pose $t' = t - \tau$

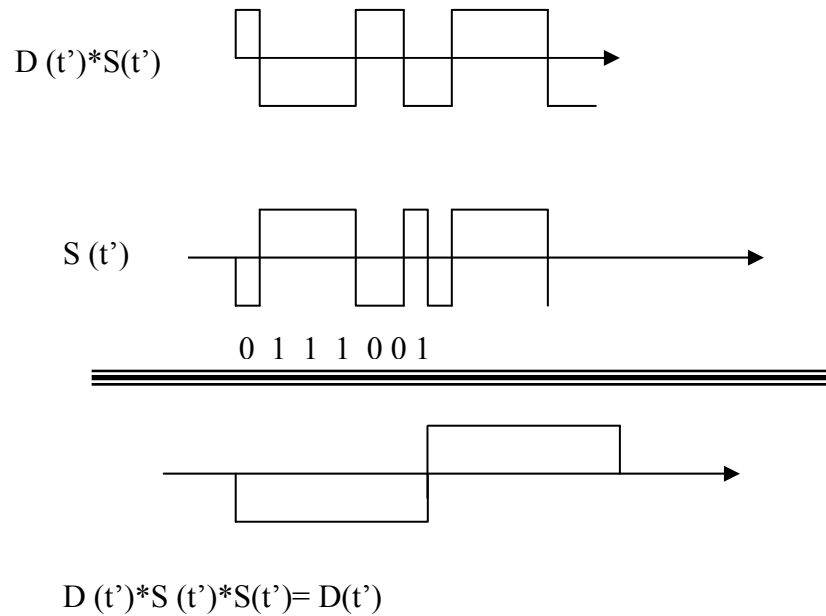


Figure II.10 « Décodage à la réception »

6.2. L'étalement du spectre. [8]

Les séquences utilisées par les systèmes CDMA ont un caractère pseudo-aléatoire, pour cette raison elles sont également appelées PN (Pseudo-Noise). C'est cette caractéristique qui permet d'obtenir l'étalement spectral des signaux d'information.

Chaque bit à transmettre est multiplié par un code pseudo-aléatoire PN (Pseudo random Noise code) propre à chaque utilisateur. La séquence du code (constituée de N éléments appelés "chips") est unique pour un utilisateur donné, et constitue la clef de codage. On appelle facteur d'étalement SF (Spreading Factor) la longueur L du code. Si chaque symbole a une durée T_b , on a 1 chip toutes les T_b/N secondes. Le nouveau signal modulé a un débit N fois plus grand que le signal initialement envoyé par l'utilisateur et utilisera donc une bande de fréquences N fois plus étendue. La relation entre le débit initial et final est donc :

$$\text{Débit Chip} = \text{Débit Bit} * \text{SF}$$

Ainsi plus SF est grand, plus le débit chip (de l'ordre de 3.84 Mcp/s pour le WCDMA) est grand, et plus le débit de données du canal sera élevé. Cela permet de dégager des canaux à débits variables selon les besoins des utilisateurs (bandwidth on demand). La figure suivante représente l'effet du codage d'un signal d'information dans le domaine spectrale.

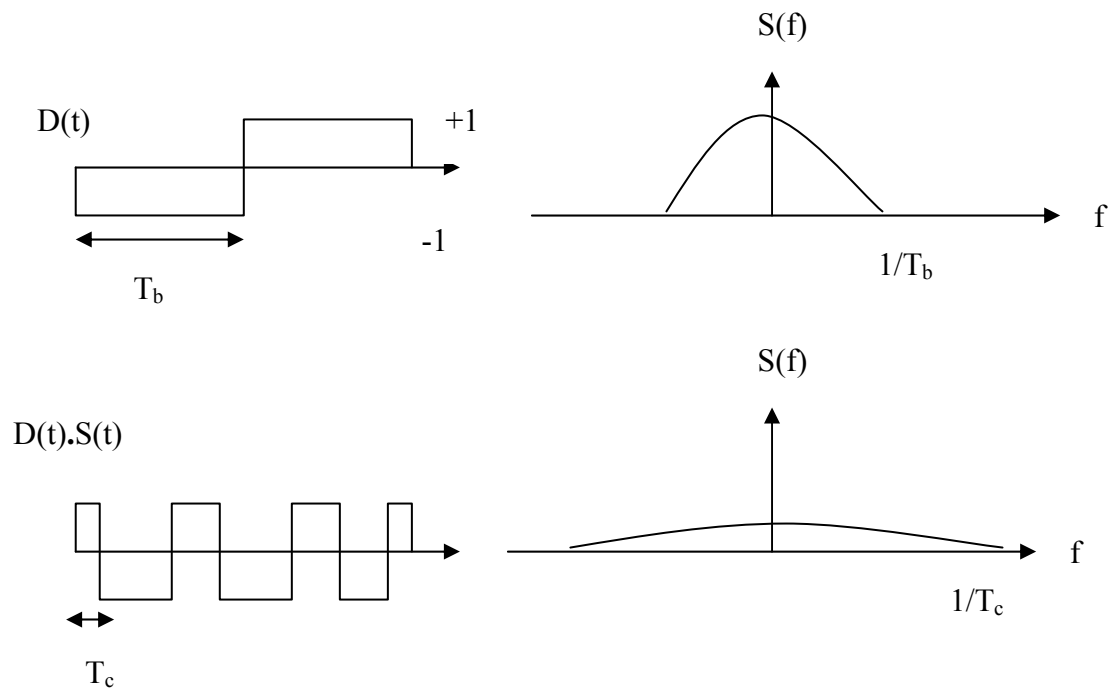


Figure II.11 « le spectre d'un signal CDMA »

6.3. Les codes utilisés dans l'UTRAN. [11]

Pour éviter toute interférence avec les codes des différents utilisateurs et différencier des canaux distincts, on se sert de codes orthogonaux appelés codes CDMA ou OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor code). 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 sont de longueur différente.

Ils peuvent être définis par un arbre générateur tel qu'une racine engendre deux branches. 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.

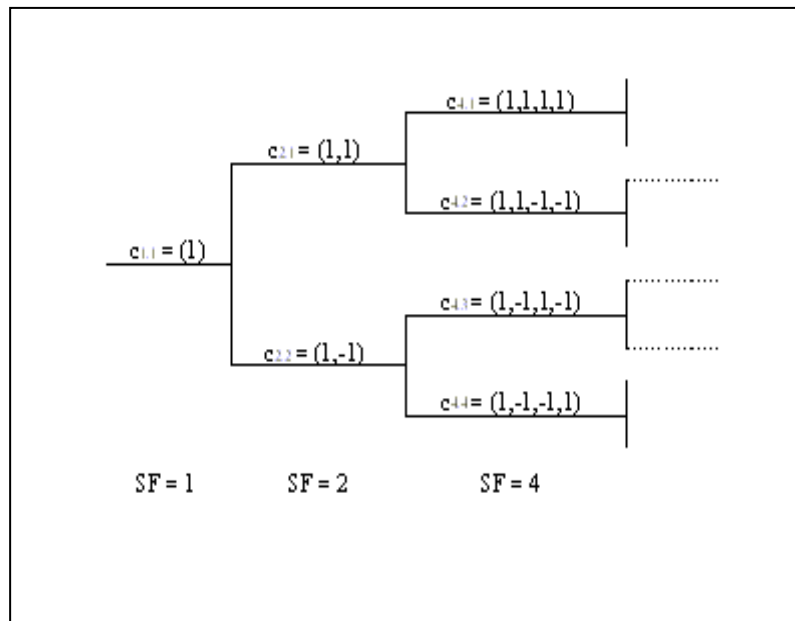


Figure II.12 « Les codes OVSF »

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

$$\mathbf{SF=256/2^k}$$

(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 le 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 nécessité 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.

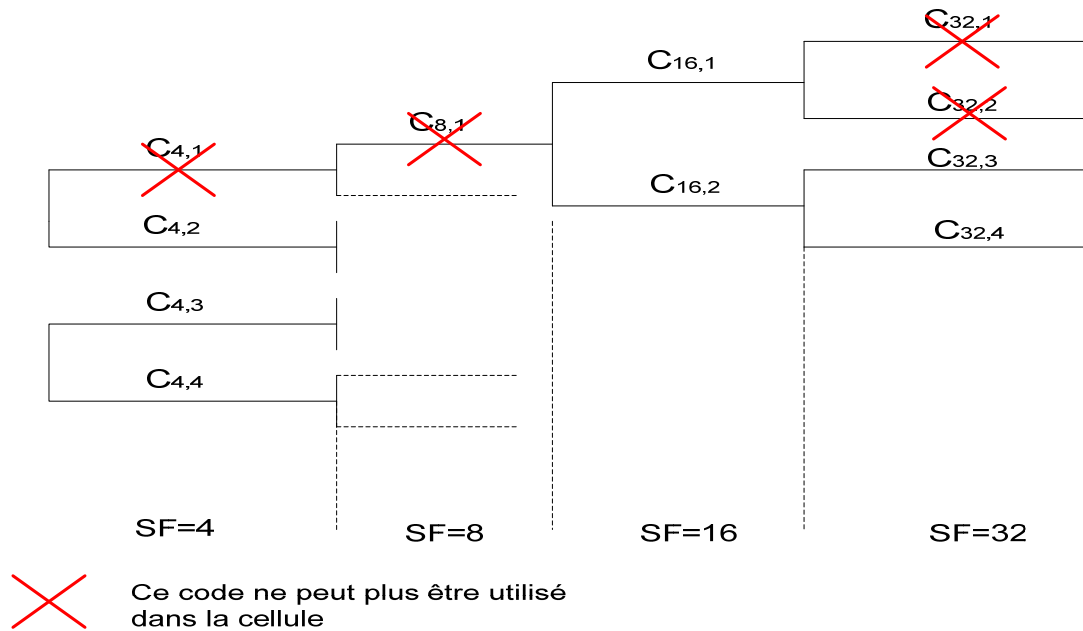


Figure II.13 « Exemple d'utilisation de corps OVSF »

Dans cette figure, le code C16,1 est alloué et tous les codes en aval ne peuvent plus être utilisés ; les codes en amont non plus, car si on utilisait C4,1, par exemple, les codes issus de ces branches ne seraient plus utilisables, donc C16,1 ne pourrait plus être utilisé or il a déjà été alloué. Cette règle d'utilisation des codes CDMA apporte une contrainte forte sur les disponibilités de canaux à haut débit.

6.4. Le scrambling.

Cette opération effectuée par l'émetteur permet de séparer les différents signaux d'un même terminal ou d'une même station de base. Elle est Réalisée juste après l'étalement, elle ne modifie pas la bande passante ni le débit ; elle se limite à séparer les différents signaux les uns des autres. Ainsi, l'étalement peut-être effectué par plusieurs émetteurs avec le même code de channelisation sans compromette la détection des signaux par le récepteur. Le scrambling fait appel aux codes de Gold qui sont une combinaison linéaire de plusieurs m-séquences. Notons qu'il existe un arbre de codes de channelisation (code d'étalement) pour chaque code de scrambling. Cela signifie que différents émetteurs peuvent utiliser leurs arbres de codes indépendamment. [11]

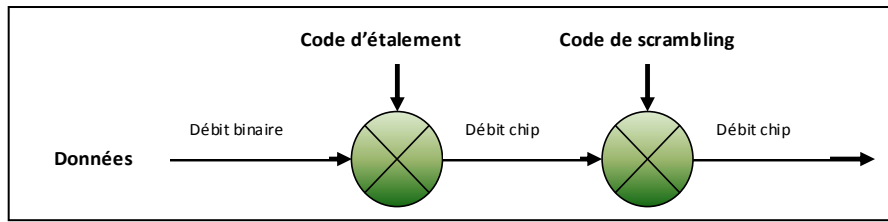


Figure II.14 «Mécanisme de scrambling »

Relation entre l'étalement et le scrambling

Fonctionnalités	Code channelisation	Code scrambling
Utilisation	<p>Uplink : Séparation des canaux donnés d'un même terminal.</p> <p>Downlink : Séparation des connexions des différents utilisateurs d'une même cellule.</p>	<p>Uplink : Séparation des terminaux.</p> <p>Downlink : Séparation des cellules.</p>
Famille de codes	OVSF	Gold code

Tableau 5 « Relation entre l'étalement et le scrambling »

6.5. La modulation QPSK. [3]

La modulation a pour but d'adapter au support de transmissions un signal numérique composé d'éléments binaires.

D'une manière très générale, un signal modulé se présente sous la forme :

$$S(t) = A(t) \cdot \cos(2\pi f_c t + \varphi(t))$$

Suivant que l'information utile est portée par l'amplitude $A(t)$ ou par la phase $\varphi(t)$ du signal modulé, on parle respectivement de modulation d'amplitude ou de modulation de phase.

La modulation QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) fait partie de la famille des modulations de phase. Le schéma simplifié d'un modulateur QPSK est composé de deux branches dites « en quadrature », car modulées par des fréquences porteuses déphasées de $\pi/2$.

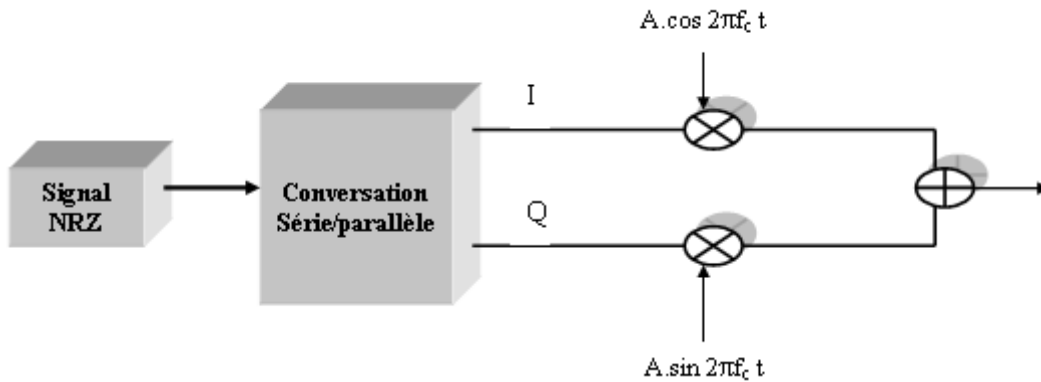


Figure II.15 « Le schéma simplifié d'un modulateur »

Les bits modulés NRZ sont répartis sur les branches I et Q d'un modulateur pour être finalement modulés par une porteuse de fréquence f_c . La multiplication de la fréquence porteuse par les symboles NRZ a pour effet de déphaser la porteuse de 180° à chaque alternance de symbole (**Figure II.16**).

Le signal émis en sortie du modulateur est le résultat de la somme des porteuses modulées des branches I et Q, qui est en fait une porteuse de fréquence f_c comportant des sauts de phase de $n\pi/4$, n étant égale à 1, 3, 5 ou 7 en fonction de la combinaison des symboles sur les branches I et Q.

La **figure II.17** représente le diagramme de phase de la modulation QPSK. Chaque symbole QPSK portant 2 bits, le diagramme comprend quatre états, correspondant à quatre déphasages par rapport à une porteuse de référence non modulée. La démodulation QPSK nécessite de générer dans le récepteur des porteuses ($\cos 2\pi f_c t$) et ($\sin 2\pi f_c t$) synchrones pour effectuer la démodulation cohérente du signal reçu.

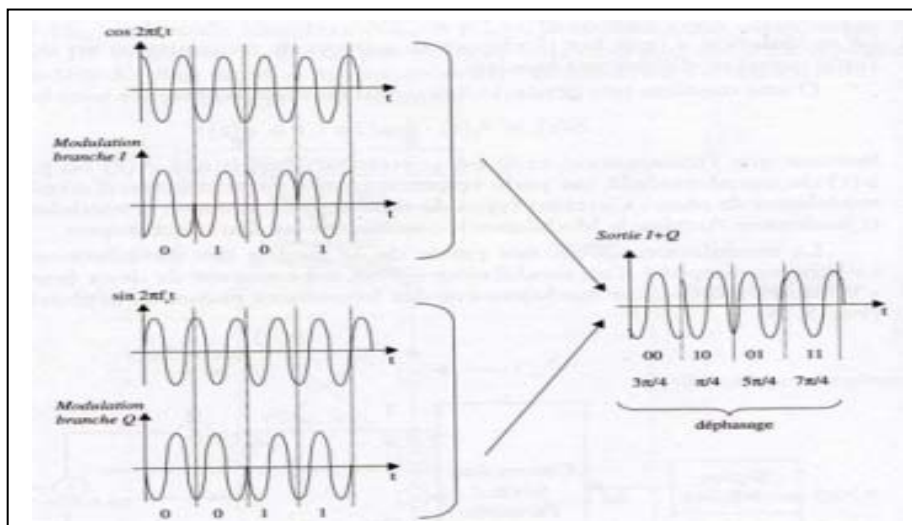


Figure II.16 « La modulation QPSK »

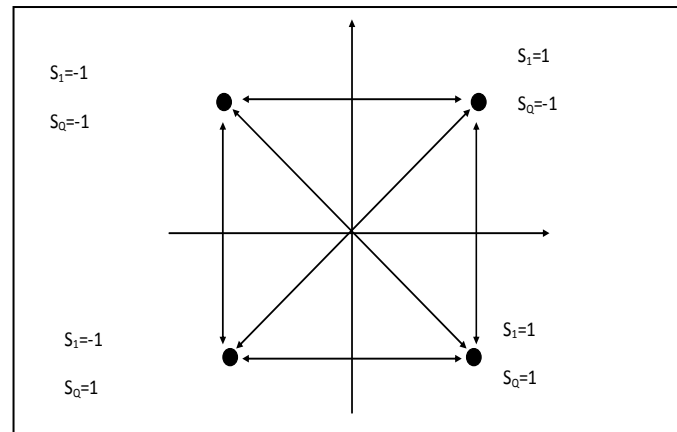


Figure II.17 « Le diagramme de phase de la modulation QPSK »

6.6. Le protocole WCDMA.

6.6.1. Concept WCDMA.

Le WCDMA se base largement sur le CDMA, utilisant une plus large bande passante ce qui permet d'accroître le débit. Pour optimiser les ressources radio, il propose deux modes de fonctionnement, selon le type de multiplexage. De plus, outre l'étalement, le WCDMA applique une autre opération essentielle, le brouillage (scrambling). [8]

6.6.2. Les multiplexages.

Il existe deux types de multiplexages en WCDMA. [8]

- **Le FDD-WCDMA** (Frequency Division Duplex) : qui utilise deux bandes passantes de 5 MHz, l'une pour le sens montant (uplink), l'autre pour le sens descendant (downlink). Le débit maximal supporté par un seul code est de 384 Kbit/s. Pour les services à haut débit, plusieurs codes sont nécessaires pour supporter un débit de 2 Mbit/s.
- **Le TDD-WCDMA** (Time Division Duplex) n'utilise qu'une bande passante de 5 MHz divisée en portions de temps (time slot) ; elle est utilisée pour les deux sens. Basé sur le TD-CDMA qui utilise un accès hybride entre le TDMA et le CDMA, il consiste à prendre une trame TDMA et la multiplexer entre plusieurs utilisateurs en utilisant le CDMA.

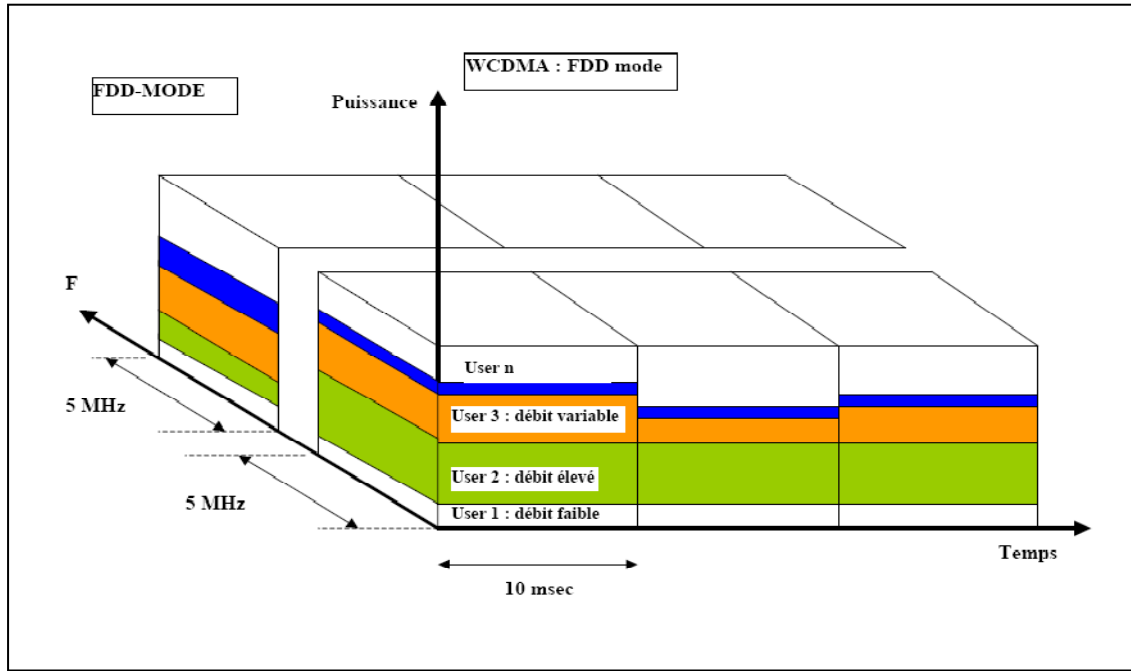


Figure II.18 « Le FDD-WCDMA »

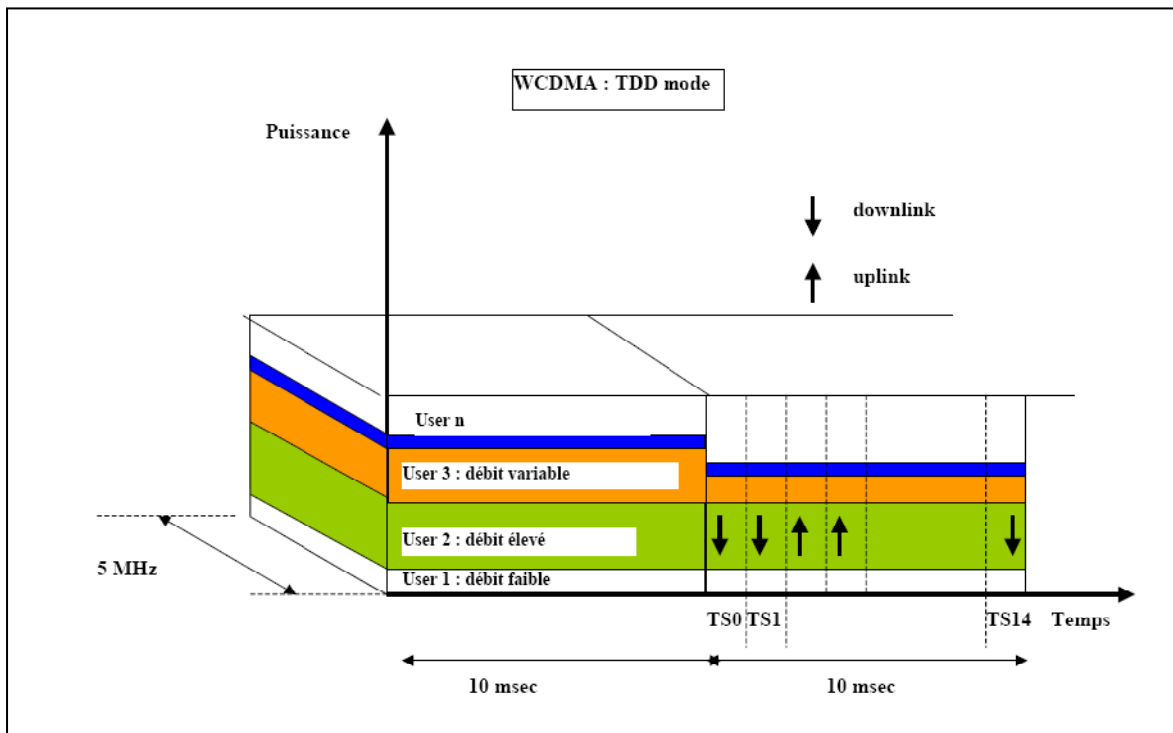


Figure II.19 « Le TDD-WCDMA »

6.6.3. Les avantages du WCDMA. [8]

a. Résistance aux interférences :

Le WCDMA, étant une méthode de multiplexage à étalement de spectre, le brouillage efficace doit se faire sur toute la bande de fréquences utilisées, ce qui n'est pas envisageable car cela consommerait une puissance colossale.

b. Confidentialité (faible probabilité d'interception) :

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 ou non d'une communication. Quand bien même on détecterait l'existence d'une communication, il est très difficile de l'intercepter si on n'a pas accès aux codes utilisés. C'est une des raisons qui font que l'armée, ainsi que les opérateurs téléphoniques utilisent cette méthode.

c. Une faible consommation :

Le WCDMA nécessite moins de puissance que les technologies concurrentes. Ce gain est présent en conversation ou non. Ceci permet l'augmentation de l'autonomie des téléphones portables ou bien la diminution de la taille des batteries donc des combinés.

d. Un multiplexage adapté au système cellulaire :

Les réseaux de téléphonie mobile actuels sont tous basés sur le concept de cellules. Mais il se pose deux problèmes : celui de la réutilisation des fréquences et celui du passage d'un utilisateur d'une cellule à une autre.

Du point de vue de la réutilisation des fréquences, le WCDMA déplace le problème puisqu'il s'agit de codes et non plus de fréquences. Il semblerait que le CDMA soit plus performant que les autres méthodes de multiplexage au niveau des zones de recouvrement des cellules.

6.6.4. Les contraintes du WCDMA. [8]

Les contraintes liées à la propagation des ondes radio sont à prendre en compte. Parmi ces contraintes on site:

*Les trajets multiples :

La transmission des ondes dans un canal est caractérisée par de multiples réflexions, diffractions et atténuations du signal. Ces phénomènes sont provoqués par les obstacles de l'environnement tels que les immeubles ou les montagnes ; la conséquence est l'existence de trajets multiples. C'est pour cette raison que le signal peut mettre plus ou moins de temps à arriver au niveau du récepteur en fonction du

parcours qu'il emprunte ; celui-ci peut alors recevoir plusieurs fois le même signal en décalage, avec une puissance variable. Ce délai qui est généralement de 1 à 2 μs en ville augmente jusqu'à 20 μs dans les zones vallonnées. Le récepteur WCDMA doit donc être capable d'identifier et séparer les différentes composantes afin de les combiner de façon cohérente.

***Le Fast-Fading :**

Si des ondes empruntent plusieurs parcours ayant une différence de longueur égale à une demi-longueur d'onde (soit $(c / f) / 2 = 7\text{cm}$ à 2 GHz), elles arrivent au récepteur quasiment au même instant. Or elles sont déphasées d'une demie-longueur et ont la propriété de s'annuler mutuellement. Cette annulation de signal due aux trajets multiples est appelée Fast-Fading et peut intervenir lorsque le récepteur est immobile ou se déplace à faible vitesse.

***L'effet near-far :**

Un mobile émettant à une puissance trop élevée peut empêcher tous les autres mobiles de la cellule de communiquer car le premier "éblouirait" le récepteur cet effet **near-far** peut être constaté par exemple par un émetteur au pied de la station de base et d'autres en périphérie ; ces derniers, dont la puissance arrive au récepteur érodée par la distance, seront masqués par le signal du premier. Pour remédier à ce problème important, il est impératif d'établir un mécanisme de contrôle de puissance.

***Les handovers :**

Le mécanisme WCDMA doit prendre en compte le handover, qui implique des connexions et des liens supplémentaires.

7. Les Services offerts par l'UMTS. [8]

Grâce à son débit accru de transmission de données, l'UMTS ouvre la porte à de nouveaux services comme les applications multimédia (vidéo conférence, visiophonie). La qualité de service est généralement définie par les critères suivants :

- **Délai** : temps écoulé entre l'envoi d'un paquet par un émetteur et sa réception par le destinataire. Le délai comprend les délais de propagation, de transmission, de traitement et d'attente dans les systèmes intermédiaires.
- **Gigue sur le délai** : variation du délai de deux paquets consécutifs.
- **Bande passante minimum** : taux de transfert minimum pouvant être maintenu entre deux points terminaux.
- **Fiabilité** : taux moyen d'erreurs d'une liaison.

L'UMTS Propose différentes classes de services (A, B, C, D) en prenant en compte les critères cités au dessus.

Les classes de services sont : A (conversational) et B (Streaming) pour les applications à contrainte temps réel puis C (interactive) et D (background) pour les applications de données sensibles aux erreurs de transmission.

➤ **La classe A : mode conversation (conversational)**

Les applications de cette classe impliquent deux utilisateurs humains ou plus qui échangent des informations voix et/ou vidéo en temps réel. Les exigences sur le délai sont strictes, ces derniers doivent être suffisamment faibles pour ne pas dégrader la perception humaine du signal (visuelle et auditive).

➤ **La classe B: mode flux de données (Streaming)**

Les applications de cette classe impliquent un utilisateur humain et un serveur de données. Le transfert d'information se fait depuis le réseau vers l'utilisateur mobile et la connexion est en temps réel et asymétrique. La sensibilité au délai est moins stricte pour cette classe que pour la classe A car il n'y a pas d'interactivité entre les deux entités.

➤ **La classe C : mode interactif (interactive)**

Les applications de cette classe impliquent un utilisateur humain et un serveur de données ou d'applications. La connexion est, dans ce cas, basée sur le principe du requête-transfert. La requête se fait depuis le terminal mobile vers le serveur et le transfert depuis le serveur vers le terminal mobile. L'utilisateur attend certes une réponse rapidement mais les délais restent bien plus importants que pour les classes Conversationnelle et Diffusion. La priorité est mise sur la fiabilité car les données transférées ne doivent pas être altérées. Il est donc possible de traiter ces applications comme non temps réel sans dégrader leur qualité de service.

➤ **La classe D : mode tâche de fond (background)**

Les applications de cette classe impliquent un utilisateur, le plus souvent un équipement terminal, qui envoie ou reçoit des données en tâches de fond. L'utilisateur à l'origine de la requête n'attend pas de réponse dans une limite de temps fixée. En revanche, l'intégralité des données est primordiale.

Le tableau 6 récapitule, pour les quatre classes de trafic, leurs caractéristiques et leurs exigences de qualité de service.

Classe de service	caractéristiques	Exemples	Exigence en QoS
Conversational	-transport bidirectionnel entre 2 personnes. -contraintes de QoS basées sur la perception humaine. -temps réel.	Voix sur IP Jeux vidéo Vidéo conférence	Faible délai Faible gigue
Streaming	-transport unidirectionnel vers une personne -temps réel.	Flux vidéo Flux audio multimedia	Faible délai
Interactive	-transport bidirectionnel entre un usager et un serveur. -non temps réel.	Navigation Internet Accès bases de données	Faible taux d'erreur
Background	-transport unidirectionnel vers une machine. -non temps réel	Courrier électronique Transfert de fichier Transfert de données	Faible taux d'erreur

Tableau 6« Récapitulatif sur les services de l'UMTS »

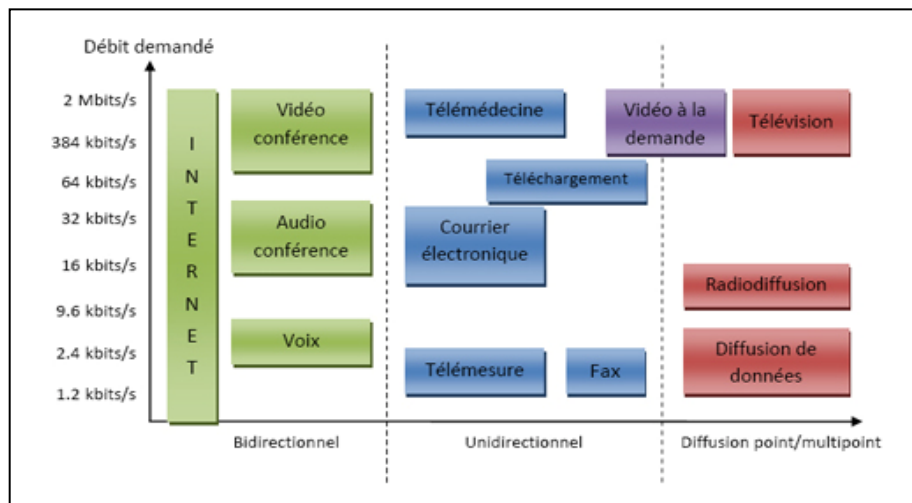


Figure II.20 « Les caractéristiques des services de l'UMTS »

Conclusion.

Le système UMTS repose sur la technique d'accès multiple WCDMA .Cette dernière a permis à l'UMTS d'ouvrir la porte à des applications et des services nouveaux avec des débits très élevés telle que la vidéo conférence. Cette évolution nécessite cependant le renouvellement de nombreux composants du réseau en place et nous laisse encore aujourd'hui dans une phase de transition avec une couverture partielle du réseau UMTS, dans la plupart des pays qui l'ont déjà installé. Dans le cas de l'Algérie, l'UMTS est dans la phase de test pris en charge par l'opérateur ATM Mobilis.

Chapitre III

Découpage en cellules dans le réseau UMTS

Introduction

Les modèles classiques de planification adoptés dans les systèmes cellulaires TDMA ne sont plus valides pour les réseaux 3G. En effet, ces modèles sont basés uniquement sur la prédiction du niveau du signal et ils ne tiennent compte ni de l'effet du trafic sur la capacité de la cellule, ni de l'impacte du mécanisme de contrôle de puissance sur le niveau d'interférence globale dans le système. Pour l'UMTS, et grâce à la technique d'accès de type CDMA, le dimensionnement se fait en tenant compte de l'interférence et en essayant de garantir une certaine qualité cible pour chaque connexion radio. Ainsi, la capacité va dépendre du niveau d'interférence tolérable dans le système et le choix des emplacements des sites doit nécessairement tenir compte à la fois des aspects de couverture et de capacité.

Ce chapitre est constitué de trois parties, la première présente les concepts généraux liés à la planification, la deuxième partie est consacrée aux méthodologies de planification WCDMA et dans la troisième partie, nous détaillerons la démarche de dimensionnement.

1. Les cellules du réseau UMTS.

Un réseau cellulaire est un réseau de télécommunications avec les caractéristiques suivantes : utilisation des ondes radio, télécommunications mobiles, mobilité des usagers du réseau et zone de couverture.[12]

Une cellule est une zone géographique couverte par un émetteur et utilisant une plage de fréquences pour les communications qu'elle couvre. La taille d'une cellule est variable des centaines mètres à une dizaine de kilomètres.

La taille des cellules :

- Taille maximum : limite par l'affaiblissement.
- Taille minimum : en fonction du trafic ; plus la densité du trafic écoulé est élevée, plus les cellules deviennent petites. Augmentation du trafic engendre les problèmes de handover.

L'UMTS utilise des fréquences plus élevées que les mobiles de deuxième génération. Pour cette raison ses cellules sont plus petites (environ 80% des cellules sont des pico et micro cellules). L'UMTS se développe sous la forme d'îlots et se déploie progressivement.

- **Les pico-cellules :** Le rayon de ces cellules est d'environ 100m. Ses antennes sont installées à l'intérieur des immeubles. [13]

- **Les micro-cellules :** La puissance des antennes est plus élevée et de hauteur de 5m au dessus du sol. Le rayon de ces cellules est de 500m avec un débit de 2Mb/s. [13]
- **Les macro-cellules :** La hauteur des antennes est de 3m au dessus des toits et le rayon de ces cellules est de 2 Km. Le débit varie entre 144Kb/s et 384 Kb/s en fonction de la mobilité. [13]
- **Les cellules rurales :** La hauteur des antennes peut aller jusqu'à 30 m au dessus du sol et chaque antenne peut couvrir une cellule de 8 Km de rayon mais le débit est réduire à 144Kb/s. [13]

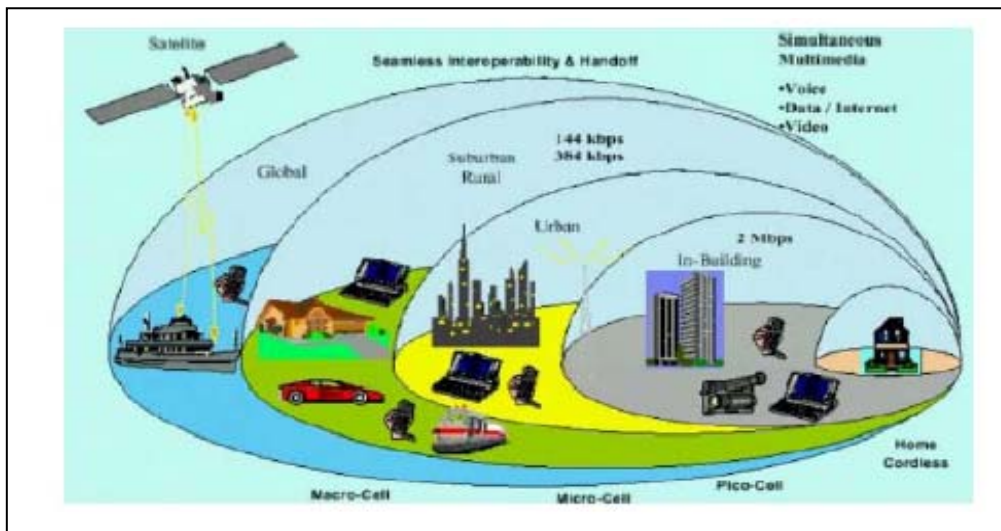


Figure III.1 « Couverture globale de l'UMTS »

2. Le contrôle de la mobilité par le réseau (handover). [3]

2.1. Le handover en GSM.

Dans la technologie GSM, le mobile est en communication avec un seul équipement radio. Le changement de la cellule se traduit par un basculement de l'ancien canal vers un nouveau canal. Ce basculement entraîne une coupure de la transmission, correspondant au temps pendant lequel l'ancien canal n'est plus utilisé et le nouveau canal pas encore utilisable. Cette durée, de l'ordre de la centaine de millisecondes, est suffisamment faible pour ne pas perturber une communication de phonie.

Le handover des réseaux GSM est également appelé hard handover.

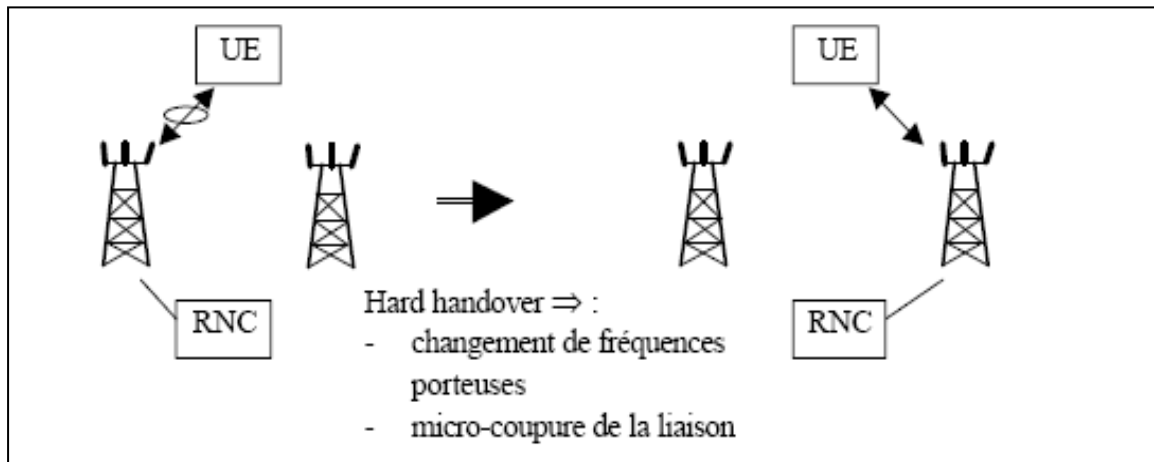


Figure III.2 « Le hard handover »

2.2. Le handover en UMTS (soft handover). [3]

Les réseaux CDMA utilisent une technique de handover différente, baptisée soft handover où la transmission n'est pas interrompue lors du changement de cellule.

La technique de soft handover permet au mobile d'être connecté simultanément à plusieurs stations de base. Les mêmes informations usager sont transmises sur les liens radio utilisés simultanément, ce qui permet au mobile et au réseau de bénéficier d'un gain de diversité.

Dans le sens montant, le signal transmis par le mobile, utilisant le code de brouillage C_S , est reçu par les différents Node B pour être retransmis vers SRNC.

Dans le sens descendant, les Node B engagés dans le soft handover transmettent simultanément les mêmes informations usager en direction du mobile. Chaque Node B utilise les codes de brouillage C_{S1} et C_{S2} propre à chaque cellule.

L'ensemble des liens radio utilisés simultanément entre le réseau et le mobile est appelé active set. Il peut exister jusqu'à six liens radio dans l'active set.

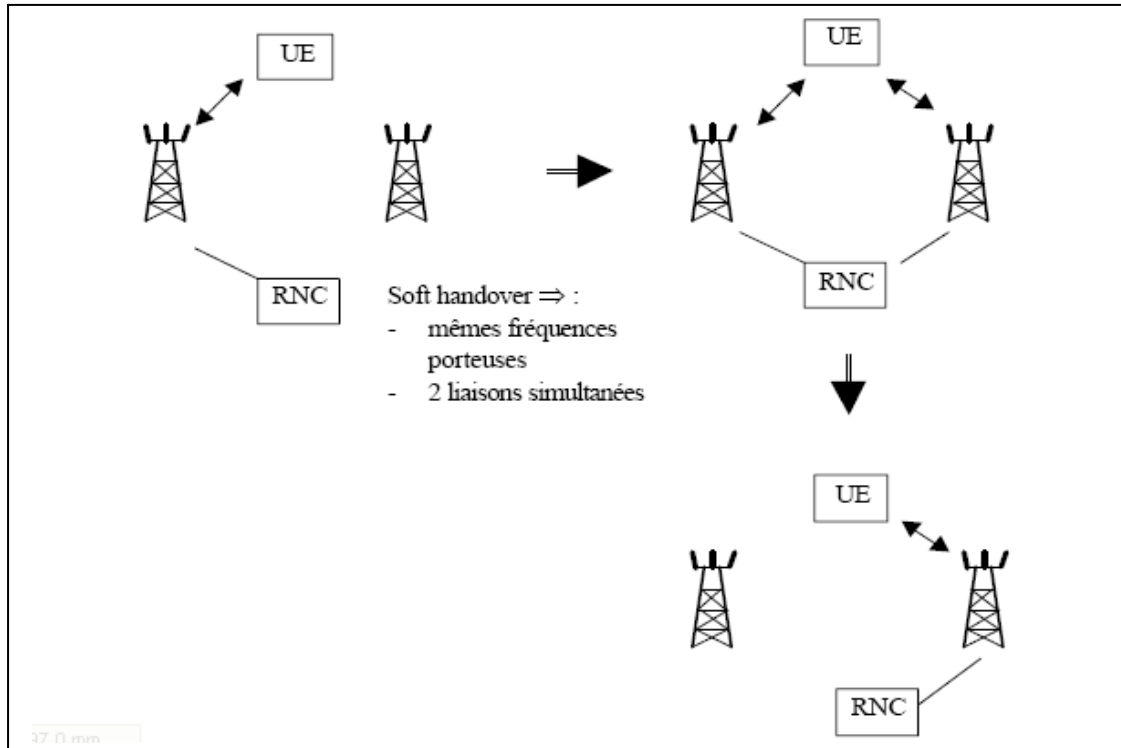


Figure III.3 « Le soft handover »

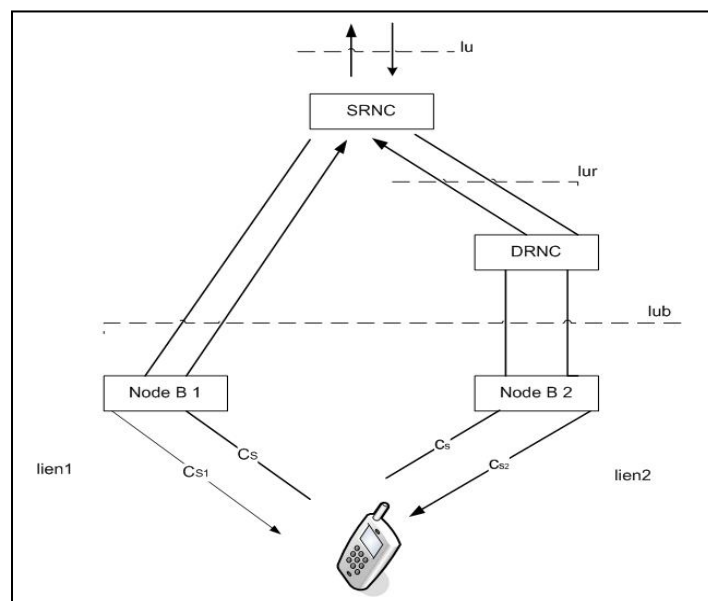


Figure III.4 « Soft handover impliquant deux Node B »

3. La gestion de la mobilité.

Lorsque la connexion est établie entre L'UTRAN et l'UE, la gestion de la mobilité ne revient plus au réseau cœur, mais au SRNC. C'est lui qui va suivre les déplacements de l'UE à la cellule près. Cependant lorsque cet UE change trop souvent de cellule, le SRNC peut le

placer dans un autre état radio, celui de l'URA, une zone de localisation de plusieurs cellules qui n'est pas connue du réseau cœur. Pour identifier les données émises par un UE et gérer sa mobilité, l'UTRAN utilise des identificateurs (trois identificateurs pour associer un UE à un SRNC, CRNC et DRNC unique et un identificateur pour l'identifier de façon unique dans l'UTRAN). [8]

4. Puissance des Pilotes.

Le CPICH est un facteur très important pour le handover, la sélection et la resélection de cellule. La puissance du canal pilote indique au mobile la cellule à laquelle, il doit se rattacher, elle définit de cette façon l'étendue de la cellule. En fonction des puissances des pilotes reçues, le mobile décide à combien de stations il sera rattaché, ce qui rend possible la mobilité dans le réseau d'une part, et le renforcement du lien radio d'autre part. La puissance des pilotes détermine la surface de couverture des stations de base. Si la puissance décroît, la cellule devient plus petite par contre si la puissance devient plus grande, la cellule s'agrandit. Augmenter la taille de la cellule revient à dire que plus de mobiles seront connectées à la cellule de la station de base en question. [9]

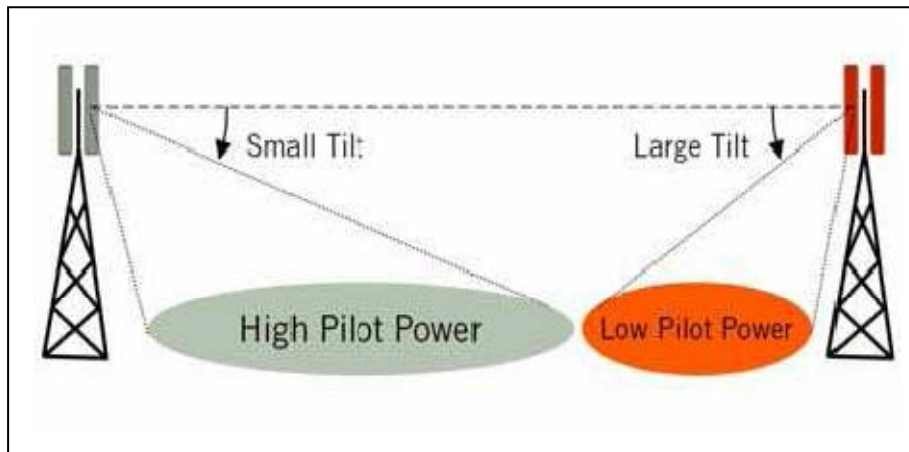


Figure III.5 « Influence du tilt et de la puissance du Canal pilote sur la couverture »

5. Macro-diversité.

Un mobile s'attache à la station qui lui offre la meilleure qualité du lien radio sur le canal pilote. Quand un mobile passe d'une cellule à une autre, il voit le pilote de la première station s'affaiblir, et celui de la seconde croître progressivement. Lorsque l'intensité des deux pilotes est assez proche (3 dB d'écart par exemple), un lien radio est établi avec chacune des deux cellules (voir figure III.6). Le mobile est alors attaché aux deux stations de base en même temps, ce qui permet de combattre les effets d'évanouissement et de masquage par exemple, et

de garantir une bonne continuité de service. Le mobile recombine les deux signaux qu'il reçoit afin d'en extraire le maximum d'information (algorithme de Maximum Ratio Combining). Dans le sens montant, le mobile est reçu par les deux stations de base et le réseau reconstitue le signal utile en évaluant à chaque instant le meilleur signal reçu sur les deux liens (algorithme de sélection). [14]

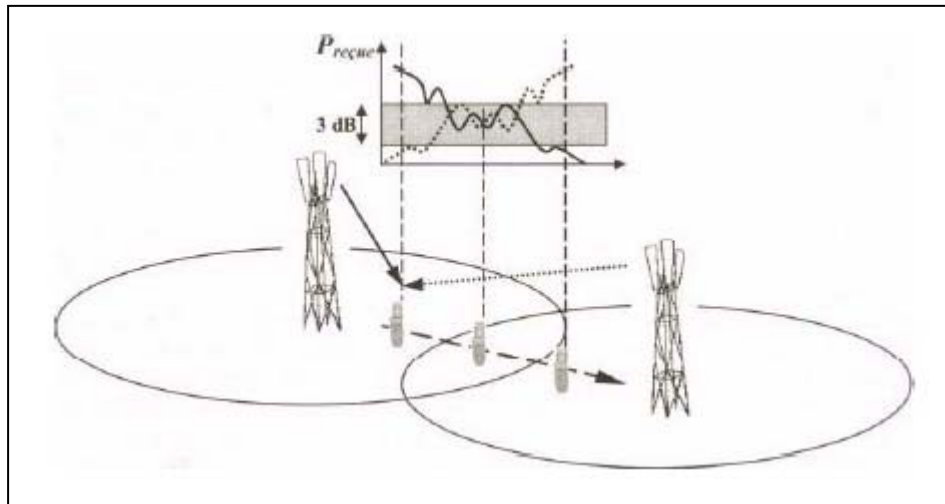


Figure III.6 « Etablissement de deux lien radio »

6. Evaluation des interférences. [14]

Considérons la communication d'un mobile à une station de base donnée. Cette communication est brouillée par les communications des autres mobiles. Dans chaque sens de liaison, on distingue les interférences causées par les communications dans la même cellule, qu'on appelle interférences "intra cellulaires", et les interférences causées par les communications des mobiles en dehors de la cellule, qu'on appelle interférences "inter cellulaires".

6.1. Interférences intracellulaires.

Dans le sens descendant, le mobile reçoit un signal utile provenant de la station de base, mais il reçoit aussi la somme des signaux destinés aux autres mobiles de la cellule. À leur émission, ces différents signaux sont orthogonaux (multiplexage synchrone par des codes orthogonaux). En raison des trajets multiples suivis par les signaux, l'orthogonalité n'est pas parfaite à la réception. Pour cela, on définit un facteur d'orthogonalité qui mesure ce niveau d'orthogonalité.

Pour le sens montant, le signal émis par un mobile est interféré par les signaux provenant de tous les mobiles de la même cellule. Ces signaux ne sont pas synchronisés et leur effet est perçu comme un bruit blanc. Pour ce cas, généralement, on considère une

absence d'orthogonalité entre les mobiles et le facteur d'orthogonalité sera pris égal à l'unité.

6.2. Interférences intercellulaires.

Vu que toutes les stations de base utilisent la même bande de fréquences, l'interférence intercellulaire compte beaucoup lors de l'évaluation de la qualité de la communication. L'interférence intercellulaire varie entre le lien montant (UL) et le lien descendant (DL).

Dans le sens UL, un mobile est gêné par les communications des mobiles se trouvant dans les autres cellules. Sur le lien DL, le mobile reçoit, en plus du signal utile, une somme de signaux émis par les autres stations de base présentes dans le système.

7. Le contrôle de la puissance. [15]

Le contrôle de puissance 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 à la station de base. Ce problème de puissance se pose aussi pour les puissances émises par la station de base pour limiter les interférences inter cellulaires. Le contrôle de puissance est donc nécessaire dans les deux sens.

7.1. Le contrôle de puissance en boucle fermée.

Ce contrôle de puissance permet de compenser les évanouissements rapides qui dégradent régulièrement le signal.

Dans le sens montant, il est basé sur le principe suivant : la station de base réalise des estimations fréquentes du rapport sur interférences (SIR) et les compare à une valeur cible. Si la valeur estimée est supérieure à la valeur cible, la station de base demandera au terminal mobile de diminuer sa puissance d'émission. A l'inverse, si elle est inférieure, il sera demandé au terminal d'augmenter sa puissance d'émission. Cette opération est réalisée 1500 fois par seconde (1500Hz) pour l'UMTS.

Ce principe est aussi utilisé dans le sens descendant, mais l'objectif est de minimiser les interférences inter cellulaires.

7.2. Le contrôle de puissance en boucle externe.

Ce contrôle de puissance permet d'ajuster les valeurs cibles des SIR en fonction de l'utilisation du lien radio de façon à assurer une qualité constante. Pour cela, la station de base ajoute aux trames reçues dans le sens montant un indicateur de qualité. Cet indicateur est alors traité par le BSC qui, si la qualité est en baisse, commandera en retour à la station de base d'augmenter la valeur des SIR cibles.

7.3. Le contrôle d'admission en boucle ouverte.

Ce contrôle permet d'évaluer les pertes du canal entre la station de base et l'utilisateur afin de définir à quelle puissance le terminal mobile doit émettre pour compenser les phénomènes d'évanouissements.

8. Réutilisation des fréquences dans les réseaux cellulaires. [3]

8.1. Cas GSM.

La planification cellulaire des réseaux GSM consiste à attribuer à chaque cellule une fréquence porteuse à bande étroite (200 KHz). En raison de la technique d'accès multiple FDMA/TDMA de l'interface radio GSM, l'opérateur se doit respecter une certaine distance géographique entre deux cellules utilisant la même fréquence afin de limiter les interférences et les collisions entre les ressources attribuées aux usagers. Un procédé classique de planification cellulaire consiste à définir un motif, dit motif de réutilisation, qui est répété sur tout ou partie du réseau. À titre d'exemple, la figure III.7 montre l'utilisation d'un motif de taille 7.

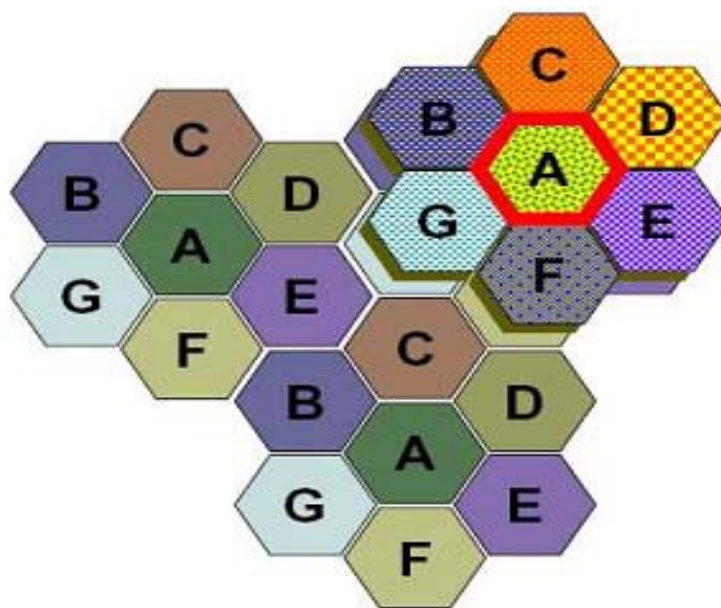


Figure III.7 « Réutilisation des fréquences en GSM »

Cette technique pose certains problèmes, en particulier lorsque l'opérateur souhaite densifier son réseau en ajoutant des cellules à une zone déjà couverte. Une telle opération ne peut se faire sans une modification plus ou moins profonde sur la planification en place.

8.2. Cas UMTS.

En règle générale, les cellules du système UMTS utilisent toutes la même fréquence. La planification cellulaire des systèmes CDMA apparaît donc comme beaucoup plus simple que celle des systèmes de type FDMA/TDMA.

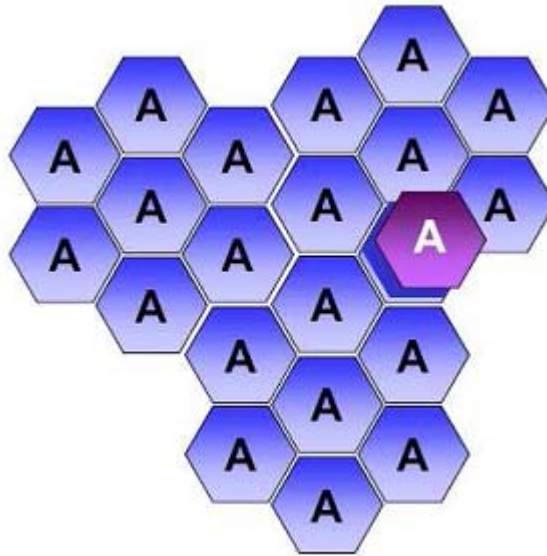


Figure III.8 «Réutilisation d'une même fréquence sur toutes les cellules en UMTS»

9. Capacité et couverture de l'UMTS.

9.1. Capacité.

La rentabilité du réseau est étroitement liée à sa capacité, c'est-à-dire à la quantité d'informations pouvant être échangée simultanément. Dans un contexte mono service, le nombre d'utilisateurs définit la capacité. Dans le système UMTS, où plusieurs services seront offerts et où la consommation en ressources radio diffère d'un service à l'autre, plutôt que de raisonner sur le nombre de mobiles, la capacité peut être définie comme le débit global écoulé dans le réseau par exemple. Le nombre maximal de communications ne dépend pas uniquement des ressources "dures", à savoir du nombre de codes disponibles, mais aussi des interférences. [14]

9.1.1. Les limites de capacité. [3]

Dans un système de transmission, la réception correcte des informations transmises requiert un certain rapport entre l'énergie reçue par bit d'information et le bruit ou le niveau

d'interférence ambiant. Ce rapport, appelé rapport signal à bruit, s'exprime sous la forme suivante.

(E_b/N_0) = Energie par bit utile/densité spectrale du bruit

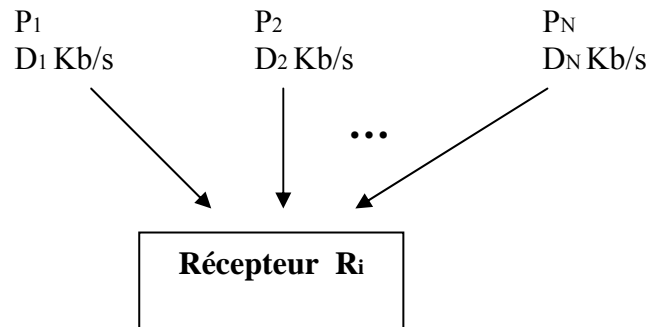


Figure III.9 « capacité des récepteurs CDMA »

Du point de vue du récepteur CDMA, l'énergie par bit utile peut s'exprimer sous la forme du rapport entre la puissance reçue, P_i pour l'utilisateur i , et le débit utile D , soit

$$E_b = P_i / D.$$

Concernant la densité spectrale du bruit, on peut considérer que la source majeure de bruit dans le système provient des signaux émis par les $(N-1)$ autres usagers du système. Si on considère que le contrôle de puissance est parfaitement réglé ($P_1 = P_2 = \dots = P_i$), on pourra donc estimer N_0 à :

$$N_0 = \frac{(N-1) \cdot P_i}{B}$$

B étant la bande de transmission du signal (soit 5MHz en UMTS).

Le rapport signal à bruit s'écrit donc sous la forme :

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{\frac{P_i}{D}}{\frac{(N-1) \cdot P_i}{B}} = \frac{B}{D \cdot (N-1)}$$

En négligeant la différence entre N et $N-1$, on a : $N \approx (B/D) \cdot (E_b/N_0)^{-1}$

9.2. Couverture.

Un mobile est couvert par le réseau si les trois conditions suivantes sont vérifiées :

- Il peut décoder les informations sur le réseau. Le mobile doit recevoir au moins un signal pilote avec une qualité suffisante. Il s'agit de la couverture "pilote" .
- 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 de ce mobile vers la station de base est inférieure à la puissance maximale d'émission du mobile. Le mobile est alors couvert dans le sens montant.

Dans les trois cas, la couverture d'un mobile dépend fortement des interférences, donc de la distribution du trafic dans le réseau. Ainsi, une station de base qui sert beaucoup de mobiles voit sa zone de couverture se réduire. Par exemple, dans la figure III.10, la station (a) est beaucoup plus chargée que sa voisine (b) et sa couverture est donc inférieure. On parle alors de phénomène de respiration de cellules. Si le recouvrement avec les voisines est insuffisant, des trous de couverture apparaîtront, et des appels seront rejetés. Afin d'éviter ces phénomènes de trous de couverture liés à l'augmentation du trafic, des algorithmes de contrôle d'admission sont mis en œuvre. La couverture et la capacité sont donc deux grandeurs fortement liées dans les réseaux WCDMA. [14]

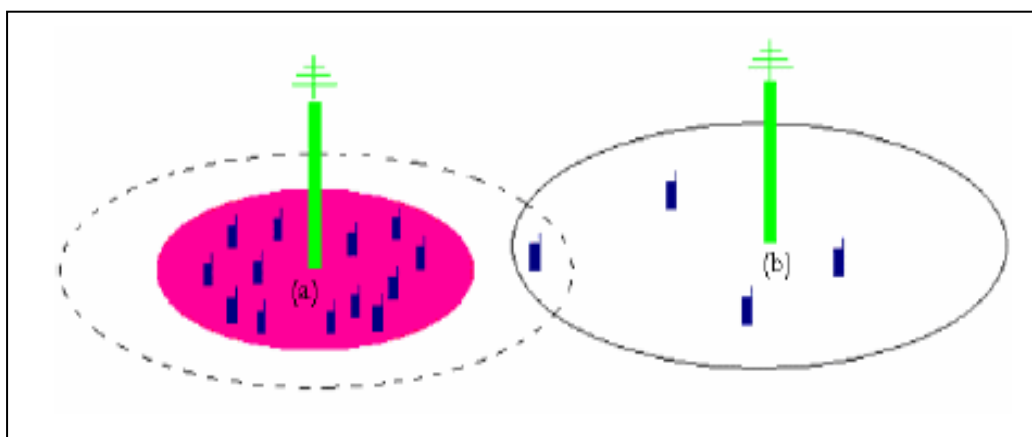


Figure III.10 « Effet de respiration de cellule »

10. Les antennes.

10.1. Définition.

Une antenne est un transducteur qui permet de générer à partir des signaux électriques, des ondes électromagnétiques (OEM). En réception, elle joue le rôle d'un capteur qui convertit des OEM en tensions électriques. On distingue deux types d'antennes [16] :

- Les antennes filaires : dont les longueurs sont proportionnelles à la longueur d'ondes (λ), exemple : les $\frac{1}{2}$ ondes, les $\frac{1}{4}$ d'ondes...etc.

Elles sont utilisées pour les transmissions entre les mobiles et les BTS.

- Les ouvertures rayonnantes : Elles se caractérisent par une directivité très forte, elles sont utilisées pour les transmissions entre les stations de bases et les BSC à travers les faisceaux hertziens. Pour cela il faut que l'émetteur et le récepteur soient en visibilité directe.

10.2. Les caractéristiques des antennes. [17], [16]

Notations :

$P(r, \theta, \varphi)$	[W/m ²]	densité de puissance radiale.
P_F	[W]	puissance fournie à l'antenne.
P_E	[W]	puissance émise.
P_R	[W]	puissance reçue.
$D(\theta, \varphi)$	[-]	directivité de l'antenne.
$G(\theta, \varphi)$	[-]	gain directif de l'antenne.
G_0	[-]	gain de l'antenne.

10.2.1. Principe de réciprocité.

Le principe de réciprocité stipule qu'une antenne peut être utilisée indifféremment en émission ou réception.

10.2.2. Antenne isotrope.

On appelle une antenne isotrope une antenne théorique rayonnante uniformément de toutes les directions de l'espace.

A une distance r la densité de puissance vaut :

$$P_{\text{iso}}(r, \theta, \varphi) = P_E / 4\pi r^2$$

L'antenne isotrope est intéressante pour le calcul théorique, il est important de noter qu'elle est impossible à réaliser dans la pratique.

10.2.3. Directivité.

La directivité d'une antenne est définie ainsi :

$$D(\theta, \varphi) = P(r, \theta, \varphi) / P_{\text{iso}}$$

La directivité indique dans quelles directions la densité de puissance est meilleure ou moins que celle de l'antenne isotrope. La directivité ne dépend pas de r .

10.2.4. Gain en puissance et rendement.

- Le gain d'une antenne : $\eta = P_E / P_F$
- Le gain en puissance dépend de la fréquence de signal émis. Il est très faible aux basses fréquences mais atteint des valeurs de 75% à 95% pour des fréquences supérieures à 1 MHz.

Les différents types de gain en puissance d'une antenne sont les suivants :

- Gain directif : $G(\theta, \varphi) = \eta \cdot D(\theta, \varphi)$.
- Gain: $G_0 = \max(G(\theta, \varphi))$.

10.2.5. Le diagramme de rayonnement.

On définit $R(\theta, \varphi) = G(\theta, \varphi) / G_0$, ce rapport est la fonction caractéristique de rayonnement. Sa représentation s'appelle surface caractéristique de rayonnement. Comme la surface caractéristique est à trois dimensions (figure dans l'espace), on se contente souvent de représenter certaines coupes de cette surface, ces coupes s'appellent diagramme de rayonnement.

On définit plusieurs paramètres, essentiellement : le lobe principal, qui est la direction dans laquelle le champ électromagnétique est maximum, les lobes secondaires, l'angle d'ouverture à -3dB qui correspond à $R(\theta, \varphi) = 1/2$.

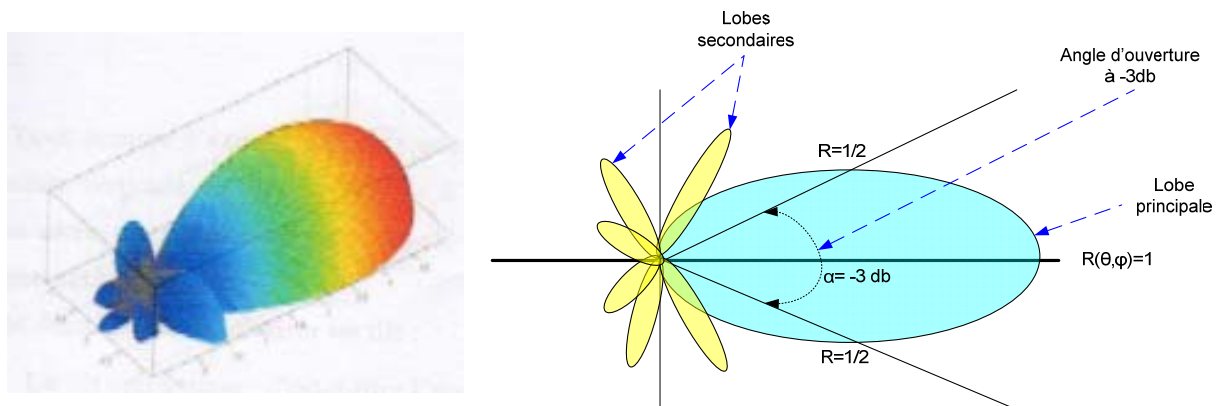


Figure III.11 « Exemple de diagramme de rayonnement d'une antenne »

10.2.6. Tilts.

Le tilt d'une antenne correspond à son angle d'inclinaison dans un plan vertical. En tiltant l'antenne vers le bas, ce qui correspond à une augmentation de l'angle du tilt, la zone de couverture de l'antenne diminue et l'intensité de la puissance moyenne reçue dans la cellule augmente. [9]

10.2.7. Azimuts.

L'angle d'azimut correspond à l'orientation du lobe principal de l'antenne dans le plan horizontal. La modification de l'angle d'azimut peut être utile suite à un effet de masque lié au paysage ou à des bâtiments, qui peuvent causer des réflexions et des interférences indésirables. [9]

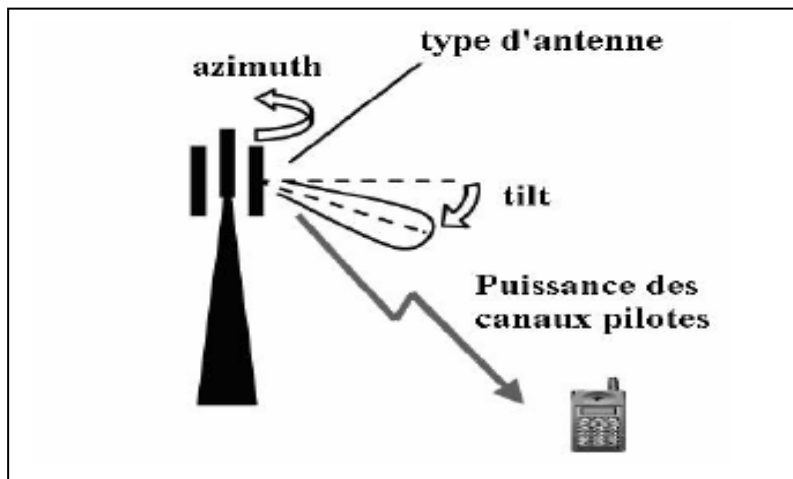


Figure III.12 « Azimut et tilt d'une antenne »

10.3. Les types d'antenne. [18]

10.3.1. Antennes omnidirectionnelles.

Ces antennes ont un gain variant de 0 à 15 dBi environ. Leur rayonnement s'effectue sur 360°. Ce type d'antenne est utilisé dans la couverture des zones de faible densité de trafic.



Figure II.13« Exemple d'une antenne omnidirectionnelle »

10.3.2. Antennes directionnelles.

Ces antennes ont habituellement un gain élevé, de 5 dB jusqu'à 24 dB environ, avec un rayonnement directif. Une antenne directive est caractérisée par son gain, mais également par son angle d'ouverture. Les sites UMTS sont souvent équipés de trois ou six antennes directives de manière à couvrir 360°.

Ce type d'antenne est utilisé dans :

- La région urbaine dense, avec gain de 18 dBi.
- La région urbaine et suburbaine, le gain de 16 dBi.

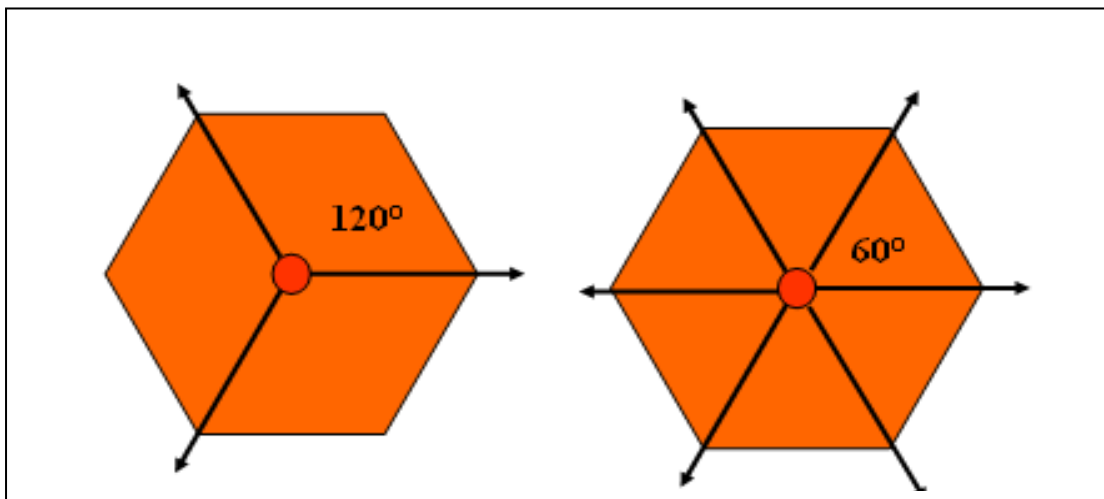


Figure III.14 « Antennes Tri-sectorielle et 6-sectorielle »

11. La propagation radioélectrique.

Avant d'entamer le processus de planification, il faut avoir une idée sur la propagation radio à savoir les modes de propagation, les échelles de variation et les modèles de propagation.

11.1. Les modes de propagation.

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

- **La réflexion :** lorsqu'une onde, se propage dans un milieu, rencontre un deuxième milieu ayant des propriétés électriques différentes, elle est partiellement réfléchiée et transmise. [19]

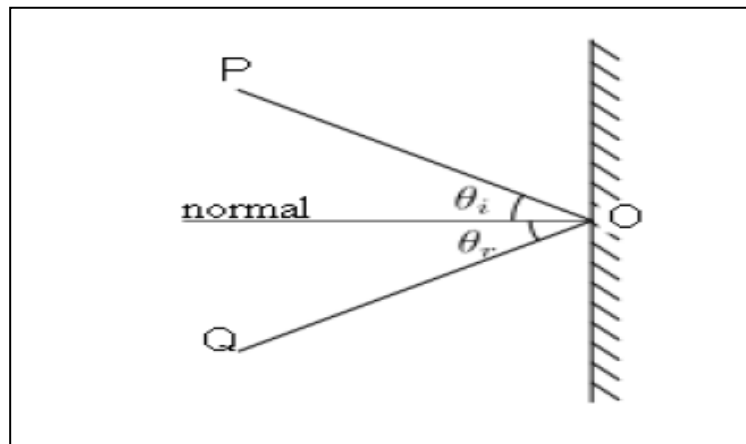


Figure III.15 « Phénomène de réflexion »

- **La réfraction :** Quand une partie de l'énergie de l'onde incidente passe à travers la surface de l'obstacle (l'air, une voiture...). [19]

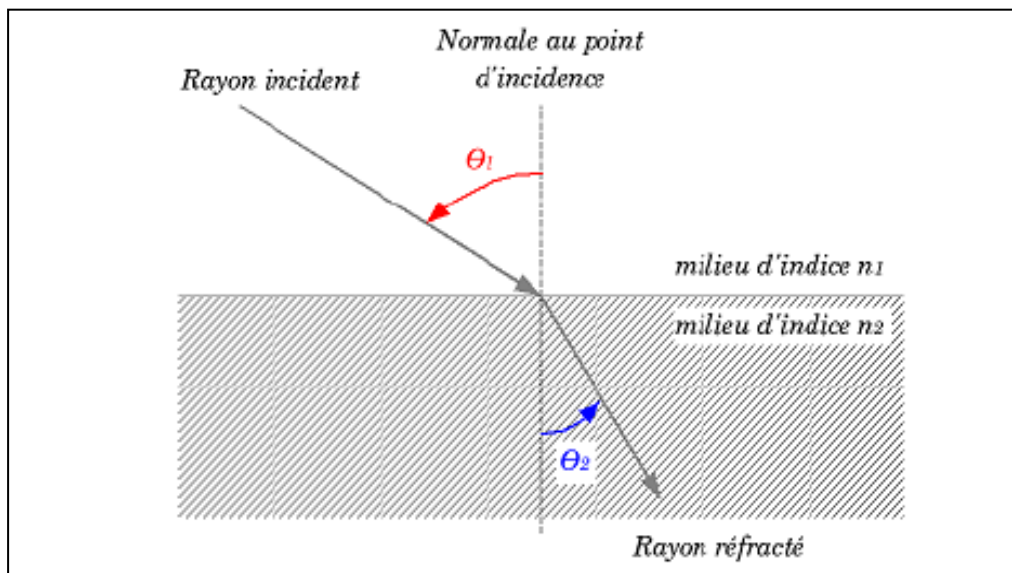


Figure III.16 « Phénomène de réfraction ».

- **La diffusion :** est le phénomène par lequel une onde est déviée dans de multiples directions. Elle se produit lors de la rencontre d'un obstacle dont la surface n'est pas parfaitement plane et lisse. [20]

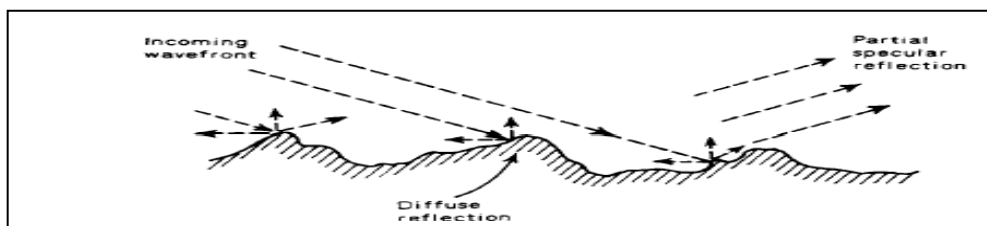


Figure III.17 « Phénomène de diffusion »

- **La diffraction :** Elle se produit lorsque le chemin entre l'émetteur et le récepteur présente plusieurs irrégularités aigues. Ce phénomène dépend aussi bien de la géométrie de l'objet que de l'amplitudes, la phase et la polarisation de l'onde incidente. Le phénomène de diffraction est expliqué par le principe de Hygens qui énonce que tout point sur lequel une onde se diffracte peut être considéré comme une source d'ondes secondaires, ces ondes interfèrent pour donner une onde dans la direction de propagation. [9]

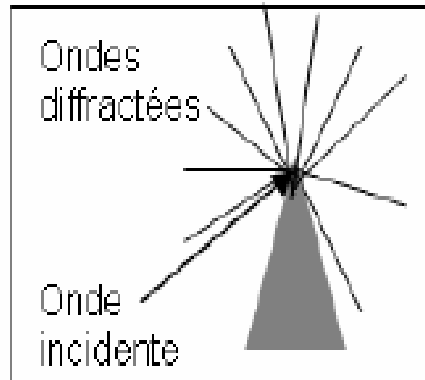


Figure III.18 « Phénomène de diffraction »

11.2. Les échelles de variation.

Il y a trois échelles de variation du niveau du champ électromagnétique reçu par le récepteur.

11.2.1. Variation à grande échelle.

Ce phénomène porte le nom de PATH LOSS. Il caractérise l'affaiblissement que subit une onde électromagnétique lorsqu'elle parcourt une distance. L'atténuation subite par le signal dépend de l'environnement de propagation, la fréquence porteuse, la distance entre l'émetteur et le récepteur. [20]

11.2.2. Variation à moyenne échelle.

C'est l'effet de masque (Shadowing). Les obstacles naturels et artificiels ont une influence sur la propagation du signal ce qui diminue la puissance de ce dernier. [19]

11.2.3. Variation à petite échelle.

Ce phénomène est le Fast Fading (multipath fading). Il est lié au fait que l'onde reçue est une superposition de plusieurs copies du signal ayant emprunté des chemins différents. Ces copies ont des propriétés différentes (amplitude, phase,...) peuvent avoir un impact positif sur le signal reçu mais peuvent également le dégrader, l'affaiblissement y est donc probabiliste. [19]

- Le signal résultant de ces trois phénomènes pour un récepteur s'éloignant de l'émetteur est illustré à la figure III.19. Les effets de ces perturbations s'additionnent ou se multiplient selon qu'on les considère à une échelle logarithmique (dB) ou linéaire (Watt). [20]

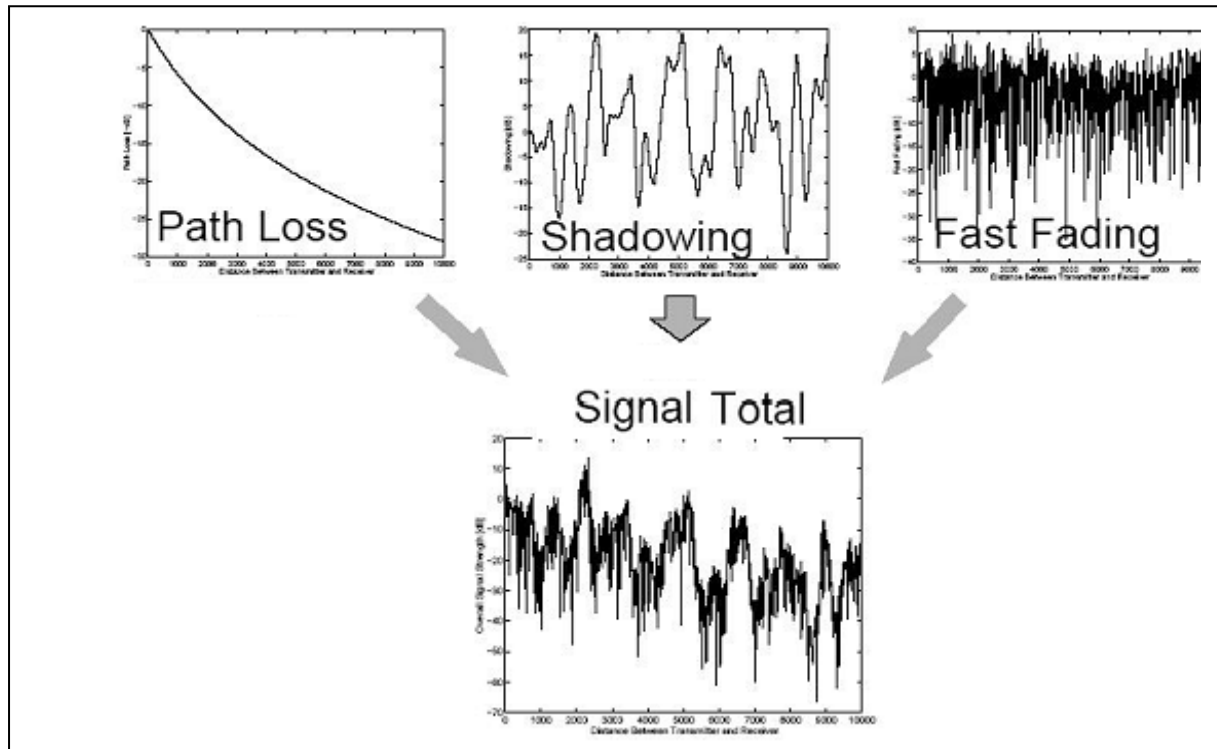


Figure III.19 « Influence du pathloss, Shadowing et Fast Fading sur le signal reçu par le récepteur ».

11.3. Les modèles de propagation. [14]

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.

11.3.1. Modèles macro cellulaires.

Les modèles utilisés en environnement macro sont Hata et COST 231-Hata. Ces modèles s'appliquent pour les tailles de cellules relativement grandes surtout lorsque l'antenne de la station de base est située au-dessus des niveaux des toits avoisinants.

Les conditions d'applications du modèle sont les suivantes :

- Hauteur de l'antenne de la station de base H_b , comprise entre 30 et 200 m.
- Hauteur de mobile H_m , comprise entre 1 et 10 m.

- Fréquence exprimée en MHz.

11.3.1.1. Modèle de Hata.

Le modèle d'Okumura-Hata donne le niveau d'atténuation en fonction de la distance émetteur- récepteur pour une série de fréquences et de hauteur d'antennes. Ce modèle a été défini par Hata en fonction des mesures effectuées par Okumura dans les environnements de Tokyo.

Les conditions de validité de ce modèle sont récapitulées dans ce tableau.

Fréquences	$150 < F < 1500$ MHz
Hauteur de l'antenne de la station de base	$30 < H_b < 200$ m
Hauteur de l'antenne du mobile	$1 < H_m < 10$ m
Distance entre le mobile et la BTS	$1 < d < 20$ Km
Type d'environnement	<ul style="list-style-type: none"> • Urbain (grande et moyenne ville) • Rural

Tableau 7 « Les conditions de validité du modèle de Hata »

L'affaiblissement en dB noté ici L_u est donné par : [14]

$$L_u = 69.55 + 26.16 \log(F) - 13.82 \log(H_b) + [44.9 - 6.55 \log(H_b)] \log(d) - a(H_m) - K \dots\dots\dots(3.1)$$

L_u : Pathloss [dB]

F : Fréquence [MHz]

H_b : Hauteur de la station de base [m]

H_m : Hauteur d'un terminal mobile [m]

d : La distance [Km]

$a(H_m)$: Facteur de correction

K : Facteur de corrélation.

➤ Le paramètre $a(H_m)$ dépend de la hauteur de l'antenne de la station mobile et de l'environnement dont la valeur est : [5]

- Pour une ville de taille moyenne (urbain) :

$$a(H_m) = [(1.1 \log(F) - 0.7) H_m - (1.56 \log(F) - 0.8)] \dots\dots\dots(3.2)$$

- Pour une grande ville (urbain dense):

$$a(H_m) = 3.2 [\log(11.75 H_m)]^2 - 4.97 \dots \dots \dots (3.3)$$

Dans le cas d'un utilisateur au sol, c'est-à-dire pour une hauteur de 1.5m, le coefficient $a(H_m)$ est tout à fait négligeable.

➤ K : facteur de corrélation utilisé dans les environnements suburbain et rural. [13]

- Suburbain : $K = 2[\log(F/28)]^2 + 5.4 \dots \dots \dots (3.4)$

- Rural : $K = 4.78(\log F)^2 - 18.33\log(F) + 40.94 \dots \dots \dots (3.5)$

- Highway : $K = 4.78(\log F)^2 - 18.33 \log(F) + 35.94 \dots \dots \dots (3.6)$

11.3.1.2. Modèle COST231- Hata.

Le modèle COST231-Hata s'applique aux fréquences comprises 1500 et 2000 MHz.

En milieu urbain, l'affaiblissement L_u exprimé en dB est donné par : [14]

$$L_u = 46.33 + 33.9 \log(F) - 13.82 \log(H_b) - a(H_m) + [44.9 - 6.55 \log(H_b)] \log(d) + c_m \dots \dots \dots (3.7)$$

➤ Le paramètre $a(H_m)$ prend les mêmes valeurs ci-dessus.

➤ c_m prend les valeurs suivantes :

- $c_m = 0$ dB pour les villes de tailles moyennes.

- $c_m = 3$ dB pour les grandes villes.

11.3.2. Modèles microcellulaires.

Ces modèles sont utilisés dans les environnements urbains denses.

L'affaiblissement est estimé par la formule suivante : [14]

$$L = 42.6 + 20 \log(F) + 26 \log(d) \dots \dots \dots (3.8)$$

Les conditions d'application de cette équation :

- $d > 0.02$ Km.

- $2000 > F > 800$ MHz.

- Hauteur de l'antenne de la station de base : comprise entre 4 et 50 m.

- Hauteur de l'antenne du mobile : comprise entre 1 et 3 m.

11.3.3. Modèles indoor. [3]

Ces modèles de prédiction sont utilisés pour évaluer l'atténuation subite par l'onde radioélectrique à l'intérieur des bâtiments. Comme exemple de modèle indoor, le modèle de Motley-Keenan.

Le modèle de Motley-Keenan suggère que la moyenne de l'atténuation de parcours PL(d) peut être estimé à partir de l'atténuation de l'espace libre PL(d₀) et du nombre de murs compris entre l'émetteur et le récepteur.

L'atténuation de parcours est :

$$PL(d) = PL(d_0) + \sum_{i=0}^I L_{wi} \dots \dots \dots (3.9)$$

Avec L_{wi} est la valeur de l'atténuation causée par le $i^{\text{ème}}$ mur.

12. Méthodologies de la planification WCDMA.

12.1. Objectifs de la planification.

Le but essentiel de la planification est de déterminer le nombre minimal de sites requis pour assurer la couverture d'une zone bien déterminée en fonction des services offerts et du nombre d'abonnés en tenant compte des contraintes de qualité de service. Donc il faudrait atteindre le maximum de couverture avec une capacité optimale tout en maintenant le coût de déploiement le plus faible possible.

Dans ce contexte, il y a quelques opérateurs qui préfèrent réduire le nombre de stations de base plus que réduire la puissance de transmission et ceci pour des raisons de budget; par contre, d'autres opérateurs préfèrent couvrir la zone d'une manière à réduire la puissance nécessaire dans le sens montant et offrir aux utilisateurs ainsi des services plus consommateurs d'énergie avec une meilleur QoS, et ceci au détriment de l'implantation d'un réseau plus cher avec plus de stations de bases et par suite des frais de communications plus élevés.

Les nouveaux défis dans la planification radio introduits avec la troisième génération des réseaux cellulaires proviennent du fait de la demande de services à différents débits ainsi que des caractéristiques des techniques WCDMA dont l'une des principales est l'interdépendance entre la qualité de service, l'interférence, la taille de la cellule et la charge supportée. La liaison étroite entre couverture et capacité dans les systèmes WCDMA devrait être prise en compte dans le processus de planification du système UMTS. En effet, la

couverture est limitée par le lien montant et ceci à cause de la limitation en puissance d'émission des mobiles. Par contre, le sens descendant cause des limitations sur la capacité et ceci est dû au fait que la station de base a une puissance limitée et qu'elle doit réserver son budget de puissance (en DL) à plusieurs mobiles à la fois, donc quand le nombre d'utilisateurs augmente l'interférence va directement augmenter, alors que dans le sens montant, chaque nouveau utilisateur va avoir sa propre puissance d'amplification. [9]

12.2. Processus de planification WCDMA.

Le déploiement d'un réseau radio WCDMA compte trois phases principales à savoir le dimensionnement, la planification détaillée de la couverture et de la capacité ainsi que l'optimisation. La figure ci-dessous montre les étapes du processus de planification.

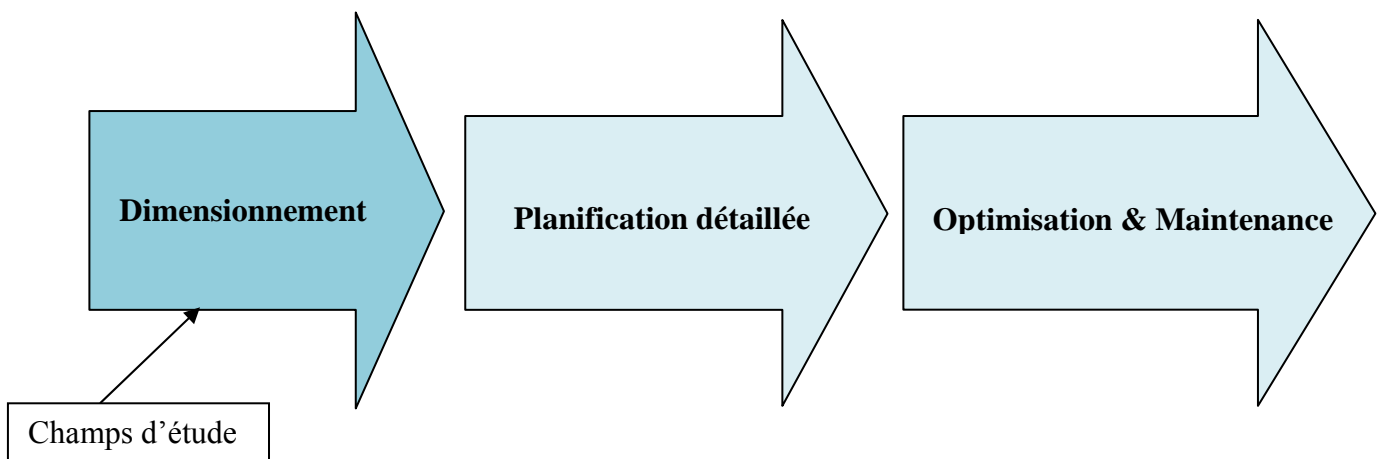


Figure III.20 « Processus de planification en UMTS »

12.2.1. Dimensionnement.

Pour tout système radio mobile, le dimensionnement d'une zone quelconque nécessite l'analyse du bilan de liaison entre mobile et station de base afin de calculer le pathloss maximal et déterminer le rayon de la cellule, ce point sera l'objet du titre (12.3). Quand au dimensionnement du réseau cœur, il permettra, à travers les règles de calcul du trafic généré par les réseaux d'accès, de déterminer les équipements nécessaires en évaluant leurs charges et leurs capacités requises.

12.2.2. Planification détaillée.

Dans cette phase de planification, des informations précises et réelles de propagation au niveau des zones à couvrir sont indispensables aussi bien que des informations concernant la densité d'utilisateurs et leurs trafics. La liste des stations de base déjà installées est également nécessaire afin de les réutiliser et de minimiser les investissements. L'objectif de cette phase est de déterminer avec précision la localisation des stations de base, leur configuration et leurs paramètres.

12.2.3. Optimisation et maintenance.

Comme le cas du GSM, les systèmes WCDMA nécessitent une optimisation continue car les mobiles changent de location de façon continue et donc le trafic va varier entre les zones et dans le temps. Cette variation possède une influence directe sur la qualité radio et la capacité globale du système.

L'optimisation du réseau correspond au processus qui a pour but d'améliorer globalement la qualité du réseau et de s'assurer que les ressources du réseau sont utilisées de façon efficace. Il convient durant cette phase d'analyser le réseau ainsi que d'améliorer sa configuration et ses performances.

12.3. Processus de dimensionnement.

L'objectif de la phase de dimensionnement (planification radio) est d'estimer le nombre de sites, le nombre de stations de base et leur configuration en fonction des besoins et des exigences de l'opérateur ainsi que de la propagation radio spécifique au type d'environnement.

Cette estimation est obtenue suite à la réalisation d'un bilan de liaison qui permet de déterminer l'affaiblissement maximal alloué MAPL (Maximum Allowable PathLoss). Cette valeur servira pour le modèle de propagation afin de déterminer le rayon de cellule. Sachant la taille de la cellule, on pourra donc déterminer pour la zone à planifier le nombre de sites et le nombre de stations de base nécessaires. La figure suivante illustre le processus de dimensionnement.

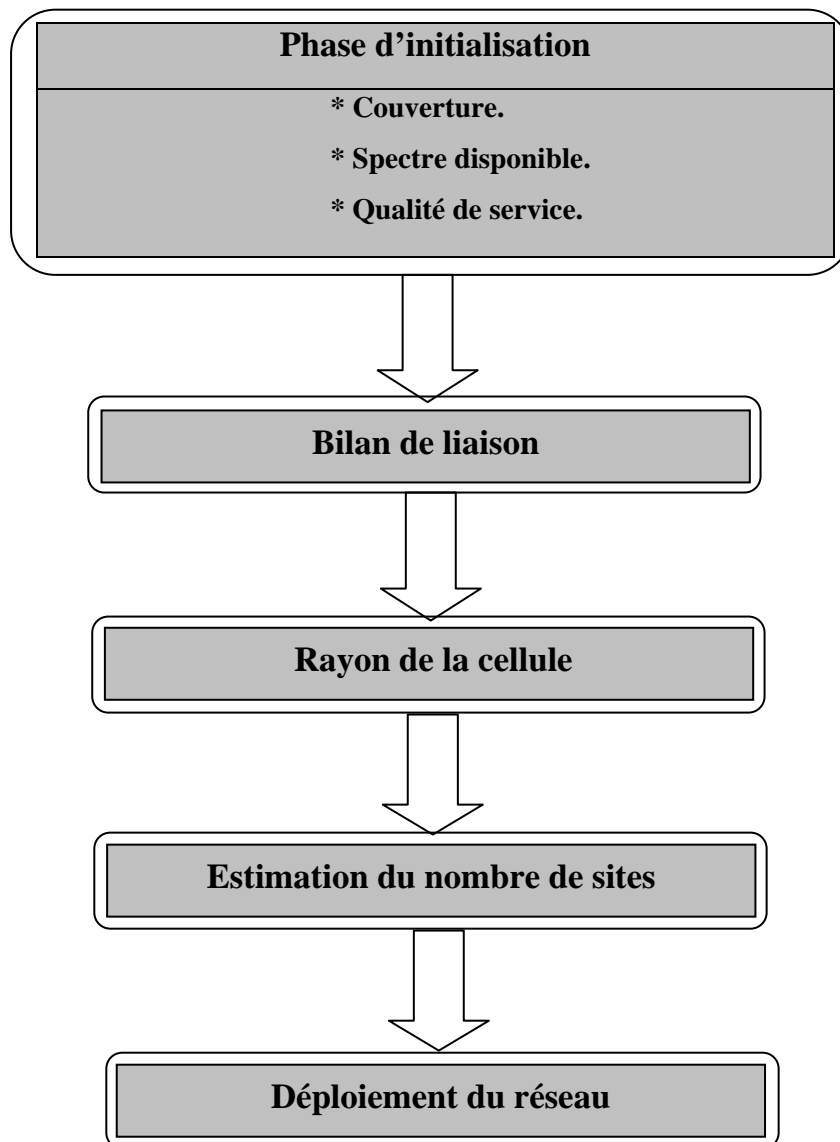


Figure III.21 « Processus de dimensionnement »

12.3.1. La phase d'initialisation.

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

- Couverture ;
 - Zones de couverture,
 - Types d'environnement,
 - Propriétés de propagation.

- Spectre disponible,
- Qualité de service ;
 - Probabilité de couverture,
 - Taux de blocage,
 - Débits utilisateur.

A partir de la phase d'initialisation, on peut estimer les paramètres de lien radio comme le débit des données et le rapport E_b/N_0 , les paramètres des équipements comme la classe de puissance d'équipement mobile.

12.3.2. Bilan de liaison.

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

Le bilan de liaison détermine le **pathloss** maximal admissible (MAPL) d'une liaison donnée.

12.3.2.1. Paramètres du bilan. [9]

a. Paramètres de transmission.

- **Bruit thermique:** sa puissance N_{th} est donnée par $k \cdot T_0$ avec k est la constante Boltzmann ($k = 1.38 \cdot 10^{-20}$ mW/Hz/K) et $T_0 = 293$ K : $N_{th} = -174$ dBm/Hz.

-**Débit Chip T_c** : fixé à 3.84 Mchip/s.

-**Marge de fading de masquage (Shadowing margin):** elle est due aux effets de masquage. Elle est en fonction de la probabilité de couverture de la cellule, localisation de l'UE et du Gain de Soft handover.

b. Paramètres de l'équipement utilisateur.

- **Puissance maximale (PUE)** : elle varie selon la classe des mobiles. Pour les mobiles de classe 3, elle est de 24 dBm. Pour les mobiles de classe 4, elle est de 21 dBm.

- **Gain d'antenne du mobile : GUE**

- **Pertes dans les câbles d'alimentation de l'antenne du mobile L_{fMS}**

- **Perte due au corps de l'utilisateur : LBody.**

c. Paramètres de la BTS.

- **Facteur de bruit NF (Noise Factor)** : il s'agit du facteur de bruit généré au récepteur
- **Pertes de connecteurs et de feeders** : LfBTS
- **Puissance maximale** : la puissance maximale du BTS intervient au niveau du bilan de liaison pour le lien descendant : PBTS
- **Gain d'antenne** : GBTS.

d. Autres paramètres.

- **Marge d'interférence.**

Elle correspond au niveau d'augmentation du bruit dû à l'augmentation de la charge dans la cellule. Donc le calcul du facteur de charge qui mesure la charge pour chaque lien est important afin de pouvoir calculer la valeur de la marge d'interférence. Cette marge a des valeurs typiques qui varient de 3 dB (pour $= 50\% UL\eta$) à 6 dB (pour $=75\% UL\eta$) où $UL\eta$ représente le facteur de charge sur le lien montant.

- **Gain du soft handover.**

Le soft handover offre en plus un gain de macro diversité face au fading rapide. Le gain global de soft handover est de l'ordre de 2 à 4 dB sous des conditions spécifiques.

- **Constante de slow fading.**

Selon l'environnement choisi (indoor, outdoor), on laisse une marge décrivant les effets de masque.

- **Marge de fading rapide ou Fast fading.**

Cette marge de fast fading correspond au headroom du contrôle de puissance. La notion de TPC headroom (Transmit Power Control Headroom) est définie comme une réserve de puissance conservée par le terminal afin de pouvoir augmenter sa puissance d'émission dans le cas du contrôle de puissance rapide en boucle fermée. Cela s'applique en particulier pour les terminaux mobiles à faible vitesse qui sont sujets au fast fading. Une valeur typique de cette marge est de 2 à 5 dB.

- **Gain de traitement Gproc (Processing Gain).**

Qui provient du principe d'étalement des fréquences est donné par :

$$G_{proc} = 10 \cdot \log (\text{débit chip/débit services})$$

- **E_b/N_0 requis.**

Est la valeur caractérisant la qualité de service à atteindre pour le service en question où E_b représente l'énergie par bit du signal et N_0 représente la densité spectrale du bruit (en Watt/Hz). Ce rapport est difficile à déterminer car il dépend du débit, du service, du profil des multi trajets, de la vitesse du mobile et de la structure des antennes de la station de base. En effet, plus les exigences en terme de E_b/N_0 sont élevées, plus faible serait la capacité du système et plus faible serait le nombre d'utilisateurs qui pourraient être servis simultanément.

12.3.2.2. Bilan de liaison pour le lien descendant. [9]

Pour le calcul du bilan de liaison pour le lien descendant, il faut tout d'abord déterminer EIRP (Effective Isotropic Radiated Power). Elle correspond à la puissance qu'il faudrait fournir à une antenne isotrope pour obtenir le même champ à la même distance. Elle a l'expression suivante :

$$\text{EIRP (dBm)} = \text{PBTS} + \text{GBTS} - \text{LfBTS}$$

Pour déterminer la perte maximale admissible, on calcule la somme totale des bruits et des interférences créées par tous les mobiles en suivant les étapes suivantes :

1. On calcule le facteur de bruit du récepteur du BTS. Son expression est donnée par :

$$\text{NBTS} = \text{Nth} + \text{NF} + 10 * \log (\text{Tc}).$$

2. On calcule la somme des interférences reçues au récepteur. Sa valeur est donnée par :

$$\text{TOtint} = 10 * \log [10 * ((\text{NBTS} + \text{NRul}) / 10) - 10 ^ {(\text{NBTS} / 10)}].$$

3. Finalement, on ajoute les bruits pour trouver la somme totale. Elle est donnée par :

$$\text{TOtint_bruit} = 10 * \log [10 ^ {(\text{TOtint} / 10)} + 10 ^ {(\text{NBTS} / 10)}].$$

Une fois la valeur de la somme des bruits et des interférences est calculée, on détermine la valeur de la sensibilité du récepteur en utilisant la formule suivante :

$$\text{SRx} = (\text{Eb} / \text{N0}) + \text{TOtint_bruit} - \text{Gp}.$$

La perte de propagation maximale sur le lien descendant pour un canal de trafic est la suivante :

$$\text{L} = \text{EIRP} - \text{SRx} + \text{GUE} - \text{LfMS} + \text{GSHO} - \text{Mfad_shadow}.$$

12.3.2.3. Bilan de liaison pour le lien montant. [9]

Dans le cas du lien montant, l'expression de EIRP (dBm) s'écrit comme suit :

$$\text{EIRP (dBm)} = \text{PUE} + \text{GUE} - \text{LBody} - \text{LfMS}.$$

L'affaiblissement maximal admissible sur le lien montant est donné par :

$$\text{LMax_UL} = \text{EIRP} + \text{GBTS} - \text{LfBTS} + \text{GSHO} - \text{MFad_shad} - \text{SRX}.$$

Avec : MFad_shadow est la marge due au fading de masquage.

$$\text{SRX} = (\text{Eb/No}) - \text{Gp} + \text{total bruit et interference}.$$

12.3.3. Estimation du rayon de la cellule.

Une fois nous avons déterminé le **pathloss** maximal (**L**) dans la cellule, il ne reste plus qu'à appliquer n'importe quel modèle de propagation connu pour estimer le rayon de la cellule. Le modèle de propagation doit être choisi de sorte qu'il soit conforme à la région planifiée. Les critères du choix du modèle de propagation sont la distance par rapport au Node B, la hauteur de l'antenne du Node B, la hauteur de l'antenne du UE et sa fréquence. [19]

12.3.4. Le nombre de cellules.

La zone de couverture d'une cellule, si nous choisissons le motif hexagonal, est :

$$S = K r^2$$

Où S est la surface couverte, r est le rayon maximal de la cellule et K est une constante. Le tableau suivant donne quelques valeurs de K suivant le nombre de secteurs. [19]

Configuration du site	Omni	2-secteurs	3-secteurs	6-secteurs
Valeur de k	2,6	1,3	1,95	2,6

Tableau 8 « Les valeurs de K par type d'antenne »

Le nombre de sites requis pour la couverture est obtenu en divisant la surface totale de la zone à planifier par la surface couverte par un site. La figure suivante résume le processus de calcul du nombre de sites.

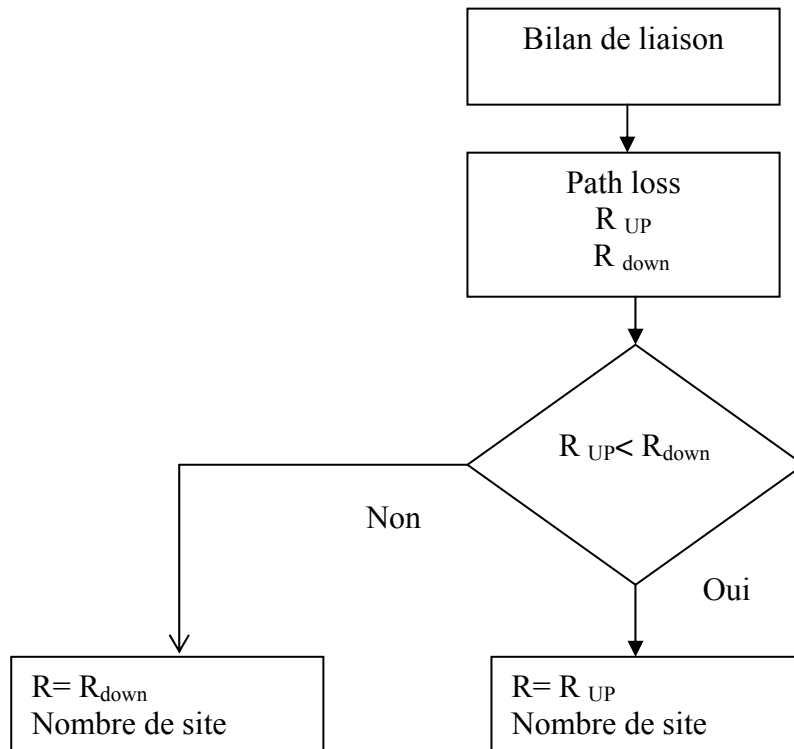


Figure III.22 « processus de calcul du rayon de couverture »

10.3.5. Déploiement du réseau.

Cette phase consiste à planifier les sites sur la carte de la zone d'étude à l'aide d'un logiciel de planification, et de simuler les performances du dimensionnement.

Conclusion.

Ce chapitre a été consacré à l'étude des méthodologies de planification du réseau UMTS. Pour cela trois parties ont été évoquées. Dans la première nous avons commencé par introduire des concepts généraux relatifs à la partie radio du réseau, dans la deuxième partie, nous avons étudié le processus de planification du réseau UMTS en présentant ses différentes phases. Enfin, nous avons détaillé l'une de ces phases qui est le dimensionnement. Cette dernière consiste à déterminer le nombre de station de base à déployer afin d'assurer une couverture optimale.

Pour mettre en pratique le processus de dimensionnement en tenant compte des contraintes réelles de planification, nous allons étudier dans le chapitre suivant le déploiement du réseau sur une zone géographique choisie.

Chapitre IV

Application

1. Description du projet.

Le projet se décompose en trois étapes : la première est consacrée à l'étude théorique qui nous permet de faire le dimensionnement du réseau UMTS, puis le déploiement de ce système sur une zone géographique donnée (ville de Tizi-Ouzou), enfin la prédiction des paramètres du réseau en utilisant un logiciel de planification radio ATOLL. Cette étude doit répondre à des exigences ou un cahier de charges qui définit les moyens techniques et les objectifs à atteindre pour l'opérateur.

2. Description du logiciel.

Dans notre étude, on utilise le logiciel ATOLL, qui est un outil de dimensionnement et de planification des réseaux cellulaires. ATOLL est un logiciel professionnel commercialisé par la société Forsk.

Le logiciel permet de choisir le type de projet à réaliser GSM 900, CDMA 2000, GPRS ou UMTS qui paramètre différemment le logiciel en fonction de la technologie. On peut définir le modèle de propagation, le type d'antenne, les caractéristiques du site,...

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

- Couverture par le niveau de champ.
- Couverture par émetteur.
- Zone de recouvrement.
- Etude du trafic.
- Couverture par niveau de E_c/I_o .

Voici l'interface du logiciel ATOLL.

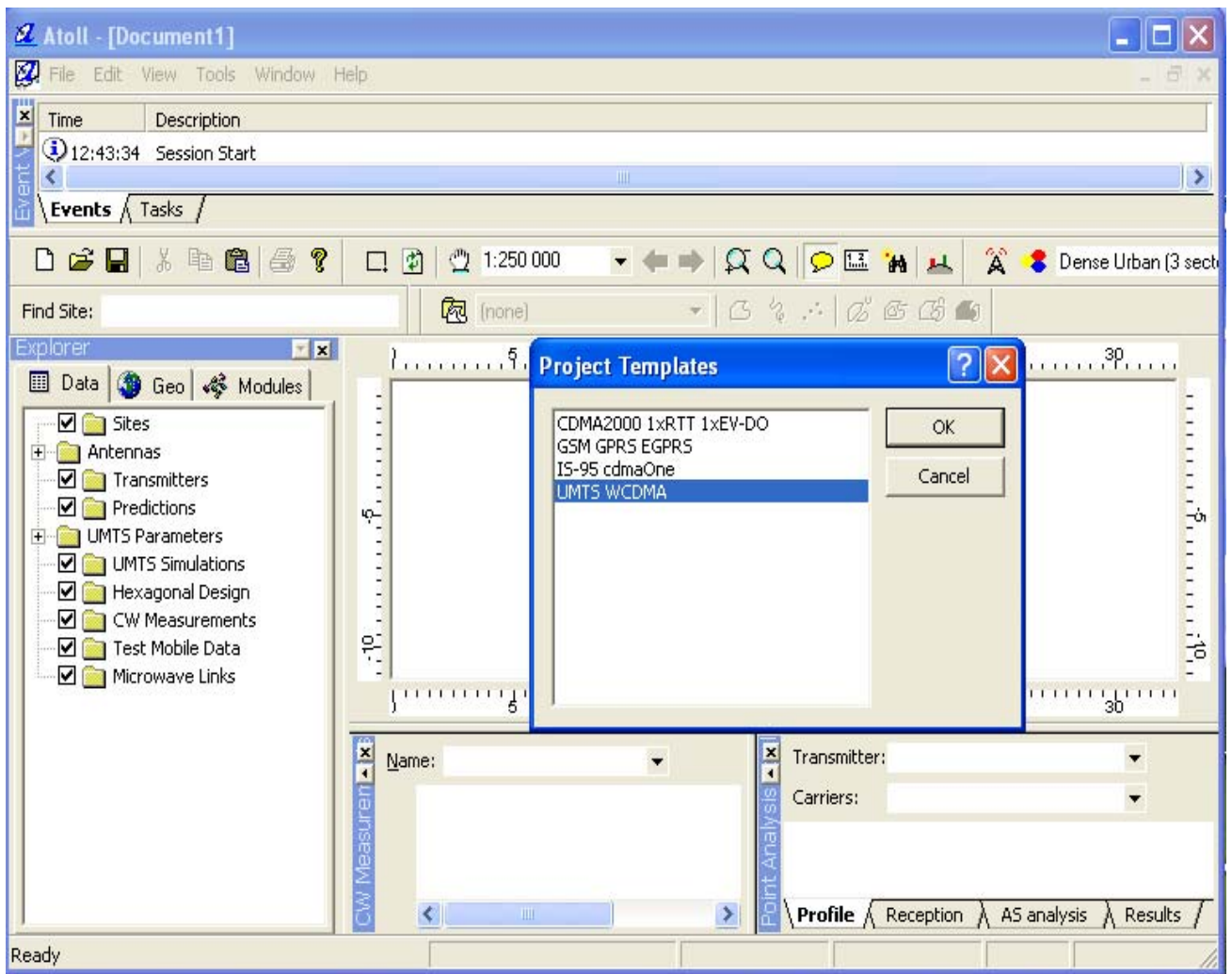


Figure IV.1 « Interface du logiciel ATOLL ».

3. Description de la ville de Tizi-Ouzou.

La ville de Tizi-Ouzou se situe à 100 Km à l'est d'Alger et à 30 Km des cotes méditerranéennes, elle a été construite à une altitude de 200 m, n'est pas tout à fait une ville de montagne et encore moins de plaine. Nous avons estimé que la zone d'étude s'étend sur une superficie de 11 Km².



Figure IV.2 « La zone d'étude ».



Figure IV.3 « Relief de la ville Tizi-Ouzou »

La ville présente beaucoup de zone d'habitation. On trouve de nombreux immeubles, plusieurs quartiers résidentiels, quelques espaces verts ainsi des axes routiers. Ses principaux quartiers sont :

- **Le Centre -Ville :** Il comprend différents quartiers tels que les bâtiments bleus, le quartier des genets..., la plupart de ces quartiers sont situés à proximité de la Grande Rue, principale rue commerçante de la ville.
- **En périphérie du Centre – Ville :** Les quartiers de M'douha, les Cadis, la Cité Million,...
- **La Haut- Ville :** Il s'agit de la partie la plus ancienne de la ville. Certains quartiers peuvent donner l'impression de circuler dans une sorte de casbah. Les rues y sont très étroites.
- **La Nouvelle – Ville :** Elle est composée de plusieurs cités ; elle se trouve au sud de la ville. La Nouvelle- Ville est surtout une zone résidentielle.
- **Les lotissements du Sud Ouest et du Nord Est :** Tizi-Ouzou s'est agrandi dans ces deux directions. De nombreux lotissements de villas ont été construits. Citons parmi eux : le lotissement Salhi, lotissement Hamoutène...

4. Processus de dimensionnement.

4.1. Phase d'initialisation.

➤ Couverture :

- Zone de couverture est la ville de Tizi-Ouzou, on estime la superficie à 11 Km².
- Type d'environnement : La ville de Tizi-Ouzou est classée comme une zone urbaine (moyenne ville).
- Le modèle de propagation adapté pour la zone d'étude est le modèle COSTA 231-Hata.

➤ Spectre disponible :

- La fréquence porteuse est $F_p = 1920\text{MHz}$ (mode TDD).

➤ Qualité de service :

- Probabilité de couverture : 70 %.
- Taux de blocage : 2 %.
- Débit utilisateur : 384 Kbits/s.
- Mobilité des utilisateurs : La mobilité des abonnés dans les zones urbaines est estimée à 3Km/h (la vitesse des piétons).

4.2. Le bilan de liaison :

4.2.1. Estimation des paramètres.

Pour calculer le bilan de liaison, l'opérateur doit estimer certains paramètres. Les tableaux ci-dessous les récapitulent ces paramètres :

Exigence de l'opérateur	
Probabilité de couverture	70%.
Marge de fading lent	3.2 dB.
Gain du Soft handover (GSHO)	2 dB.
Pénétration dans les bâtiments	16 dB.

Tableau 9 « Exigence de l'opérateur »

Paramètres du bilan de liaison	Estimation sur le lien montant
Emetteur (Mobile)	
Puissance d'émission (P_{UE})	24 dBm.
Gain de l'antenne (G_{UE})	2 dBi.
Perte corps humain (L_{BODY})	0 dBm.
Hauteur de la station mobile (H_m)	1.5 m.
Récepteur (Station de base)	
Densité du bruit thermique (N_{th})	-174 dBm/Hz.
Bruit du récepteur (NF)	5 dB.
Marge d'interférence	3 dB.
Gain de traitement (G_{proc})	10 dB.
E_b/N_0	1.5 dB.
Gain de l'antenne (G_{BTS})	18 dBi.
Perte de câble (L_{BTS})	2 dB.
Marge de fading rapide	3 dB.
Hauteur de la station de base (H_b)	45 m.

Tableau 10 « Estimation des paramètres sur le lien montant »

Paramètres du bilan de liaison	Estimation sur le lien descendant
Emetteur (Station de base).	
Puissance d'émission (P_{BTS})	31,4 dBm.
Gain de l'antenne (G_{BTS})	18 dBi.
Perte corps humain (L_{BODY})	0 dBm.
Hauteur de la station de base (H_b)	45 m.
Récepteur (Mobile).	
Densité du bruit thermique (N_{th})	-174 dBm/Hz.
Bruit du récepteur (NF)	8 dB.
Marge d'interférence	6 dB.
Gain de traitement (G_{proc})	10 dB.
E_b/N_0	1.5 dB.
Gain de l'antenne (G_{UE})	2 dBi.
Perte de câble (L_{fMS})	0 dB.
Marge de fading rapide	3 dB.
Hauteur de la station mobile (H_m)	1.5 m.

Tableau 11 « Estimation des paramètres sur le lien descendant »

4.2.2. Calcul analytique du bilan de liaison.

4.2.2.1. Le bilan de liaison pour le lien montant.

384 Kb/s service de données temps réel (3km/h)			
Emetteur (mobile)			
Paramètres du bilan de liaison	Unité	Formule	Lien montant
Puissance d'émission (P _{UE})	dBm	a	24
Gain de l'antenne (G _{UE})	dB	b	2
Perte corps humain (L _{BODY})	dBm	c	0
PIRE (puissance isotrope rayonnée équivalente)	dBm	d=a+b-c	26
Récepteur (station de base)			
Densité du bruit thermique (N _{th})	dBm/Hz	e	-174
Bruit du récepteur (NF)	dB	f	5
Densité du bruit du récepteur	dBm/Hz	g=e+f	-169
Puissance du bruit du récepteur	dBm	h=g+10 log (Tc)	-103,15
Marge d'interférence	dB	i	3
Puissance d'interférence au récepteur	dBm	j=10 log (10 ^{(i+h)/10} -10 ^{h/10})	-103,17
Total bruits et interférences	dBm	k=10 log (10 ^{h/10} +10 ^{j/10})	-103.14
Gain de traitement (G _{proc})	dB	l=10 log (3840/384)	10
E _b /N ₀	dB	m	1,5
Sensibilité du récepteur (SR _x)	dBm	n=m-l+k	-111.64
Gain de l'antenne (G _{BTS})	dB	o	18
Perte de câble (L _{BTS})	dB	p	2
Marge de fading rapide	dB	q	3
Path loss maximal MAPL	dB	r=d-n+o-p-q	149.64
Exigence de l'opérateur			
Probabilité de couverture	%		70
Marge de fading lent	dB	s	3.2
Gain du Soft handover (GSOH)	dB	t	2
Pénétration dans les bâtiments	dB	u	16
Perte de propagation permise	dB	v=r-s+t-u	132.44

Tableau 12 « Calcul du bilan de liaison pour le lien montant »

4.2.2.2. Le bilan de liaison pour le lien descendant.

384Kb/s service de données temps réel (3km/h)			
Emetteur (station de base)			
Paramètres du bilan de liaison	Unité	Formule	Lien descendant
Puissance d'émission (P _{BTS})	dBm	a	31,4
Gain de l'antenne (G _{BTS})	dB	b	18
Perte corps humain (L _{BODY})	dBm	c	0
PIRE (puissance isotrope rayonnée équivalente)	dBm	d=a+b-c	49,4
Récepteur (mobile)			
Densité du bruit thermique (N _{th})	dBm/Hz	e	-174
Bruit du récepteur (NF)	dB	f	8
Densité du bruit du récepteur	dBm/Hz	g=e+f	-166
Puissance du bruit du récepteur	dBm	h=g+10 log (Tc)	-100,15
Marge d'interférence	dB	i	6
Puissance d'interférence au récepteur	dBm	j=10 log (10 ^{(g+h)/10} -10 ^{h/10})	-95.6
Total bruits et interférences	dBm	k=10 log (10 ^{h/10} +10 ^{j/10})	-94.3
Gain de traitement (G _{proc})	dB	l=10 log (3840/384)	10
E _b /N ₀	dB	m	1,5
Sensibilité du récepteur (S _{RX})	dBm	n=m-l+k	-102.8
Gain de l'antenne (G _{UE})	dB	o	2
Perte de câble (L _{fMS})	dB	p	0
Marge de fading rapide	dB	q	3
Path loss maximal MAPL	dB	r=d-n+o-p-q	151.2
Exigence de l'opérateur			
Probabilité de couverture	%		70
Marge de fading lent	dB	s	3.2
Gain du Soft handover (G _{SOH})	dB	t	2
Pénétration dans les bâtiments	dB	u	16
Perte de propagation permise	dB	v=r-s+t-u	134

Tableau 13 «Calcul du bilan de liaison pour le lien descendant»

4.3. Calcul du rayon de la cellule.

On détermine d'abord la portée (d) de la cellule par l'application de modèle COST231-Hata.

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

$$\text{Avec } a(H_m) = [(1.1 \log(F) - 0.7) H_m - (1.56 \log(F) - 0.8)]$$

Application numérique:

Les paramètres	Lien montant	Lien descendant
Fp	1920 MHz	1920 MHz
Hm	1.5 m	1.5 m
Hb	45 m	45 m
a(Hm)	0.086	0.086
Cm (Zone urbaine)	0	0
Perte de propagation permise	132.44 dB	134.00 dB
d	833 m	928 m
R = d/2	Rup=416.5 m	Rdown=464 m
comparaison	Rup < Rdown	

4.4. Estimation du nombre de sites.

- Surface de la cellule : $S = K R^2$. Avec $K= 1.95$ (Antenne tri-sectorielle).
 $S = 0.327 \text{ km}^2$
- Nombres de cellules : $N = (11/0.327) = 33$
- Nombres de sites tri-sectoriels : $M = N/3 = 11$

4.5. Déploiement du réseau UMTS.

On utilise le logiciel Atoll pour simuler le découpage que nous avons proposé et d'ajuster quelques paramètres, l'organigramme suivant illustre ces étapes :

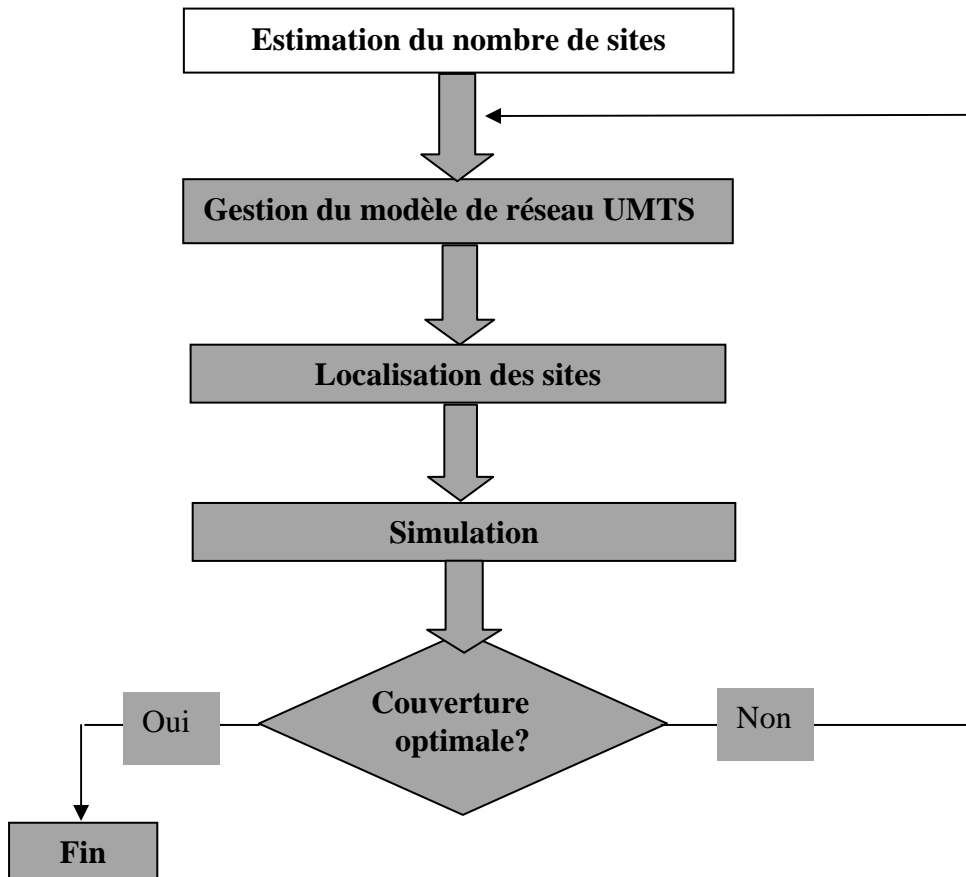


Figure IV.4 « Processus du déploiement du réseau UMTS »

4.5.1. Gestion du modèle UMTS.

Après avoir dimensionné le réseau, il faut le déployer sous Atoll, en paramétrant les caractéristiques des sites. Nous définissons : le rayon de la cellule, une antenne de 18dBi avec un angle « tilt » vers le bas de 4° afin d'optimiser la couverture dès le début de l'étude, le modèle de propagation...etc. Les figures suivantes illustrent les différents paramètres à définir.

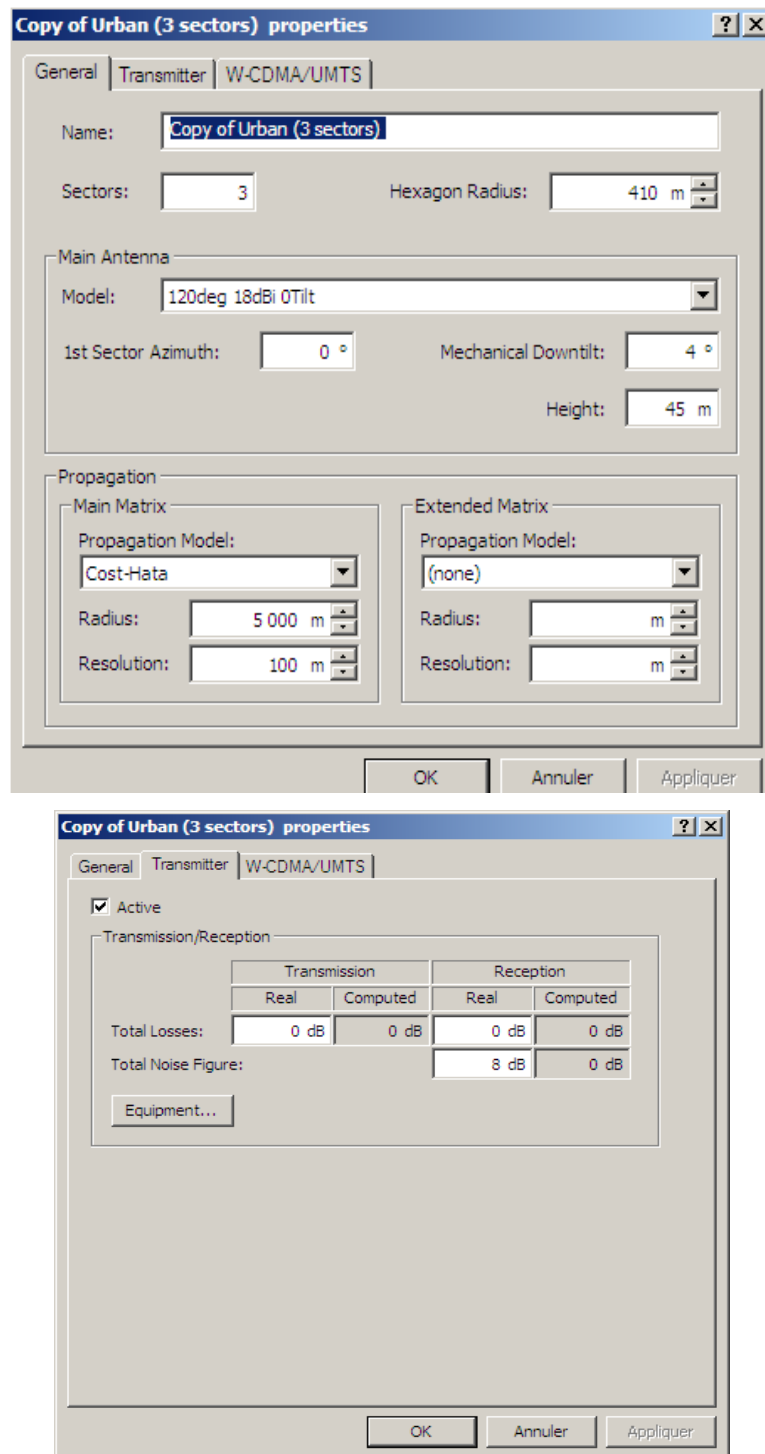


Figure IV.5 « propriétés des sites »

4.5.2. Localisation des sites sur la zone de calcul.

Après avoir géré les modèles, défini les caractéristiques des antennes et les caractéristiques des cellules, nous avons lancé une planification automatique sur une zone de calcul, comme on peut la faire manuellement en utilisant l'option de la prédiction manuelle.

Voici la carte qui représente la planification des sites sur la zone d'étude.

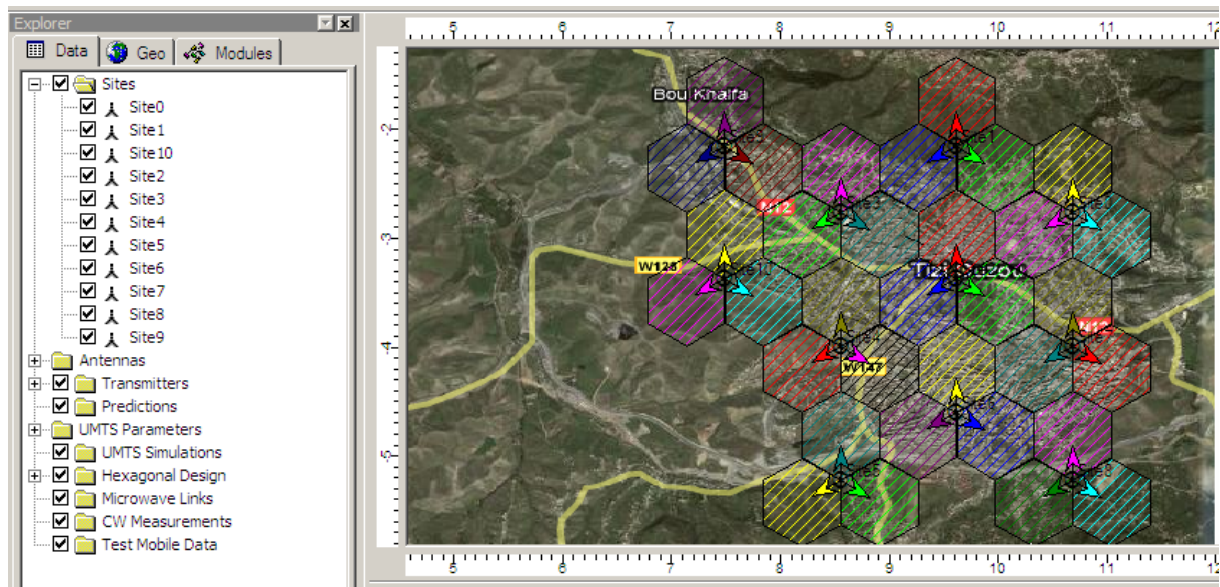


Figure IV.6 « Localisation des sites »

4.5.3. Simulation.

Cette étape consiste à réaliser les différentes prédictions de couverture pour constater les éventuelles anomalies qui devront être corrigées, puis on termine par une simulation du trafic afin de visualiser le taux de connexion des clients au réseau.

a. Carte de couverture par émetteur.

Cette prédiction permet d'avoir une vue globale de toutes les cellules du réseau qui sera très utile pour cibler les émetteurs inutiles

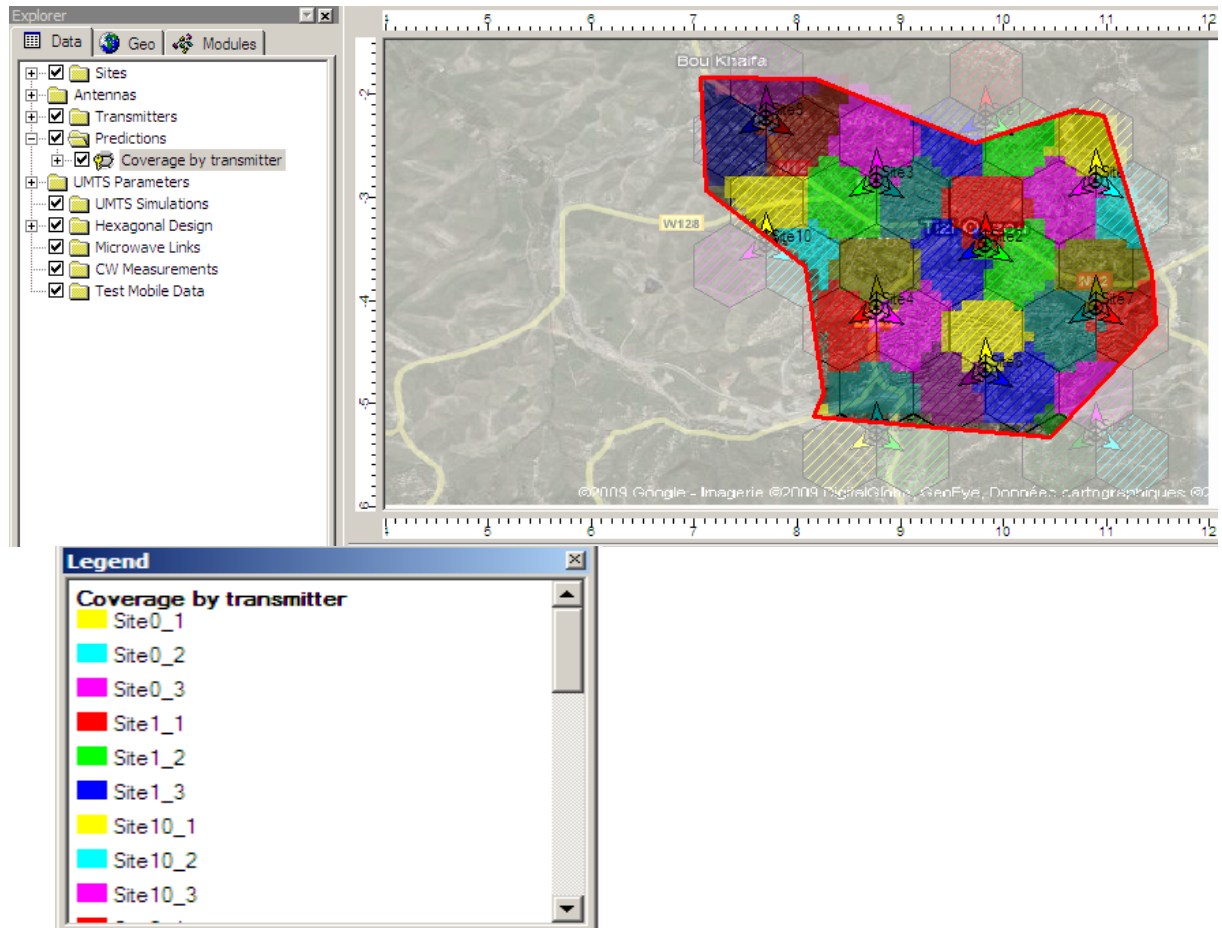


Figure IV.7« Carte de couverture par émetteur »

En analysant la carte obtenue après simulation, nous avons décidé de supprimer cinq émetteurs en bordure de la zone de couverture qui correspondent aux sites 1.1 ;10.3 ;5.2 ;5.3 ;8.2 et de relocaliser les sites 1,5,8 afin d'optimiser la couverture.

Voici la carte des différents émetteurs, avec la suppression de cinq émetteurs et la relocalisation des sites 1,5,8.

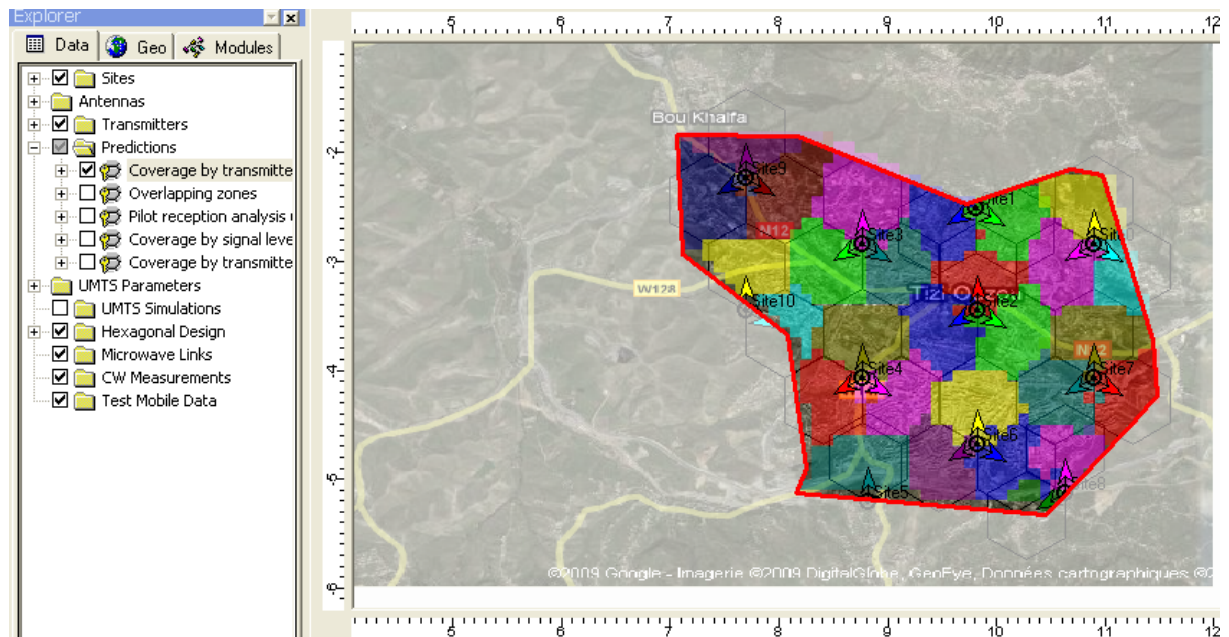


Figure IV.8 « Carte de couverture après relocalisation et suppression»

b. Carte par meilleur niveau du signal (Best signal level).

Le principal défi pour l'opérateur est d'assurer, malgré la difficulté liée au terrain, une bonne couverture indoor dans les zones denses en habitations. Pour ce faire, plusieurs paramètres liés aux émetteurs vont permettre d'atteindre nos objectifs.

Le tilt : qui peut être soit électrique, soit mécanique. Il permet d'ajuster l'inclinaison du lobe principal de l'émetteur par rapport à la verticale.

L'azimut : il permet d'ajuster l'orientation de l'antenne sur un plan horizontal pour mieux cibler la zone à couvrir.

La hauteur des émetteurs : en ajustant la hauteur des émetteurs on permet à l'onde de se propager au delà des bâtiments voisins.

Voici le résultat obtenu lors de la simulation du niveau du signal :

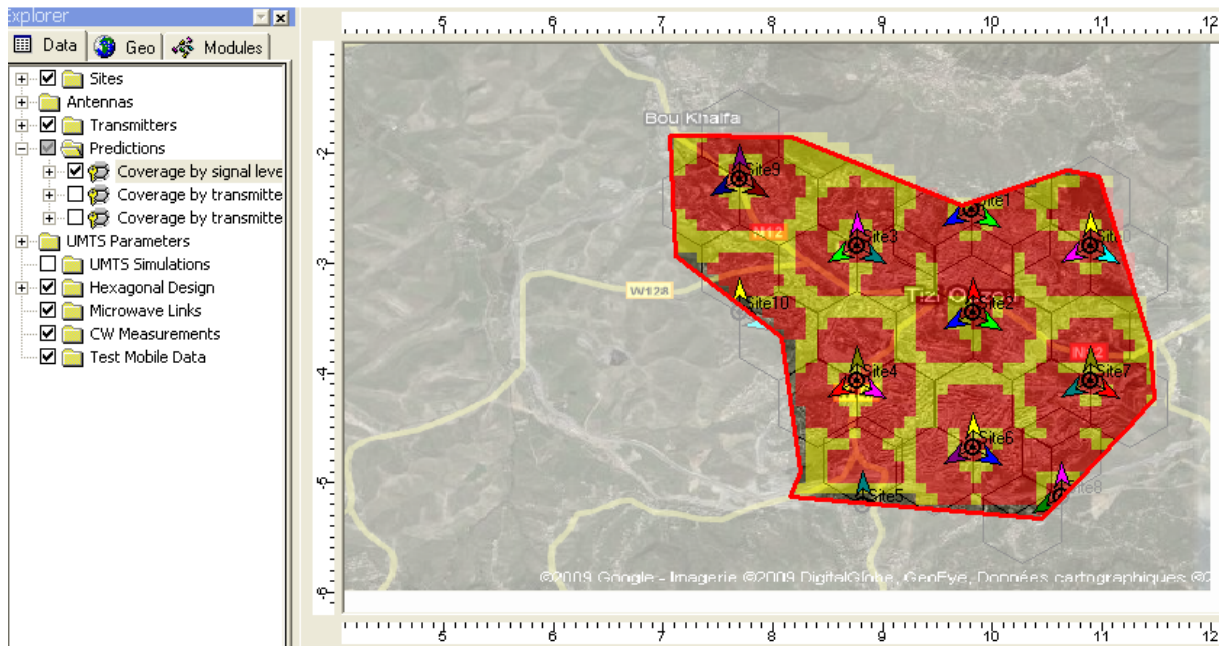
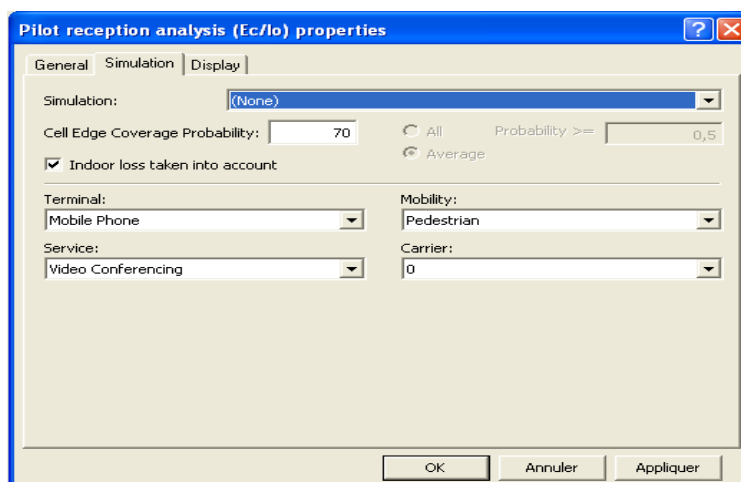


Figure IV.9 « Carte par meilleur niveau du signal »

Grâce à l'optimisation qu'on a réalisée auparavant, on a eu un résultat acceptable.

c. Carte d'analyse de réception pilote (E_c/I_o).

Cette carte nous permet de visualiser le niveau d'interférences entre les cellules.



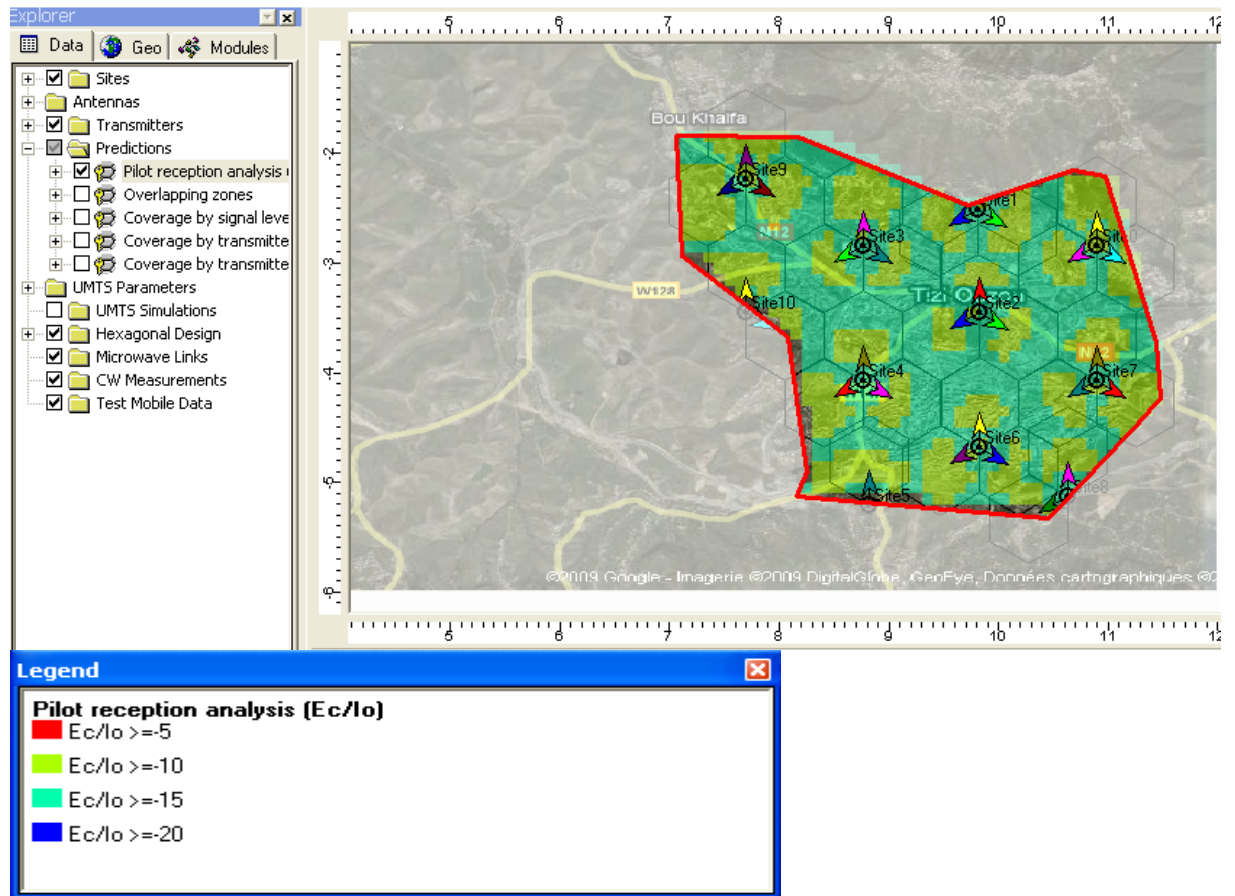


Figure IV.10 « Carte d'analyse de réception pilote»

On observe un niveau d' E_c/I_0 de -10dB à l'intérieur des cellules et en bordure, un niveau d' E_c/I_0 de -15dB.

d. Carte de zone du recouvrement (zone overlapping).

La prédiction de zone de recouvrement permet d'estimer le nombre de cellules disponibles pour un utilisateur. Grâce à cette prédiction, on peut prévoir les zones où s'effectueront les handovers.

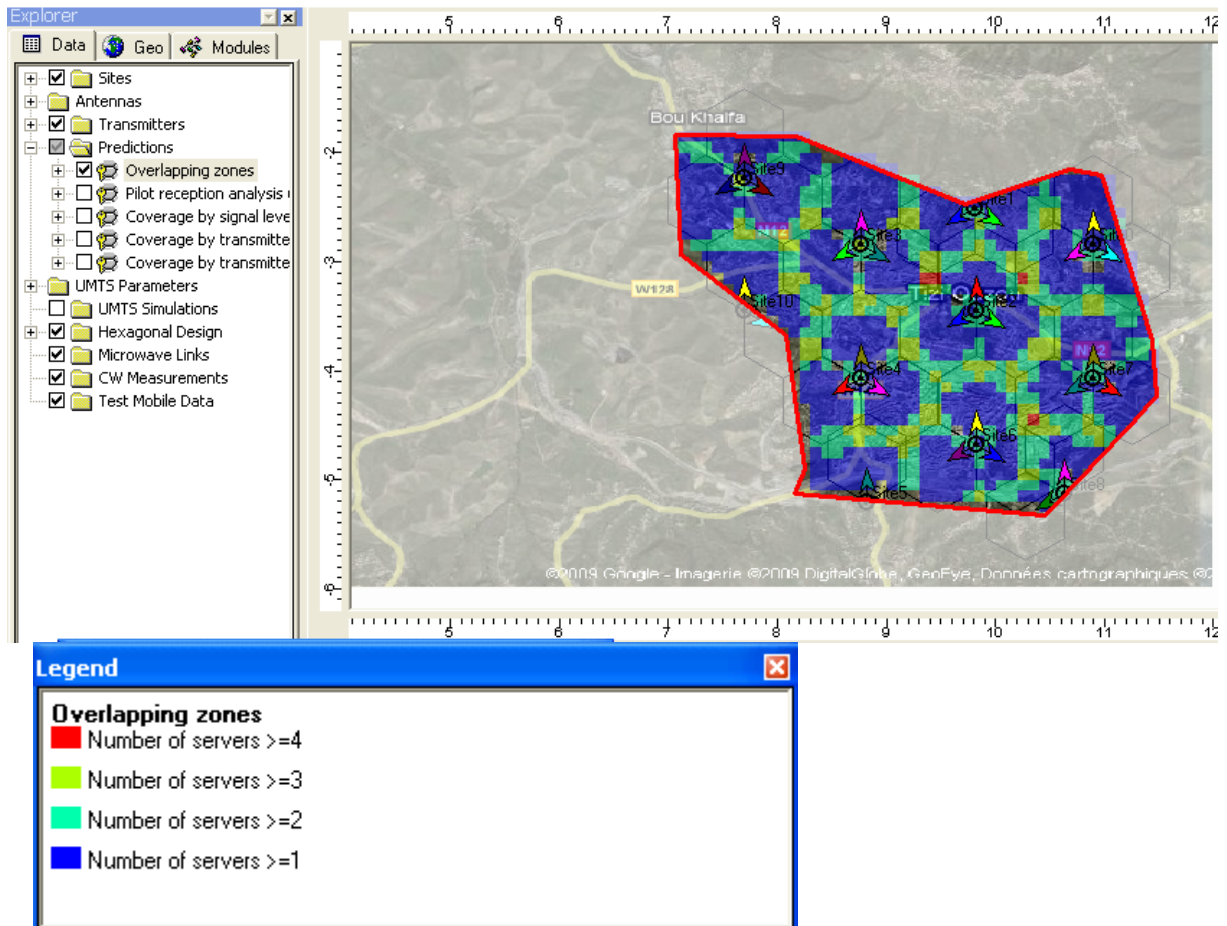


Figure IV.11 « Carte de zone de recouvrement »

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

e. Carte de simulation de trafic en fonction des services offert par le réseau.

La simulation du trafic nous permet de visualiser le taux de connexion des clients au réseau à un instant donné.

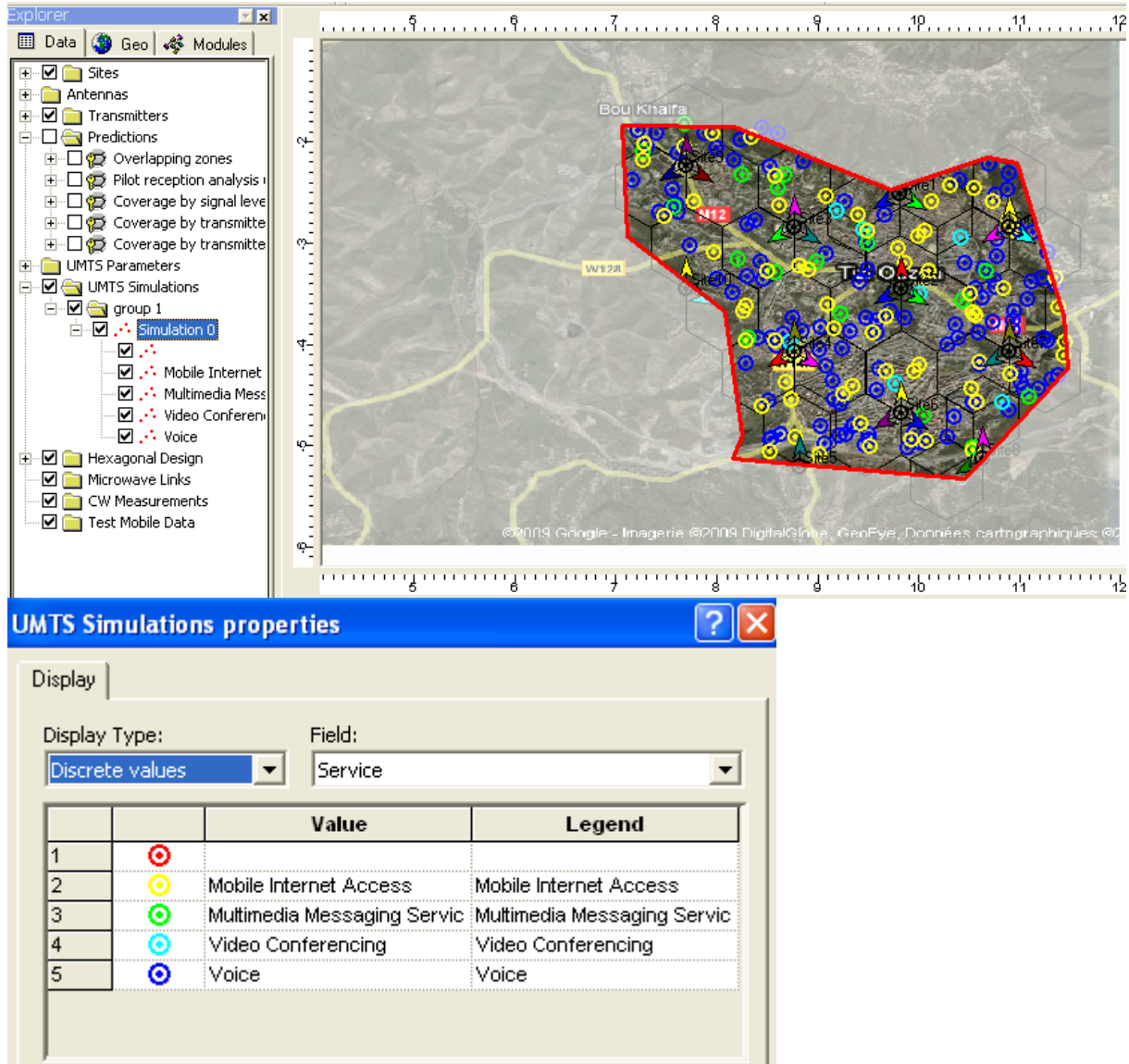


Figure IV.12 «Carte de simulation de trafic »

La fenêtre ci-dessous représente les résultats de la simulation.

The screenshot shows a window titled "group 1 properties" with a blue header bar containing a help icon and a close button. Below the header are three tabs: "Statistics", "Means", and "Standard Deviation". The main content is divided into two sections: "Request:" and "Results:".

Request:

- TOTAL
 - Users: 200 (standard deviation 0)
 - Rate/ downlink: 12,64 Mbps (standard deviation 0 bps) uplink: 4,75 Mbps (standard deviation 0 bps)
- BREAKDOWN PER SERVICE:
 - Mobile Internet Access:
 - Users: 64 (standard deviation 0)
 - Rate/ downlink: 10,37 Mbps (standard deviation 0 bps) uplink: 2,37 Mbps (standard deviation 0 bps)
 - Multimedia Messaging Service:
 - Users: 17 (standard deviation 0)
 - Rate/ downlink: 448 kbps (standard deviation 0 bps) uplink: 640 kbps (standard deviation 0 bps)
 - Video Conferencing:
 - Users: 7 (standard deviation 0)
 - Rate/ downlink: 1,34 Mbps (standard deviation 0 bps) uplink: 1,34 Mbps (standard deviation 0 bps)
 - Voice:
 - Users: 112 (standard deviation 0)
 - Rate/ downlink: 475,8 kbps (standard deviation 0 bps) uplink: 402,6 kbps (standard deviation 0 bps)

Results:

- TOTAL
 - Users: 193 (96,5%) (standard deviation 0)
 - Rate/ downlink: 10,97 Mbps (standard deviation 0 bps) uplink: 4,37 Mbps (standard deviation 0 bps)
- BREAKDOWN PER SERVICE:
 - Mobile Internet Access:
 - Users: 61 (95,3%) (standard deviation 0)
 - Rate/ downlink: 9,22 Mbps (standard deviation 0 bps) uplink: 2,37 Mbps (standard deviation 0 bps)
 - Multimedia Messaging Service:
 - Users: 15 (88,2%) (standard deviation 0)
 - Rate/ downlink: 320 kbps (standard deviation 0 bps) uplink: 640 kbps (standard deviation 0 bps)
 - Video Conferencing:
 - Users: 5 (71,4%) (standard deviation 0)
 - Rate/ downlink: 960 kbps (standard deviation 0 bps) uplink: 960 kbps (standard deviation 0 bps)
 - Voice:
 - Users: 112 (100%) (standard deviation 0)
 - Rate/ downlink: 475,8 kbps (standard deviation 0 bps) uplink: 402,6 kbps (standard deviation 0 bps)

- Nombre total d'utilisateurs tentant de se connecter à cet instant est de 200 utilisateurs.
- Nombre total d'utilisateurs qui se sont connectés à cet instant est de 193 utilisateurs.
- La simulation du trafic à cet instant nous donne un rejet (ou attente) de connexion de 3,5%, ce qui est très raisonnable. Toutefois, à un autre instant, ce taux pourrait être très élevé, du fait d'une congestion du réseau (si tous les utilisateurs font du data à 384kbps en même temps).

Conclusion.

Dans cette partie, nous avons dimensionné et déployé le réseau UMTS sur une zone géographique choisie (la ville de Tizi-Ouzou). Le travail a été effectué en plusieurs étapes : Le calcul théorique, qui avait pour but d'estimer la taille, la surface et le nombre de cellules à déployer à partir du bilan de liaison. Puis la planification des sites sur la zone d'étude et enfin, le lancement de quelques prédictions des paramètres du réseau afin d'évaluer le découpage proposé. Globalement, nous estimons que les résultats obtenus sont acceptables.

Conclusion générale

Conclusion générale.

Au terme de ce travail, nous pouvons conclure que la technologie 3G est très prometteuse et ouvre des perspectives assez intéressantes pour l'avenir, mais sa mise en œuvre est délicate et se heurte à des contraintes techniques et matérielles (coûts) non négligeables.

Pour cela, et tout au long de notre travail, nous avons mis en relief les apports ainsi que les spécificités de la 3G par rapport à la 2G, dans le but d'introduire et de mettre en valeur notre travail qui consiste à l'étude de la technique du dimensionnement d'un réseau UMTS(3G) en exploitant les différents paramètres de découpage pour proposer un dimensionnement optimal du réseau pour la ville de Tizi-Ouzou. Et en guise d'application, le découpage proposé a été simulé à l'aide du logiciel ATOLL.

Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les réseaux cellulaires 2G et 3G et de comprendre, ainsi, les différences qui existent entre ces deux technologies. De plus il nous a permis de décortiquer la phase de dimensionnement qui constitue la phase la plus importante dans le déploiement des réseaux 3G, car le dimensionnement permet de réduire les coûts des investissements tout en garantissant une qualité de service. Enfin, ce travail nous a permis de nous familiariser avec le logiciel ATOLL qui est un logiciel professionnel.

D'un autre point de vue, le stage pratique effectué nous a donné l'occasion d'être sur le terrain, en visitant et en s'entretenant avec les différents responsables (ingénieurs) des centres d'ATM Mobilis suivants :

- Le centre GSM (Tizi-Ouzou).
- Le centre GSM (Hydra), service technique chargé de la phase de dimensionnement du réseau GSM.
- Le centre GSM/ERICSSON (1^{er} mai), service d'optimisation et maintenance.
- Le centre UMTS (Bir-Mourad-Rais).

En guise de perspectives, des améliorations peuvent être envisagées en prenant en compte d'autres paramètres dans ce découpage (exemples : Densité de population, densité de trafic...). De plus ce travail peut être exploité pour poursuivre le processus de déploiement du réseau 3G avec la phase de planification détaillée.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages :

- [3] : Réseaux 3G. Principes, architectures et services de l'UMTS. Pierre Lescuyer.
Edition DUNOD. 3^{ème} édition.
- [4] : Le réseau GSM ,auteur : Claverotte
- [5] : Réseau GSM.Xavier Lagrange,Pholippe Godleweski et Samir Tabbane.5^{ème} édition.
- [6] : Le réseau GSM. Aernouts Ludovic. Cnam de Lille 1999.
- [7] :General Packet Radio Service .Auteur : Clement Carmona
- [8] : Architecture du réseau UMTS. Brian VEAU et Cyril PERISSOL.
- [10] : « Analyse, implémentation et évaluation de performance de la future méthode d'accès HSDPA ». Université Laval QUEBEC. Omar Rachid Hadjar,2006.
- [11] : UMTS. Télé-Informatique 2001.Benoit Ligault et Jérôme Da Costa.
- [12] : Notes de cours des réseaux. Christian Attiogbé.
- [13] : Introduction aux télécommunications. Pierre Parrend, 2005.
- [17] : Arc ingénierie. Réalisé par : Saint Imier.
- [20] : Protocoles de routage pour l'interconnexion des réseaux Ad-Hoc et l'UMTS. Université libre de BRUXELLES. Auteur David Elorrieta.

Sites internet :

- [1] : UMTS. Eléments d'analyse de la couche physique. Michel Terré. Version 5.
www.cnam.fr.
- [18] : Les réseaux sans fils. www.online.Infracom.fr.

Mémoires :

- [2] : Mémoire de fin d'étude «Simulation et étude de l'effet de l'ajout de nouvelles porteuses (technique OFDM) sur la capacité de réseau UMTS » .promotion 2007/2008. Tizi-Ouzou.
- [9] : Ecole supérieure des communications de Tunis. « Etude des scénarios d'optimisation dans le déploiement des services hauts débits dans les systèmes radiomobiles ».
- [14] : Ecole supérieure des communications de Tunis. « Optimisation de l'emplacement des sites UMTS ». Abdallah MDEDA, 2006.

BIBLIOGRAPHIE

[15] : « Définition d'un modèle d'optimisation pour le dimensionnement de réseaux troisième génération ». Université de MONTREAL. Catherine Voisin décembre 2002.

[16] : Mémoire «Etude et déploiement d'un nouveau site GSM ».Promotion 2007/2008.Tizi-Ouzou.

Massaër GASSAMA, 2007.

[19] : Ecole supérieure des communications de Tunis. « Etude et déploiement d'un réseau EV-DO dans un concept IMS ». AKKARI Ramzi, 2007.

Annexe

Annexe A : Quelques définitions

1. Canal physique : est constitué par la répétition périodique d'un slot dans la trame TDMA sur une fréquence particulière.

2. Le bruit thermique :

Le bruit thermique est le nom donné au bruit électrique provenant du mouvement aléatoire des électrons dans un conducteur.

3. La matrice de hadamard :

La matrice de hadamard est de la forme suivante :

$$\mathbf{H}_{2^n} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{2^{n-1}} & \mathbf{H}_{2^{n-1}} \\ \mathbf{H}_{2^{n-1}} & -\mathbf{H}_{2^{n-1}} \end{bmatrix}$$

Exemples : $\mathbf{H}_1 = 1$

$$\mathbf{H}_2 = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & -1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{H}_4 = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 \end{bmatrix}$$

4. Un canal : est une fréquence spécifique à laquelle l'onde est modulée.

5. Débit : désigne la quantité d'informations transmises par unité de temps, il se mesure en bits ou octets par second.

6. Trame : unité d'information transportée sur un réseau, constituée d'une série de bits.

7. Chip : un élément de code.

8. Chipe rate : le débit de la séquence de code utilisé.

9. Protocole : est un langage standard de communication entre deux machines permettant à des machines de type différentes de transférer des fichiers sur un réseau.

10. IP (Internet Protocol) :

IP est le protocole spécifique à Internet, qui se charge de transmettre les données sous forme de paquets. L'envoi de ces paquets est réalisé en fonction des adresses de réseaux ou de sous-

réseaux qu'ils contiennent. IP a été inventé par Vinton Cerf et Bob Kahn en 1973 dans le cadre d'un projet de recherche de la Défense américaine (DARPA) : il s'agissait de trouver des technologies permettant de relier des réseaux transportant des paquets de données.

11. Le modèle OSI :

Le **modèle OSI** (de l'anglais , Open Systems Interconnection « Interconnexion de systèmes ouverts ») d'interconnexion en réseau des systèmes ouverts est un modèle de communications entre ordinateurs proposé par l'ISO (Organisation internationale de normalisation). Il décrit les fonctionnalités nécessaires à la communication et l'organisation de ces fonctions.

Le modèle comporte 7 couches succinctement présentées ci-dessous de bas en haut.

couche	nom
7	Application
6	Présentation
5	Session
4	Transport
3	Réseau
2	Liaison
1	Physique

12. Paquet :

C'est la plus petite unité d'information pouvant être envoyée sur le réseau, un paquet contient en générale l'adresse de l'émetteur, l'adresse du récepteur et les données à transmettre.

13. BIT : (Binary Information element) La plus petite quantité d'information représentable en informatique. Ce chiffre binaire prend la valeur 1 ou 0. On l'utilise en paquets de bits, ainsi que des codes plusieurs bits.

14. Efficacité spectrale = débit binaire / bande occupé autour de la porteuse.

15. PIRE : (Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente) est égale au produit de la puissance injectée à l'antenne par le gain dans la direction du maximum de rayonnement, c'est environ, la puissance qui sort d'une antenne.

16. Commutation par circuit :

La communication par circuit est fondée sur la négociation et la construction d'un chemin unique exclusif d'une machine A à une machine B, lors de l'établissement d'une séquence de dialogue entre ces deux machines. Le chemin ainsi créé perdure jusqu'à la clôture de la

séquence de dialogue qu'il sous-tend. Ce chemin est appelé un circuit d'où le nom de cette méthode de communication.

La technique de commutation par commutation de circuit, très utilisée en télécommunication a, pendant longtemps, été réalisée à l'aide de centraux téléphoniques établissant physiquement les connexions lors de la construction des circuits, d'abord grâce aux petites mains des employés des téléphones qui établissaient des liaisons entre des paires de connecteurs sur un tableau électrique, puis de façon automatisée.

17. Commutation par paquet :

Processus d'acheminement dans lequel les messages sont découpés en paquet, chaque paquet comportant les adresses nécessaires à son routage ; dans les nœuds du réseau, ces paquets sont reçus dans une file d'attente et transmis, après l'analyse des adresses sur la voie de transmission appropriée, à l'arrivée on reconstitue les messages à partir des paquets reçus. Puisqu'un paquet n'occupe une voie que pendant sa transmission, la voie est en suite disponible pour la transmission d'autres paquets appartenant soit au même message, soit à d'autres messages.

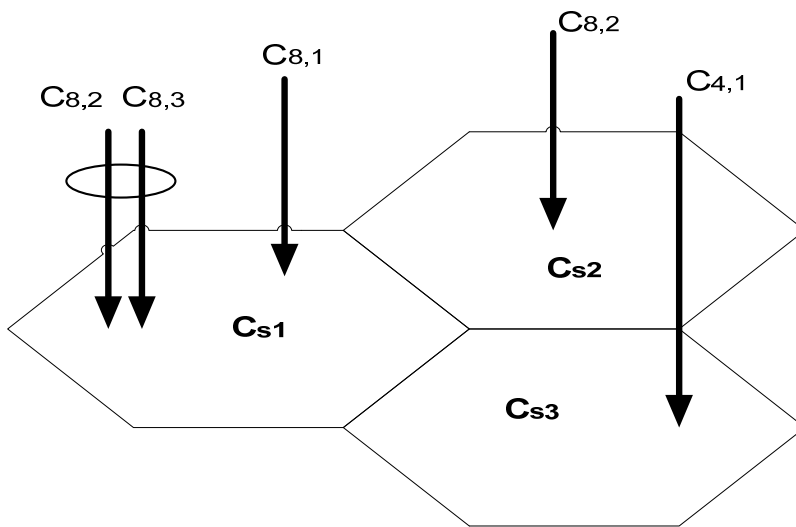
Le point de différenciation essentiel entre la commutation de paquets et la commutation de circuits est le schéma gestion/réservation des ressources au niveau des unités d'acheminement intermédiaire.

La commutation de circuit nécessite la réservation de ressource de communication durant toute la durée de conversation et sur un trajet complet entre les deux machines impliquées dans le dialogue. A l'opposé, dans le cas de commutation de paquets, la réservation de ressources ne concerne pour un paquet donné que la liaison reliant deux unités d'acheminement sur laquelle le paquet considéré est actuellement en cours de transit, et uniquement pendant la durée de transit de ce paquet entre les deux unités d'acheminement considérées. Un avantage évident de la commutation de paquets sur la commutation de circuits est donc une utilisation beaucoup plus rationnelle des ressources de communication : les ressources ne sont réservées que durant leur utilisation effective.

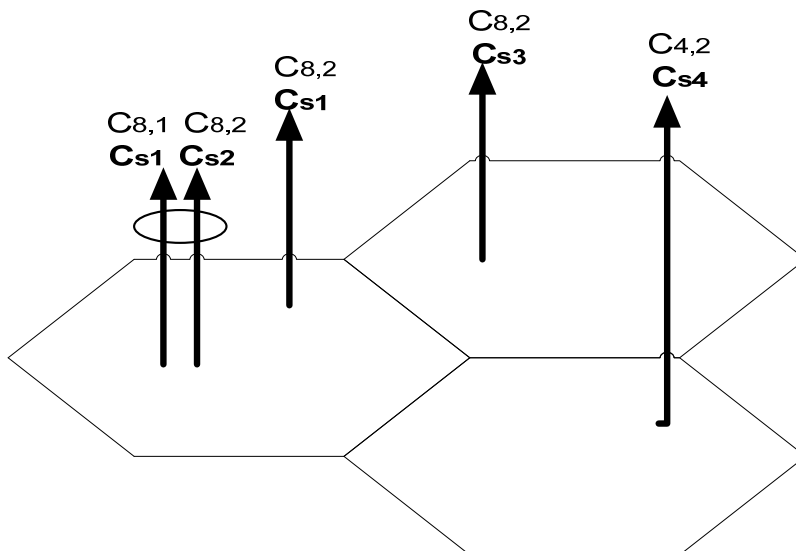
18. Couverture : Il s'agit de la zone géographique qui est couverte par un réseau, ou, en d'autres termes, de la zone dans laquelle vous pouvez utiliser votre téléphone mobile.

19. Hz, kHz, MHz, GHz : Hertz, Kilohertz, Mégahertz, Gigahertz. 1 Hz correspond à une oscillation par seconde. 1GHz correspond à 1 million d'oscillations par seconde...

20. Allocation des codes dans UMTS.



Exemple d'allocation des codes pour les canaux descendants



Exemple d'allocation des codes pour les canaux montants

21. Classe des mobiles de l'UMTS en fonction de la puissance.

Classe	Puissance Max FDD	Puissance Max TDD
1	+ 33 dBm (2 W)	+ 30 dBm (1 W)
2	+ 27 dBm (0.5 W)	+ 24 dBm (0.25 W)
3	+ 24 dBm (0.25 W)	+ 21 dBm (0.126 W)
4	+ 21 dBm (0.126 W)	+ 10 dBm (0.01 W)

22. Type des équipements usagers en fonction de l'interopérabilité avec la 2G.

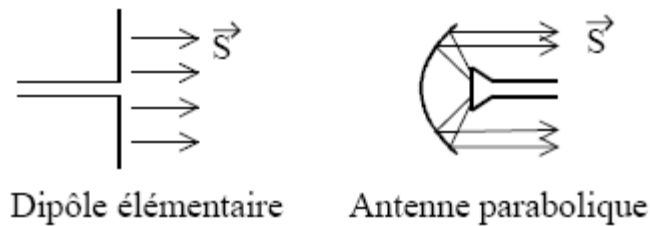
Type 1	Nous sommes soit en 2G soit en 3 G mais si un mode est sélectionné l'autre radio est inactive
Type 2	On peut faire des mesures radio sur les deux modes, le basculement est automatique mais on ne peut pas recevoir dans les deux modes.
Type 3	Type 2 + réception sur les deux modes en même temps.
Type 4	Type 3 + émission sur les deux modes en même temps.

Annexe B : La propagation des ondes électromagnétiques.

1. Génération d'onde.

Une onde EM se propageant dans l'espace peut être produite:

- par des **courants**, représentés vectoriellement par une densité de courant le cas des antennes filaires.
- par une **ouverture** dans un volume où règne un champ EM, par exemple ouverte d'un guide d'onde. C'est le principe des antennes paraboliques.



2. Zones de rayonnement d'une antenne.

On distingue pour chaque type d'antenne trois zones de rayonnement :

- Zone de Rayleigh (ou zone de champ proche).
- Zone de Fresnel (ou zone en champ intermédiaire).
- Zone de Fraunhofer (ou zone de champ lointain).

3. Couches de l'atmosphère.

L'atmosphère est composée des couches suivantes :

3.1. Troposphère : La troposphère est la couche qui est en contact avec le sol; elle s'étend jusqu'à 10 km d'altitude et est le siège des phénomènes climatiques.

3.2. Stratosphère : La stratosphère s'étend de 10 à 40 km d'altitude; elle intervient peu dans la propagation des ondes.

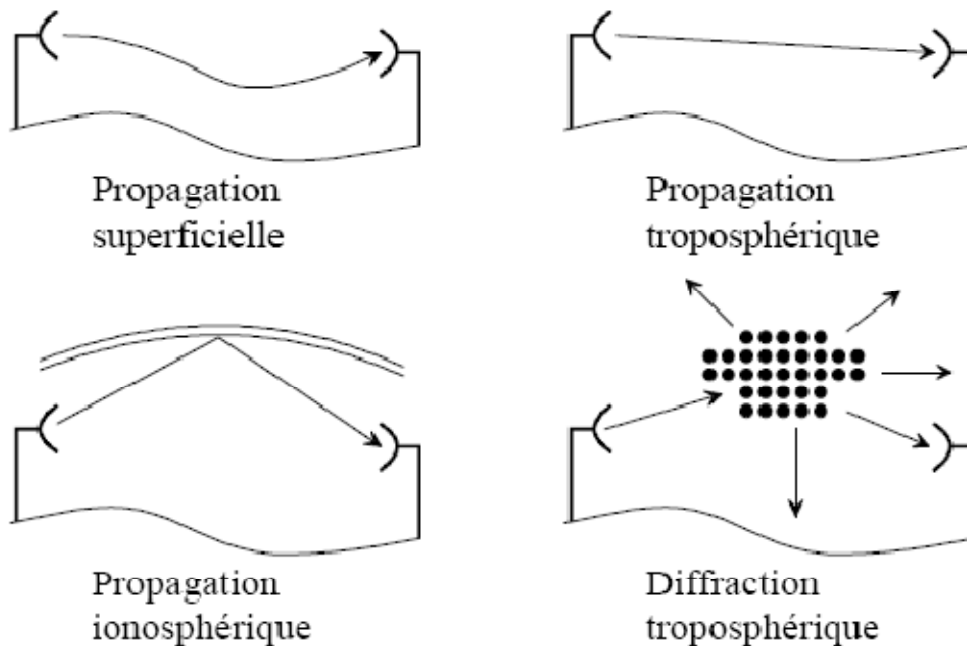
3.3. Ionosphère L'ionosphère s'étend de 40 à 1000 km d'altitude; elle est exposée au rayonnement solaire ainsi qu'aux rayons cosmiques et aux météorites qui provoquent l'ionisation des molécules, c'est-à-dire l'arrachement des électrons des couches extérieures de la molécule; les particules chargées négativement (électrons) et positivement (ions) ont tendance à se concentrer en couches ionisées qui vont jouer un rôle très important dans la propagation des ondes, principalement des ondes HF.

3.4. Exosphère : est la couche ultime de l'atmosphère; on connaît mal ses propriétés et l'on ignore sa limite. Elle joue peu de rôle en communications radio. C'est dans l'exosphère que se

trouve la première des deux ceintures de particules découvertes par les satellites artificiels, nommées barrières de Van Allen; la première barrière s'étend de 500 à 3500 km, tandis que la seconde s'étend de 12000 à 50000 km; elles sont constituées principalement d'électrons et de protons provenant du soleil et piégés par le champ magnétique terrestre.

4. Types de propagation.

Entre une antenne d'émission et une antenne de réception, situées au voisinage de la terre, une onde électromagnétique peut suivre quatre trajets différents (voir la figure suivante).



4.1. Propagation superficielle.

Encore appelée **onde de sol**. La composante horizontale de E interagit avec le sol, générant des pertes. Seule reste la composante verticale de E (on parle de polarisation verticale). Les pertes dues à l'interaction de l'onde avec le sol sont d'autant plus élevées que la fréquence est élevée et que la conductivité du sol est faible; pour cette raison, la portée des transmissions par ondes de surface est élevée pour les ondes longues et moyennes, mais faible pour les ondes courtes et ultracourtes.

4.2. Propagation ionosphérique.

Les couches ionisées de l'ionosphère se comportent comme un véritable miroir pour les ondes EM. On constate des zones d'ombre dans lesquelles aucune réception n'est possible. A partir d'une fréquence critique, les ondes EM ne sont plus réfléchies et s'échappent de l'atmosphère. Les ondes courtes se propagent principalement de cette manière.

Avantages En choisissant convenablement la puissance, le type d'antenne et la fréquence, on peut atteindre pratiquement n'importe quel point de la terre.

Désavantages Ce mode de propagation est peu fiable.

4.3. Propagation troposphérique.

Les ondes se déplacent en ligne droite dans le vide et accomplissent la totalité de leur trajet dans la couche la plus basse de l'atmosphère. Elles sont donc influencées par la météo (pluie, brouillard, etc.) et par les obstacles naturels (montagnes, forêts, etc.) et artificiels (bâtiments élevés).

5. Zone de Fresnel.

Soit un émetteur (A), et un récepteur (B), la puissance reçue est donnée par l'équation :

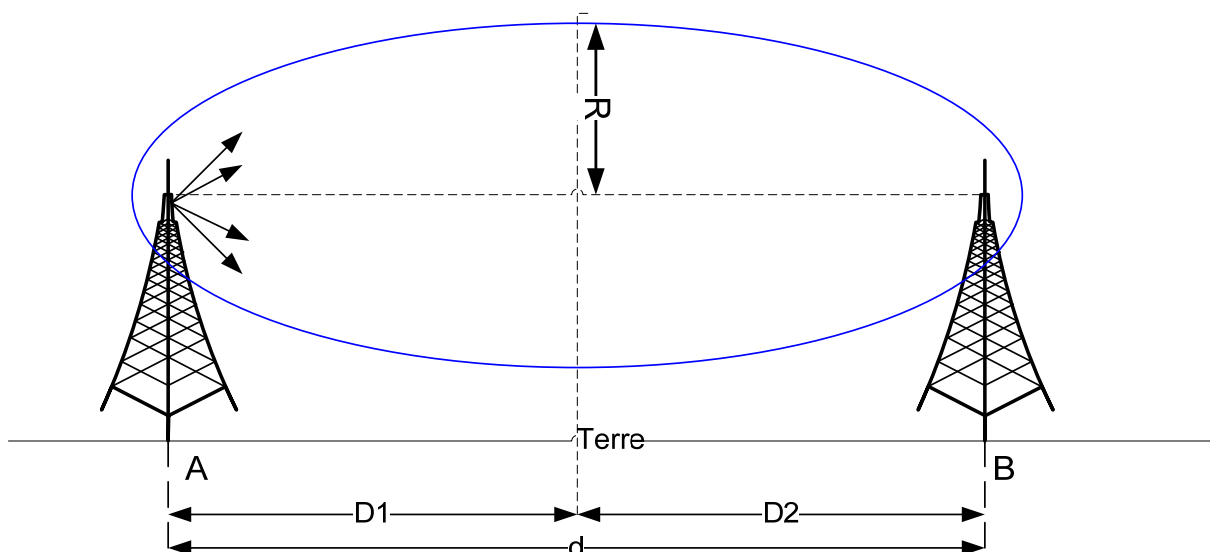
$$Pr = Pe * Ge * Gr * \lambda^2 / 16 * \pi^2 * d^2$$

Cette équation est applicable dans la propagation en espace libre, c'est-à-dire, il faut que l'ellipsoïde de FRESNEL soit dégagé.

Le volume entouré par l'ellipsoïde est la première zone de Fresnel. Si l'ellipsoïde ne touche pas la terre, on dira que la 1ère zone de Fresnel est dégagée, on parle alors de la propagation en espace libre. Le rayon de ce l'ellipsoïde est :

$$R = \lambda D1.D2 / D1 + D2$$

Si l'ellipsoïde de Fresnel n'est pas dégagé, il faut prendre en compte l'effet du sol, c'est-à-dire de l'affaiblissement que causera le sol lors de la propagation de l'onde radioélectrique.



Glossaire

2G: 2nd Generation.

2.5G: 2.5th Generation.

3G: 3rd Generation.

3GPP: 3rd Generation Partnership Project.

8-PSK: Eight Phase Shift Keying.

A

AICH: Acquisition Indicator CHannel.

AMPS : Advanced Mobile Phone Service.

AMRF : Accès Multiple par Répartition en Fréquence.

ARIB: Association for Radio Industry and Business.

AS: Access Stratum.

AUC: AUthentication Center.

B

BCH: Broadcast CHannel.

BCCH: Broadcast Control Channel.

BMC: Broadcast/Multicast Control.

BSC: Base Station Controller.

BSS: Base Station Sub system.

BTS: Base Transceiver Station.

C

CC: Call Control.

CCCH: Common Control CHannel.

CDMA: Code Division Multiple Access.

CM: Connection Management.

CN: Core Network.

CPICH: Common PIlot CHannel.

CRNC: Controlling RNC.

CS: Circuit Switched.

CTCH: Common Traffic CHannel.

CWTS: China Wireless Telecommunication Standard Group.

D

DCCH: Dedicated Control CHannel.

DCH: Dedicated CHannel.

DL: DownLink.

DRNC: Drift RNC.

DS-CDMA: Direct Sequence-CDMA.

DSCH: Downlink Shared CHannel.

DTCH: Dedicated Traffic CHannel.

E

EDGE: Enhanced Data Rates for GSM Evolution.

EIR: Equipment Identity Register.

ETSI: European Telecommunications Standards Institute.

F

FACH: Forward Access CHannel.

FDD: Frequency Division Duplex.

FDMA: Frequency Division Multiple Access.

FH-CDMA: Frequency Hop-CDMA.

FPLMTS: Future Public Land Mobile Telephone System.

G

GERAN: GPRS EDGE Radio Access Network.

GGSN: Gateway GPRS Support Node.

GMSC: Gateway Mobile service Switching Center.

GMSK: Gaussian Minimum Shift Keying.

GPRS: General Packet Radio Service.

GSM: Global System for Mobile communications.

H

HLR: Home Location Register.

HO: HandOver.

I

IMIE: International Mobile station Equipment Identity.

IMSI: International Mobile Subscriber Identity.

IMT: International Mobile Telecommunications.

IP: Internet Protocol.

IWMSC: InterWorking MSC.

L

LAPD: Link Access Protocol for the D channel.

M

MAPL: Maximum Allowable Pathloss.

MM: Mobility Management.

MMS: Multimedia Message Service.

MS: Mobile Station.

MSC: Mobile service Switching Center.

N

NAS: Non Access Stratum.

NF: Noise Factor.

NMS: Network Management Center.

NMT: Nordic Mobile Telephone.

NSS: Network Sub System.

O

OMC: Operations and Maintenance Center.

OMC/M: Operations and Maintenance Center/ Maintenance.

OMC/R: Operations and Maintenance Center/ Radio.

OMC/S: Operations and Maintenance Center/ System.

OSI: Open Systems Interconnection.

OSS: Operation Sub System.

OVSF: Orthogonal Variable Spreading Factor code.

P

PCCH: Paging Control CHannel.

PCH: Paging CHannel.

PCU: Packet Control Unit.

PN: Pseudo-Noise.

PS: Packet Switched.

PTM: Point- To- Multipoint.

PTP: Point-To-Point.

Q

QoS: Quality of Service.

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying.

R

RACH: Random Access CHannel.

RAN: Radio Access Network.

RLB: Radio Link Budget.

RLC: Radio Link Control.

RLP: Radio Link Protocol.

RNC: Radio Network Controller.

RNIS: Réseau Numérique à Intégration de Service.

RR: Radio Resource.

RRC: Radio Ressource Control.

RTC : Réseau Téléphonique Commuté.

S

SAB: Service Broadcast Service.

SCH: Synchronization CHannel.

SF: Spreading Factor.

SGSN: Serving GPRS Support Node.

SIM: Subscriber Identity Module.

SIR: Signal to Interference Ratio.

SMG: Service Mobile Group.

SMS: Short Message Service.

SMS- SC: SMS - Service Center.

SRNC: Serving RNC.

SS: Supplementary Service.

SS7: Signalisation Sémaphore 7.

T

T: Terminals.

TACS: Total Access Communication System.

Tc: Débit Chip.

TCP: Transmission Control Protocol.

TDD: Time Division Duplex.

TDMA: Time Division Multiple Access.

TE: Terminal Equipment.

TTA: Telecommunications Technology Association.

U

UL : UpLink.

UMTS : Universal Mobile Telecommunications System.

URAN : UTRAN Registration Area.

UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network.

V

VD : Voies Descendantes.

VLR : Visitor Location Register.

VM : Voies Montantes.

W

WAP: Wireless Application Protocol.

WCDMA: Wideband Code Division Multiple Access.