

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Projet de Fin d'Études

présenté par

Zerfa Hamza

&

Bouzidi Abdelwahab

Pour l'obtention du diplôme de Master en Électronique spécialité Réseaux et
Télécommunication

Thème

Dimensionnement et architecture d'un réseau CDMA2000.1x EV-DO

Proposé par : Ramrani Elias & Behih Mohamed

Année Universitaire 2011-2012

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre de projet de fin d'études à l'université Saad Dahleb de BLIDA, en collaboration avec l'opérateur Algérie Télécom et le service WLL EV-DO du centre AISSAT IDIR pour l'obtention du diplôme MASTER en électronique option réseau et télécom. Ce stage étant parvenu à terme, nous nous apercevons que le temps a vite passé, heureusement que les connaissances et les bons souvenirs font toujours durer la réjouissance.

Et c'est en aveu du succès de ce stage que nos fervents mercis se vouent, à notre encadreur Mr ELIAS RAMRANI directeur central, en centre national d'Algérie Telecom, pour sa disponibilité, sa collaboration, sa modestie et sa sympathie, pour ses compétences, sa pédagogie et ses directives fructueuses qu'ils n'a cessé de nous prodiguer tout au long de ce projet, qu'il soit avisé ici de nos sincères mercis.

Nous tenons également à présenter nos sincères remerciements à notre coup promoteur Mr BEHIHE MOHAMED, pour sa serviabilité et, pour son soutien et ses conseils avisés.

Nous adressons nos profondes gratitudee à Mr MUSTFAOUI NOURADINE, et Mm BADAOUI MOUNIRA ingénieurs en Algérie télécom et Mr BOULAFAA HAMDANE chef service du centre WLL EV-DO et tous les membres du ce centre, qui n'ont épargné aucun effort pour le bon déroulement de ce travail, sans oublier Mr axcile Mohamed directeur du centre radio de BOUFARIK.

Nous adressons aussi notre plus vive reconnaissance à tous nos enseignants de l'université de Blida pour la formation qu'ils nous 'ont donné ainsi qu'aux membres de jury qui ont accepté de juger notre travail.

Dédicace

*Je dédie le fruit de mes efforts investis dans ce travail, ainsi que
ceux de toute ma formation à :*

*Mes très chers parents qui ont attendu avec patience les fruits de
leur Sacrifice et leur éducation exemplaire.*

*A celui qui m'a appris l'art de la patience, celui que son soutien a
fait de moi un homme et mon premier exemple dans la vie : mon
père TAHAR.*

*A celle que son cœur est avec moi là où je suis, celle qui m'indique
le bon chemin et qui a consacré sa vie pour moi : ma mère.*

Aux plus proches :

*A celles que j'admire et j'apprécie, celles qui m'ont montré la
fraternité au vrai sens du terme: Mes sœurs.*

*A mes chers amis qui m'ont soutenu spécialement à mon cher ami
et mon binôme abdelwahab.*

A tout ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail de prêt ou de loin.

.....Je dédie ce modeste travail.

HAMZA 

Dédicace

Je dédie le fruit de mes efforts investis dans ce travail, ainsi que ceux de toute ma formation, aux personnes qui me sont les plus chères :

A mes parents qui m'ont énormément soutenu dans les moments les plus difficiles, partagé mes joies et mes peines, qui se sont toujours sacrifiés à mes dépends.

A mon cher frère et mes chères sœurs pour leurs encouragements, amours et soutiens continus pendant toute ma formation.

A toute ma famille.

A mes amis et collègues spécialement à mon cher ami et mon binôme Hamza.

A Toute la promotion de l'année 2012 de département d'électronique de l'université « Saad Dahleb de Blida », et tous ceux qui connaissent ABDELWAHAB de près ou de loin.

A notre encadreur Mr ELIAS RAMRANI, notre coup promoteur Mr BEHIE MOHAMED pour leur disponibilité et leur collaboration.

A tout ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail de prêt ou de loin.

.....Je dédie ce modeste travail.

ABDELWAHAB ✍

ملخص:

الخدمة التي تقدمها شركة اتصالات الجزائر AT في المناطق الريفية على أساس نوع الشبكة الخلوية (الحلقة المحلية اللاسلكية) WLL من النوع CDMA2000. في إطار الوحدة المقترحة (الخدمة الشاملة) والذي اعتمد من قبل AT، فإن استخدام هذه الشبكة يكون سهل مع نوعية مقبولة جدا من الخدمة. يستند هذا المشروع على تقنية CDMA2000.1x EV-DO، الهدف من هذا العمل هو دراسة و تخطيط شبكة هاتفية من النوع WLL. CDMA2000.1x EV-DO

كلمات المفاتيح: WLL, CDMA2000, Algérie Télécom, réseau.

Résumé : Le service fournis par Algérie Telecom AT dans les zones rurales basé sur un réseau cellulaire WLL (Wireless Local Loop) de type CDMA2000. Dans le cadre du projet SU (service Universel) qui a été adopté par AT, l'utilisation de ce réseau sera facile et rapide avec une qualité de service très acceptable. Le projet SU est basé sur la technologie CDMA2000.1x EV-DO, l'objectif de ce travail est d'étudier un réseau WLL CDMA2000.1x EV-DO (procédure de planification, architecture, et dimensionnement).

Mots clés : WLL, CDMA2000, Algérie Télécom, réseau.

Abstract: The service provided by Telecom Algeria TA in rural areas based on a cellular network WLL (Wireless Local Loop) type CDMA2000. Under the proposed US (Universal Service) which was adopted by AT, the use of this network will be easy with a very acceptable quality of service. The project is based on the US CDMA2000.1x EVDO technology, the objective of this work is to study a WLL network CDMA2000.1x EV-DO (process planning, architecture, and design).

Keywords : WLL, CDMA2000, Algérie Télécom, réseau.

Listes des acronymes et abréviations

AAA: Authentication, Authorization, Accounting

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line

AMPS : Advanced Mobile Phone System

ARIB : Association of Radio Industries and Businesses

ATM : Asynchronous Transfer Mode

BER: Bit Error Rate

BLR : Boucle Locale Radio

BPSQ : Binary Phase Shift Keying

BSC: Base Station Controller

BSS : Base Station Subsystem

BTS : Base Transceiver Station

CDMA : Code Division Multiple Access

CFMR : CDMA Radio Frame Process

CIPS : CDMA Integrated Processing Subrack

CMPT : CDMA Main Processing Transmission Unit

CRPS : CDMA Resource and Packet Subrack

CSWS : CDMA Switching Subrack

D-AMPS : Digital - Advanced Mobile Phone System

DECT : Digital Enhanced Cordless Telecommunications

DL : Downlink

DRC : Data Rate Control

DS / CDMA : Spread-Spectrum Direct Sequence-CDMA

EDGE : Enhanced Data for GSM Evolution

ETSI : European Telecommunication Standard Institute

EV-DO : Evolution Data Only

EV-DV : Evolution Data and Voice

FDD : Frequency Division Duplex

FDMA : Frequency Division Multiple Access

FH / CDMA : Frequency Hopping-CDMA

FPLMTS : Future Public Land Mobile Telephone System

3GPP2 : 3rd Generation Partnership Project 2

GPRS : General Packet Radio Service

GPS : **G**lobal **P**ositioning **S**ystem
GSM : **G**lobal **S**ystem for **M**obile communication
HA : **H**ome **A**gent
H-ARQ : **H**ybrid **A**utomatic **R**epeat request
HDR : **H**igh **D**ata **R**ate
HLR : **H**ome **L**ocation **R**egistry
IMA : **I**nverse **M**ultiplex **A**TM
IMT2000 : **I**nternational **M**obile **T**elecommunications for the year **2000**
IS-95 : **I**nterim **S**tandard **95**
LE : **L**ocal **E**xchange
MAC : **M**edium **A**ccess **C**ontrol
MIC : **M**odulation d'**I**mpulsion **C**odée
MIMO : **M**ultiple **I**nput **M**ultiple **O**utput
MS : **M**obile **S**tation
MSC : **M**obile **S**witch **C**enter
NGN: **N**ext **G**eneration **P**rotocol
NID : **N**etwork **I**dentify
NMT : **N**ordic **M**obile **T**elephone
NSS : **N**etwork **S**witching **S**ubsystem
OMC : **O**peration and **M**aintenance **C**enter
OML : **O**peration and **M**aintenance **L**ink
PCF: **P**acket **C**ontrol **F**onction
PCS: **P**ersonal **C**ommunication **S**ystem
PDC : **P**ersonale **D**igital **C**ellular
PDSN: **P**acket **D**ata **S**witching **N**ode
PHS : **P**ersonal **H**andy phone **S**ystem
PN : **P**seudo **N**oise
PPP : **P**oint to **P**oint **P**rotocol
QoS : **Q**uality of **S**ervice
QPSK: **Q**uadrature **P**hase **S**hift **K**eeping
RA : **R**everse **A**ctivity
RAC : **R**adio **A**ccess **C**ontroller
RF : **R**adio **F**requency
RPC : **R**everse **P**ower **C**ontrol **C**hannel

RRC : Radio Resources Control
RRI : Reverse Rate Indicateur
RTC : Réseau Téléphonique Public
RTT : Radio Transmission Technology
SC : Switching Center
SF : Spreading Factor
SFH : Slow Frequency Hopping
SID : System Identity
SNR : Signal to Noise Ratio
SS7: Signalling System N°7
TACS : Total Access Communication System
TDD : Time Division Duplex
TDM : Time Division Multiplexing
TDMA : Time Division Multiple Access
TEB : Taux d'Erreurs Binaires
TH / CDMA : Time Hopping-CDMA
TIA: Telecommunication Industry Association
UE : User Equipement
UIT : Union Internationale des Télécommunications
UL : Uplink
UMTS : Universal Mobile Telecommunications System
UNI : User Network Interface
VLR : Visitor Location Register
VoIP : Voice over IP
WCDMA : Wideband CDMA
WIMAX : Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLL : Wireless Local Loop

Table des matières

Introduction générale	01
Chapitre 1 : généralités sur les réseaux mobiles	
Introduction	03
1.1 Historique des réseaux mobiles	03
1.1.1 Communication analogique (1G)	04
1.1.2 Communication numérique sous forme circuit (2G)	05
1.1.3 Applications multimédias sous forme paquet (3G)	05
1.1.4 La quatrième génération (4G)	06
1.2 Les différentes techniques d'accès	08
1.2.1 FDMA (l'accès multiple par répartition fréquentielle)	08
1.2.2 TDMA (l'accès multiple par répartition temporelle)	09
1.2.3 CDMA (l'accès multiple par répartition de code)	09
1.3 Les propriétés des réseaux CDMA	11
1.4 Handoff	12
1.4.1 Soft-handoff	12
1.4.2 Softer-handoff	13
1.5 Les principes de CDMA	14
1.5.1 l'étalement du spectre	14
a TH / CDMA : La transmission par sauts de temps (Time Hopping- CDMA)	16
b FH / CDMA : La transmission par sauts de fréquence (Frequency Hopping-CDMA)	16
c DS / CDMA : L'étalement par séquence directe (Spread-Spectrum Direct Sequence-CDMA).....	17
1.5.2 Utilisation des codes	18
1.6 Récepteur RAKE	19
1.7 L'EFFET NEAR-FAR	20
1.8 CONTROLE DE PUISSANCE EN CDMA	20
1.9 Évolution des systèmes CDMA	22
Conclusion	24
Chapitre 2 : propagation et modèles de prédiction	
Introduction	25

2.1 Mécanismes de propagation en espace libre	25
2.1.1 la réflexion	25
2.1.2 La réfraction	26
2.1.3 Absorption	26
2.1.4 Diffraction et diffusion	27
2.2 Multi trajet	27
2.3 Dispersion de retard	28
2.4 Changement de polarisation	28
2.5 Effet Doppler	29
2.6 Les évanouissements	30
2.7 technique de diversité	30
2.7.1 La diversité spatiale	30
2.7.2 La diversité de polarisation	31
2.7.3 La diversité fréquentielle	31
2.7.4 La diversité temporelle	31
2.7.5 La macro diversité (diversité macroscopique)	31
2.8 les modèles de propagation	32
2.8. 1 Modèle de Hata	32
2.8.2 Le modèle COST 231 Hata	33
2.8.3 Modèle Calibré Basé sur le modèle d'Okumura Hata	34
2.9 Prévion de la couverture et équilibrage de la liaison	35
2.10 Equilibrage de la liaison	36
Conclusion	37
Chapitre 3 : Etude d'un réseau WLL CDMA 2000.1x EV-DO	
Introduction	38
3.1 Les types de boucles locales	38
3.2 Les systèmes utilisés pour la BLR	39
3.2.1 DECT (Digital Enhanced Cordless Telephone)	39
3.2.2 PHS (Personal Handy phone System)	40
3.2.3 WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)	40
3.3 Architecture générale du réseau WLL CDMA2000.1x EV-DO	41
3.3.1 Equipements du réseau	42

3.3.2 Les interfaces du réseau	44
3.4 la transmission	46
3.4.1 Liens de transmission	46
3.4.2 Modes de transmission	47
3.4.3 Modes de connexions	48
3.5 La couche physique du réseau EV-DO	49
3.5.1 Les canaux physiques	50
A. Le lien montant (Reverse Link)	51
B. Le lien descendant (Forward Link)	52
3.6 La couche MAC EV-DO	54
3.6.1 Hybride ARQ	54
3.6.2 Adaptation de débit	54
3.7 modulation	55
3.7.1 La modulation QPSK	56
Conclusion	56
Chapitre 4 : Planification d'un réseau cellulaire	
Introduction	57
4.1 Le concept cellulaire	58
4.1.1 Zone urbaine	59
4.1.2 Zone suburbaine	59
4.1.3 Zone rurale	59
4.2 Notion de trafic	60
4.3 Objectifs de la planification cellulaire	60
4.4 Etapes du processus de la planification	61
4.5 Planification de la partie radio	63
4.5.1 Collecte de données	63
a Analyse de Trafic	64
1) Paramètres utiles	64
2) Trafic et mobilité	65
4.5.2 Définition de la couverture radio	66
4.5.3 Paramètres de qualité de service (Qos)	67
a Probabilité de blocage	67

b Temps d'attente	62
4.5.4 Dimensionnement de trafic	68
4.6 Dimensionnement du réseau fixe	69
4.6.1 Sectorisation	69
4.6.2 Down-tilting	70
4.7 Choix des gouvernorats ciblent pour le déploiement	70
4.7. 1 Dimensionnement de la BTS	71
4.7.2 Dimensionnement de la BSC	73
4.7.3 Dimensionnement de la SC	73
Conclusion	73
Chapitre 5 : Application	
Introduction	74
5.1 Description	74
5.2 Modèles de prédiction	77
5.3 Dimensionnement	80
5.4 ATOLL et GENEX PROBE	83
5.4.1 ATOLL	83
5.4.2 GENEX Probe	84
Conclusion	85
Conclusion générale	86
ANNEXE	87

Liste des figures

Figure 1. Chemins d'évolution possibles pour les technologies d'accès sans fil	07
Figure 2. L'accès multiple FDMA	08
Figure 3. L'accès multiple TDMA	09
Figure 4. L'accès multiple CDMA	09
Figure 5. Facteur de réutilisation de fréquence	11
Figure 6. Soft-handoff	13
Figure 7. Softer-handoff	13
Figure 8. Etalement d'une séquence de données	14
Figure 9. Bilan spectral d'une transmission à étalement du spectre	15
Figure 10. Occupation temps / fréquence du signal FH	16
Figure 11. Diagramme d'un émetteur-récepteur DS-SS	17
Figure 12. les Codes utilisés dans le CDMA	19
Figure 13. Récepteur RAKE	20
Figure 14. Sans contrôle de puissance	22
Figure 15. Avec Contrôle de puissance	22
Figure 16. Evolution de la technologie CDMA2000	22
Figure 17. la réflexion	26
Figure 18. La diffraction	27
Figure 19. Trajet multiple	27
Figure 20. changement de polarisation	29
Figure 21. Schéma représentatif de l'effet Doppler	30
Figure 22. Boucle locale filaire	39
Figure 23. Boucle locale radio	39
Figure 24. architecture d'un réseau WLL déployé par Algérie Telecom	41
Figure 25. Schéma bloc des interfaces du réseau CDMA2000	45
Figure 26. Multiplexage et démultiplexage de cellules ATM (IMA group)	49
Figure 27. Multiplexage TDM	50
Figure 28. Structure des canaux du 1xEV-DO	50
Figure 29. Structure de la trame du lien descendant	52
Figure 30. Modulation QPSK	56

Figure 31. Les types de zones de rayonnement	59
Figure 32. Processus de planification cellulaire	62
Figure 33. Sectorisation des cellules	69
Figure 34. technique de Down-tilting	70
Figure 35. la Daïra de Boufarik	71
Figure 36. Fenêtre principale	74
Figure 37. Confirmation de Quitter le logiciel	76
Figure 38. Objectif générale du logiciel	76
Figure 39. Figure de choix de modèle	77
Figure 40. Modèle de Hata	78
Figure 41. Help Modèle HATA	79
Figure 42. la puissance en fonction da la distance	79
Figure 43. l'affaiblissement en fonction de la distance.....	80
Figure 44. interface utilisateur de dimensionnement	81
Figure 45. calcule de nombre des équipements du réseau cas: commune de BOFARIK.....	81
Figure 46. calcule de nombre des équipements du réseau cas: commune de SOUMAA.....	82
Figure 47. Calcule de nombre des équipements du réseau cas: commune de GUERROUAOU	82
Figure 48. ATOLL	83
Figure 49. Lancement du logiciel GENEX PROBE	84
Figure 50. Interface du logiciel GENEX PROBE	85
Figure 51. Description des composants de la BTS 3606CE	89
Figure 52. Antenne et Cabinet de la BTS	90
Figure 53. Description du BSC	92
Figure 54. Description des racks du BSC	93
Figure 55. Architecture du réseau WLL EV-DO d'AISSAT IDIR	94

Liste des tableaux

Tableau 1. Les avantages et les inconvénients de 1G	04
Tableau 2. Les avantages et les inconvénients de 2G	05
Tableau 3. Les avantages et les inconvénients de 3G	06
Tableau 4. Comparaison entre les trois types d'accès	10
Tableau 5. Evolution des technologies CDMA2000	24
Tableau 6. Interfaces liants les entités du réseau CDMA2000	46
Tableau 7. Paramètres de la couche physique (Lien Descendant)	51
Tableau 8. Paramètres de la couche physique (Lien Montant)	54
Tableau 9. Quelques types de modulation et leurs applications	55
Tableau 10. statistique collectées concernant la dira de BOUFARIK	72
Tableau 11. Comparaison entre CDMA2000 EV-DO et CDMA2000 1x	87
Tableau 12. Comparaison entre la technologie WLL et ADSL	88
Tableau 13. Fonctions des composants principales de la BTS 3606CE	89
Tableau 14. Différentes configurations des BTS	91

Introduction générale

Le monde exige plus des technologies de communication sans fil que naguère.

En effet, les évolutions récentes des technologies radio dans le domaine des réseaux sans fil et des mobiles offrent une grande flexibilité dans le choix des interfaces sur la voie radio et par la même occasion la liberté de sélectionner les réseaux d'accès et les débits en fonction des applications et des préférences des utilisateurs.

De ce fait, les systèmes de communications mobiles 3G appelés IMT2000 doivent être conçus pour supporter des services larges bandes avec des taux de données élevés pouvant aller jusqu'à 2 Mbits/s et une qualité de service appréciable. Pour obtenir une qualité de service requise, l'interface radioélectrique doit s'adapter aux contraintes d'environnement (brouillage du aux trajets multiples), de service (débit retard, TEB) et permettre le partage de la ressource entre utilisateurs.

C'est dans ce sens que le CDMA, qui est une technique de partage du canal radio, constitue la base des systèmes radios mobiles 3G. Il appartient à la classe des multiplexages dits à étalement de spectre. Le CDMA fournit de façon cohérente une meilleure capacité pour des communications de voix et de données que d'autres technologies mobiles, permettant ainsi à plusieurs abonnés de communiquer simultanément et assurant une meilleure gestion du spectre de fréquence.

Le dimensionnement, la planification, le déploiement, tant au niveau radio et transmission que commutation permettent de répondre aux objectifs de qualité de service des opérateurs de réseaux publics ou privés.

Ce projet s'inscrit dans le cadre d'une étude d'un dimensionnement et d'une architecture d'un réseau mobile WLL CDMA2000 1x EV-DO dans la daïra de Boufarik de la Wilaya de Blida.

Notre travail s'appuie essentiellement sur une étude statistique pour une architecture optimale d'un réseau WLL CDMA2000 1x EV-DO décrit suivant la manière ci après :

Le premier chapitre intitulé généralités sur les réseaux mobiles, décrit l'histoire des réseaux mobiles, les différents principes de la technologie CDMA, ainsi que leur évolution.

Le deuxième chapitre illustre les différents modèles de propagation radio.

Le troisième chapitre sera consacré à une étude bien précisée sur la technologie WLL EV-DO.

Le quatrième chapitre fixe les objectifs, les procédés de planification, la notion de trafic, les différents types de trafic des zones, le dimensionnement de réseau et les détails de la planification ainsi que la couverture radio CDMA2000 1x EV-DO en prenant comme exemple un dimensionnement d'un réseau WLL CDMA2000 1x EV-DO dans la daïra de Boufarik.

Le cinquième chapitre concernera la réalisation pratique d'une application sur MATLAB, en revanche nous avons mentionné quelques logiciels utilisés au partie planification et optimisation des réseaux.

Chapitre 1 généralités sur les réseaux mobiles

Introduction

Depuis le début des années 1990, les services de communication cellulaires connaissent un développement sans précédent, rendu possible par l'existence de technologies numériques dites de 2ème génération, tels que le GSM.

Ces technologies issues de différentes normes créés au début des années 1980 sont en générales incompatibles entres elles.

Afin de permettre une compatibilité et la création de nouveaux services de type multimédia et d'offrir aux usagers une itinérance à l'échelle mondiale, il était devenu nécessaire d'effectuer un saut technologique et de franchir le pas vers les réseaux cellulaires de 3ème génération.

C'est ainsi que constructeurs et opérateurs de télécommunications travaillent depuis plusieurs années à la définition de la future technologie, essayant de concilier la définition de nouveaux services (l'Internet sans fil de qualité, le multimédia...) et la nécessité d'assurer, pour les usagers et les opérateurs de réseaux, une transition aussi douce que possible vers la nouvelle génération.

1.1 Historique des réseaux mobiles

Les opérateurs mobiles exploitent le spectre radio pour fournir leurs services. Le spectre de fréquence est une ressource rare. Il a été traditionnellement partagé par un certain nombre d'industries, y compris la radiodiffusion, les communications mobiles et les militaires [1].

Avant l'arrivée de la technologie cellulaire, la capacité a été augmentée par une division des fréquences et l'addition en résultant des canaux disponibles.

Cependant, ceci a ramené toute la largeur de bande disponible à chaque utilisateur, affectant la qualité du service. Présenté dans les années 70, la technologie cellulaire a tenu compte de la division des secteurs géographiques (dans des cellules), plutôt que des fréquences, menant à une utilisation plus efficace du spectre radio. Basé sur la rentabilité : le coût, et la qualité de services à offrir aux utilisateurs etc.

L'évolution de la technologie cellulaire a été divisée en quatre générations de réseaux mobile sont répertoriées, en fonction de la nature de la communication transportée :

1.1.1 Communication analogique (1G)

C'est à la fin des années 1970 et début des années 1980 que les communications mobiles ont fait un bond en avant. Les évolutions techniques ont permis la conception de mobiles plus petits, plus légers, plus sophistiqués et surtout accessibles pour un plus grand nombre d'utilisateurs. Ces cellulaires de première génération ne transmettaient que la voix, et de façon analogique. Les plus importants sont AMPS, NMT, et TACS.

Le Tableau 1. Présente les avantages et les inconvénients de la première génération

Avantages	Inconvénients
- Premiers radiotéléphones analogiques sans-fil	- Taille imposante des équipements - Pas de confidentialité des communications - Réseaux saturés

Tableau 1. Les avantages et les inconvénients de 1G.

1.1.2 Communication numérique sous forme circuit, avec deux options : mobilité importante et mobilité réduite (2G)

Le développement des cellulaires 2G fut dirigé par le besoin d'améliorer la qualité de transmission, les capacités du système ainsi que la couverture du réseau. Ce sont toujours les transmissions de la voix qui dominent mais les demandes pour les fax, messages courts et transmissions de données ont augmenté rapidement. Des services supplémentaires sont apparus tels que la prévention de fraude et le cryptage des données personnelles. Ces premiers sont devenus comparables aux services disponibles sur les réseaux fixes. Les cellulaires 2G incluent GSM, PDC et D-AMPS.

Le Tableau 2. Donne les avantages et les inconvénients de la deuxième génération

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">- Meilleure qualité d'écoute- Taille réduite- Confidentialité des communications	<ul style="list-style-type: none">- Débit : envoi de données lentes

Tableau 2. Les avantages et les inconvénients de 2G.

1.1.3 Applications multimédias sous forme paquet (3G)

Les systèmes de télécommunications mobiles de 3G fournissent toute une gamme de services de télécommunications aux utilisateurs fixes et mobiles, situés dans une variété d'environnements autour de la bande de fréquence de 2 GHz. En 1985, l'UIT a commencé ses études des réseaux FPLMTS, renommés IMT2000 en 1993. De son côté, l'ETSI a commencé, en 1990, ses études sur le réseau de mobile pour l'Europe avec l'UMTS qui est l'un des éléments de la famille IMT2000. Les cinq normes retenues pour la 3G sont l'UMTS, WCDMA, CDMA2000, EDGE et DECT de 3^{eme} génération. Un des objectifs affichés par les réseaux 3G a pour but de rendre les services fixes et mobiles compatibles pour former un service transparent de bout en bout pour les utilisateurs.

Le Tableau 3. Illustre les avantages et les inconvénients de la troisième génération

Avantages	inconvénients
<ul style="list-style-type: none">- Accès Internet haut-débit depuis un équipement mobile ou un ordinateur- Visiophonie- Télévision (IP TV)	<ul style="list-style-type: none">- Coût- Changement des équipements usagers

Tableau 3. Les avantages et les inconvénients de 3G.

1.1.4 La quatrième génération (4G)

La future génération de réseaux sans fil dite de quatrième génération (4G) apporte un véritablement tournant dans le foisonnement et la disparité des solutions existantes.

L'objectif cette fois sera certes d'augmenter les débits et les applications prises en charge par ces réseaux mais encore de construire un cadre permettant leur interopérabilité. Des premières solutions sont déjà disponibles auprès de la plupart des opérateurs de télécommunications mais la plupart d'entre elles sont des solutions spécifiques à un type d'interconnexion et à un opérateur [1].

La Figure 1. Donne un Chemins d'évolution possibles pour les technologies actuelles d'accès sans fil.

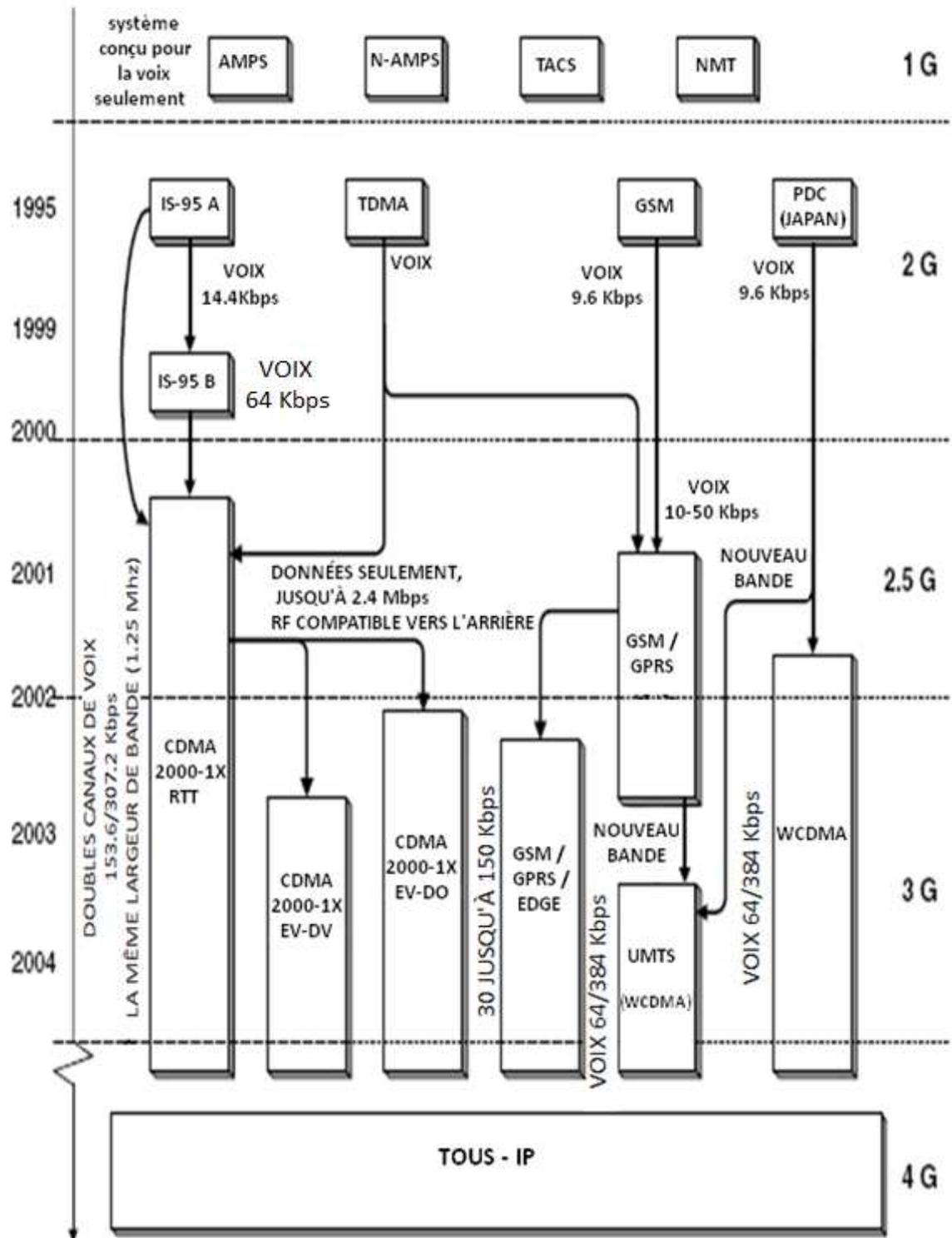


Figure 1. Chemins d'évolution possibles pour les technologies actuelles d'accès sans fil.

1.2 Les différentes techniques d'accès

L'un des aspects essentiels des réseaux cellulaires est la technique d'accès multiples adoptée pour l'interface radio entre l'équipement d'utilisateur et la station de base. La technique choisie doit diviser de manière optimale le spectre radioélectrique disponible en un certain nombre de canaux et définir comment ces canaux sont alloués aux nombreux usagers accédant au réseau.

Les techniques d'accès multiple en communication radio mobile sont classées en trois catégories [2]:

1.2.1 FDMA (l'accès multiple par répartition fréquentielle)

Le principe de l'accès multiple par division de fréquence est de répartir la bande fréquentielle disponible entre les différents utilisateurs. Ainsi chaque utilisateur a sa propre sous-bande à tout moment. Pour éviter des interférences entre les différentes sous-bandes, en particulier si le canal n'est pas parfait, on sépare les bandes voisines par une bande de garde.

Ces bandes de gardes dégradent l'efficacité spectrale d'un système d'accès multiple FDMA.

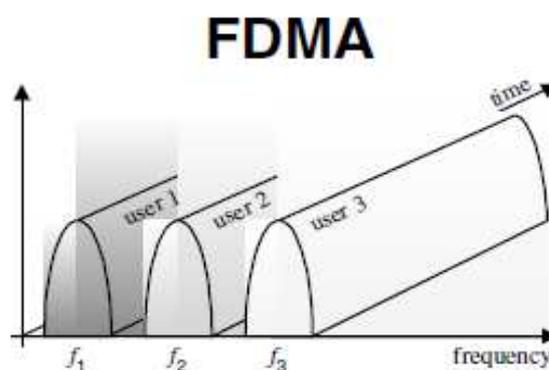


Figure 2. L'accès multiple FDMA.

1.2.2 TDMA (l'accès multiple par répartition temporelle)

Le principe de l'accès multiple par division de temps est de découper la bande fréquentielle unique en trames temporelles. Les trames sont divisées en intervalles de temps (time-slots) qui sont allouées aux différents utilisateurs. Chaque utilisateur peut alors accéder à la totalité de la bande mais seulement lorsque c'est son tour. Un système TDMA exige une stricte synchronisation de tous les utilisateurs pour que leurs transmissions n'interfèrent pas.

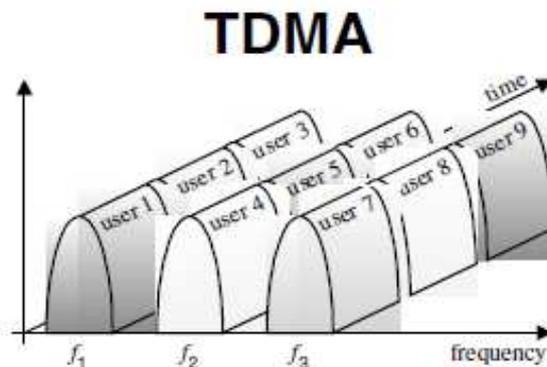


Figure 3. L'accès multiple TDMA.

1.2.3 CDMA (l'accès multiple par répartition de code)

En CDMA, on attribue à chaque utilisateur un code. Les séquences de code des différents utilisateurs occupent toutes la même bande de fréquence. Grâce à la propriété d'orthogonalité (au sens de la corrélation) des codes, il est possible de séparer à la réception les transmissions des émetteurs. Contrairement aux deux autres formes de multiplexage, les formes d'ondes du CDMA ne sont ni localisées en temps ni en fréquence.

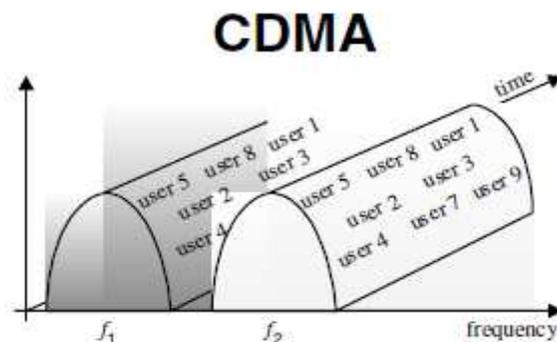


Figure 4. L'accès multiple CDMA.

Le Tableau 4. Décrit une comparaison entre les trois types d'accès.

Types d'accès.	Avantages	Inconvénients
FDMA	<ul style="list-style-type: none"> -Complexité faible pour le mobile. -Transmission, synchronisation continue possible. -Modulation a faible débit 	<ul style="list-style-type: none"> -Complexité des équipements de la station de base. -Nécessité de duplexeurs coûteux. -Pas de diversité de fréquence.
TDMA	<ul style="list-style-type: none"> -Coût réduit de station de base. -Pas de duplexeurs full duplex. -Souplesse de modification sur les débits transmis. 	<ul style="list-style-type: none"> -Gestion complexe. -Ajout de débits de signalisation et de synchronisation. -Haut débit sur le canal. -Synchronisation globale du système.
CDMA	<ul style="list-style-type: none"> -Réutilisation des fréquences : facteur de réutilisation=1. -Large couverture. -Grande capacité. -Contrôle de la puissance d'émission. -Haute performance anti-interférence. -Avantages de l'étalement de spectre. -Diversité de fréquence. 	<ul style="list-style-type: none"> -Nécessite d'une égalisation intensive. -Nécessite d'un contrôle de la puissance d'émission. -Complexité (proche de TDMA)

Tableau 4. Comparaison entre les trois types d'accès.

1.3 Les propriétés des réseaux CDMA

1. Résistance aux brouilleurs.
2. Résistance aux dégradations dues aux trajets multiples.
3. Gestion plus souple de la redistribution des fréquences entre les cellules au niveau d'un réseau cellulaire [2] :

Les cellules CDMA peuvent réutiliser les mêmes porteuses allouées à un site cellulaire. Ainsi le plan d'organisation de fréquence est évité. C'est un avantage énorme comparé avec les réseaux TDMA et FDMA où le plan de fréquence représente un temps perdu et un investissement supplémentaire.

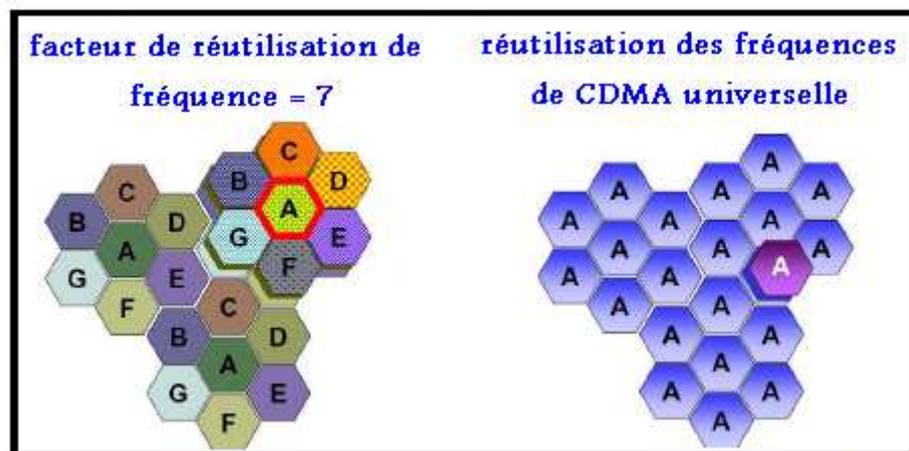


Figure 5. Facteur de réutilisation de fréquence.

4. Efficacité spectrale et économique

Le CDMA est reconnu comme étant le système économique idéal pour les installations en extérieur, et dans les zones rurales faiblement peuplées ; et à relief accidenté grâce à la grande portée géographique de la fréquence basse de 1.8-1.9 MHz car la portée augmente quand la fréquence diminue. Cette capacité se traduit par des économies d'échelle avec moins d'installations (moins d'investissements CAPEX) par rapport aux solutions à fréquences plus élevées. Cette efficacité économique présente donc de réelles opportunités aux opérateurs souhaitant couvrir des régions faiblement peuplées.

5. Soft Handoff.

1.4 Handoff

Le Handoff généralement connu sous le nom de handover, est un mécanisme fondamental dans la communication cellulaire (CDMA, GSM ou UMTS). Globalement, c'est l'ensemble des opérations mises en œuvre permettant à une station mobile de changer de cellule sans interruption de service (dans la réalité, la communication entre le MS et la BTS s'interrompt, mais grâce à la rapidité de l'opération, l'utilisateur ne sent aucune interruption).

Dans un système CDMA, ce mécanisme joue un rôle très important pour garder une bonne qualité de service sur les zones à faibles couvertures, deux grands types de handoff sont envisagés [3] : Le soft-handoff et le softer-handoff.

1.4.1 Soft-handoff

En général, pendant la procédure de handoff, le mobile doit interrompre la communication avec une station de base avant d'en établir une autre avec une station différente. C'est le cas dans la plupart des systèmes fondés sur le FDMA et le TDMA. Au contraire, dans un système CDMA où les cellules voisines utilisent la même fréquence porteuse, le mobile peut conserver une liaison radio avec plusieurs stations de base simultanément. Comme il n'y a pas de rupture physique de la communication, ce type de handoff est appelé soft handoff.

Dans ce type le mobile reste en communication entre deux BTS sans interruption, et il est utilisé juste entre des BTS opérant dans la même fréquence, afin de simplifier l'opération de basculement entre stations de base lors du déplacement de l'utilisateur. Le soft Handoff permet également de combiner les signaux issus des différentes BTS impliquées dans le Soft Handoff dans le but d'améliorer la qualité de la communication. Les deux cellules adjacentes démodulent séparément le signal reçu du mobile et envoie le résultat au SC qui sélectionne le meilleur signal parmi les deux qui sont renvoyés.

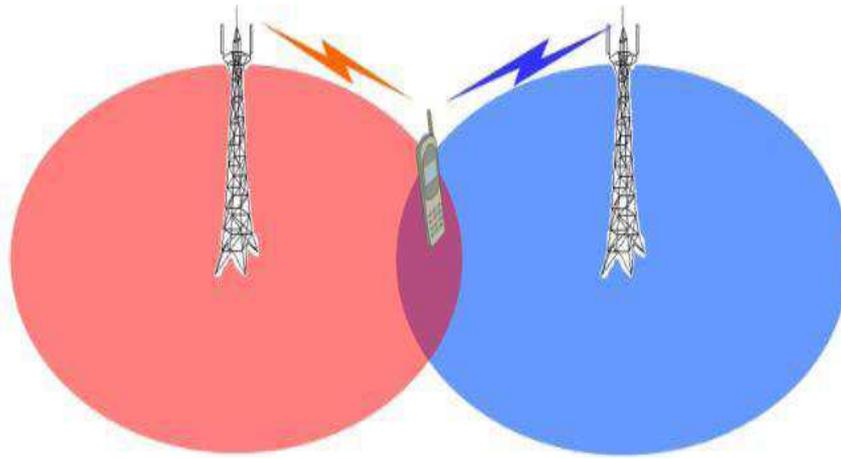


Figure 6. Soft-handoff.

1.4.2 Softer-handoff

Quand le terminal mobile se trouve dans une zone de couverture commune à deux secteurs adjacents d'une même station de base, deux codes d'étalement doivent alors être utilisés dans le sens DL afin que le terminal mobile puisse distinguer les deux signaux issus des deux secteurs et on a donc deux connexions simultanées pour cet usager. Dans le sens UL, les signaux provenant du terminal sont reçus par les deux secteurs de la station de base et routés vers le même récepteur de RAKE. Les signaux sont ainsi combinés au niveau de la station de base. C'est un cas spécial du soft-handoff sauf que le basculement se fait entre secteurs de la même station de base.

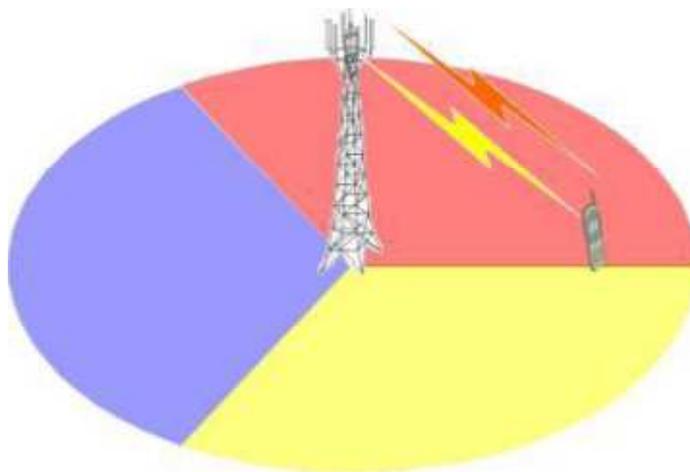


Figure 7. Softer-handoff.

1.5 Les principes de CDMA

La bande de fréquence est une ressource rare qu'il faut utiliser à bon escient et partager entre tous les utilisateurs. Il est donc nécessaire de transmettre simultanément sur un même canal le plus grand nombre de messages possibles pour divers services. D'où le recours à une technique d'accès multiple plus performante, soit la technique CDMA. Elle consiste à étaler les spectres des signaux de tous les usagers et à assigner à chacun d'eux un code propre lui permettant de récupérer l'information le concernant à la réception. Le système CDMA basé sur l'étalement de spectre permet non seulement d'améliorer la capacité du système de communication mais permet aussi une bonne gestion de la bande de fréquence disponible [4].

1.5.1 l'étalement du spectre

L'étalement de spectre est par définition un moyen de transmission d'un signal donné, utilisant une bande de fréquence beaucoup plus large que celle employée par les techniques classiques en utilisant une séquence pseudo aléatoire (PN). Les propriétés d'un tel système de transmission sont nombreuses.

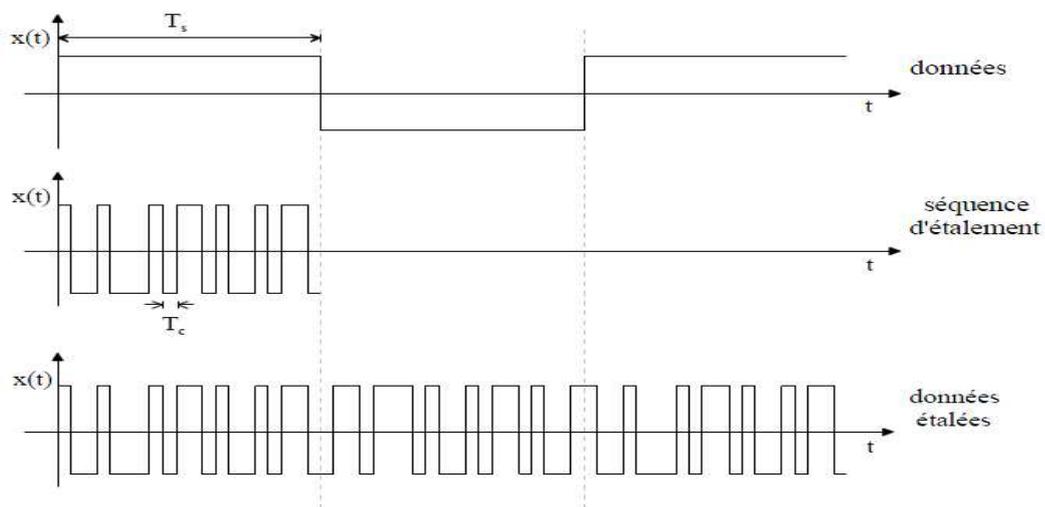


Figure 8. Etalement d'une séquence de données.

Le signal de données, avec une cadence de T_s (Durée symbole), est multiplié par la séquence d'étalement avec une cadence de T_c (temps chip). Le rapport T_s/T_c est

appelé facteur d'étalement G . En réception on ré-multiplie le signal par le code et on l'intègre (corrélation) pour retrouver l'information émise.

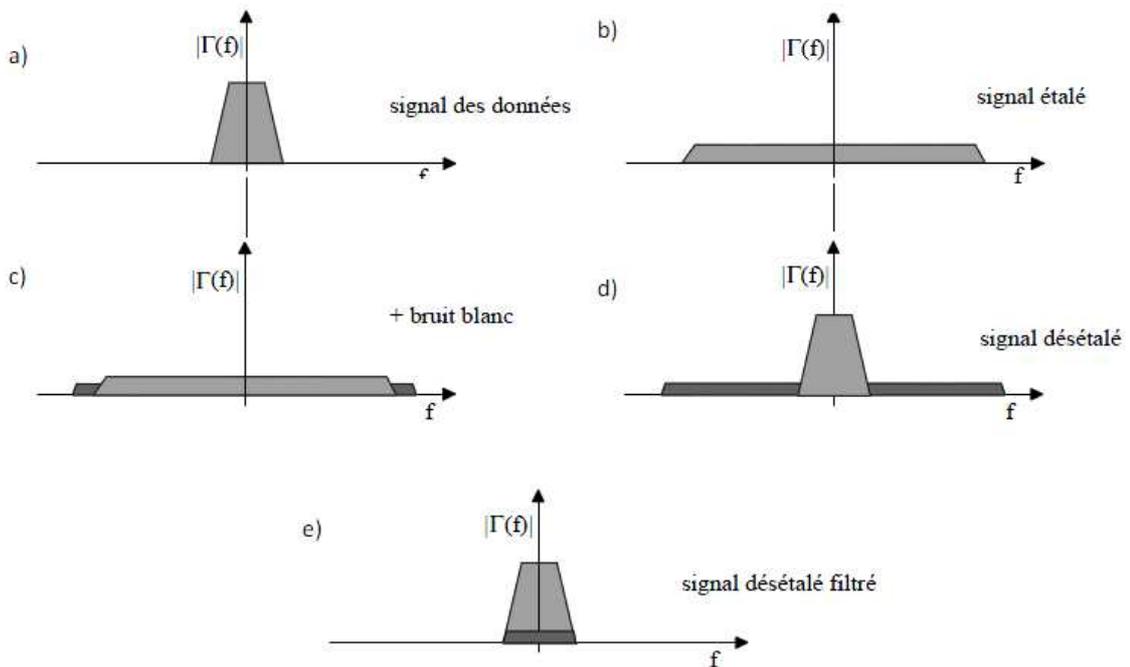


Figure 9. Bilan spectral d'une transmission à étalement du spectre.

On voit le bilan spectral d'une telle transmission en présence d'un autre utilisateur qui peut être interprété comme un bruit blanc. La multiplication du signal de données (a) avec la séquence de code étale son spectre et diminue la densité de puissance (b).

Sur le canal de transmission s'ajoute le spectre d'un autre utilisateur, qui peut grâce aux propriétés des codes, être interprété comme un bruit blanc. Le signal utile est noyé dans le bruit (c). A la réception on ré multiplie par le code et on repasse, après intégration, au rythme T_s , par conséquent le signal utile est désétalé pendant que le signal de l'autre utilisateur reste inchangé (d). Après un filtrage on retrouve bien le spectre d'origine légèrement bruité (e).

L'utilisation de séquences différentes permet l'accès multiple. Tous les utilisateurs émettent sur un même canal radioélectrique large bande, mais ils se distinguent par une, séquence d'étalement pseudo aléatoire propre, appelée code et connue par le récepteur. Les différentes séquences utilisées possèdent des propriétés

d'orthogonalité entre elles, si bien qu'en réception, seul le signal correspondant au code désiré est démodulé par convolution.

Il existe trois principales variétés d'étalement du spectre dans la technique CDMA [4] :

a TH / CDMA : La transmission par sauts de temps (Time Hopping-CDMA)

En utilisant le multiplex de temps, le signal d'information n'est pas transmis sans interruption dans la méthode de TH-CDMA. Au lieu de cela, l'information est transférée par flash. Le temps de la transmission par rafales est indiqué par le code de propagation. TH-CDMA a été développé à la fin des années 1940 comme première méthode de CDMA, et a été utilisé à des fins militaires.

b FH / CDMA : La transmission par sauts de fréquence (Frequency Hopping-CDMA)

Dans le protocole CDMA par saut de fréquence, la fréquence porteuse du signal d'information modulé n'est pas constante et change périodiquement. Pendant des intervalles de temps T , la porteuse reste la même, mais après chaque intervalle de temps, la porteuse saute vers une autre (ou éventuellement la même). Le schéma de sauts est régi par le code.

L'occupation fréquentielle d'un système à étalement de spectre par saut de fréquence diffère considérablement d'un système d'étalement de spectre par séquence directe. Un système DS occupe la totalité de la bande lors de la transmission, alors qu'un système FH n'en utilise qu'une petite partie, mais la localisation de cette partie diffère lors de la transmission.

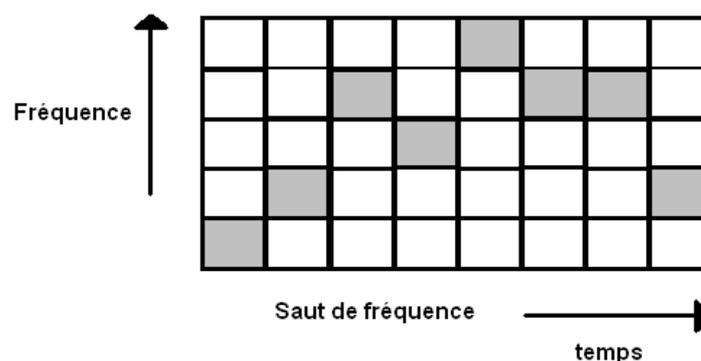


Figure 10. Occupation temps / fréquence du signal FH.

c DS / CDMA : L'étalement par séquence directe (Spread-Spectrum Direct Sequence-CDMA)

C'est à ce type de CDMA qu'on fait généralement référence quand on parle de CDMA. Ici, une séquence d'étalement pseudo-aléatoire haut débit module le signal transmis de telle façon que le signal résultant ait la même largeur de bande que le débit de la séquence d'étalement.

Les intercorrélations des signaux sont donc largement déterminées par les intercorrélations des séquences d'étalement elles-mêmes. Les signaux CDMA sont clairement superposés en temps et en fréquence, mais ils sont séparables par les formes de leur séquence d'étalement.

Une conséquence immédiate de ces observations est que les systèmes CDMA ne nécessitent pas de synchronisation aussi fine entre les utilisateurs que le TDMA.

De la même façon, ils ne nécessitent pas de plan de fréquence puisque les fréquences sont toutes réutilisées dans les zones couvertes.

Dans le protocole DS-SS-SS, le signal de données est directement modulé par un signal de code numérique comme on l'entend dans le cas général est omise et le signal de données est directement multiplié par le code et le signal résultant module la porteuse large bande. C'est de cette multiplication que le CDMA par séquence directe tient son nom.

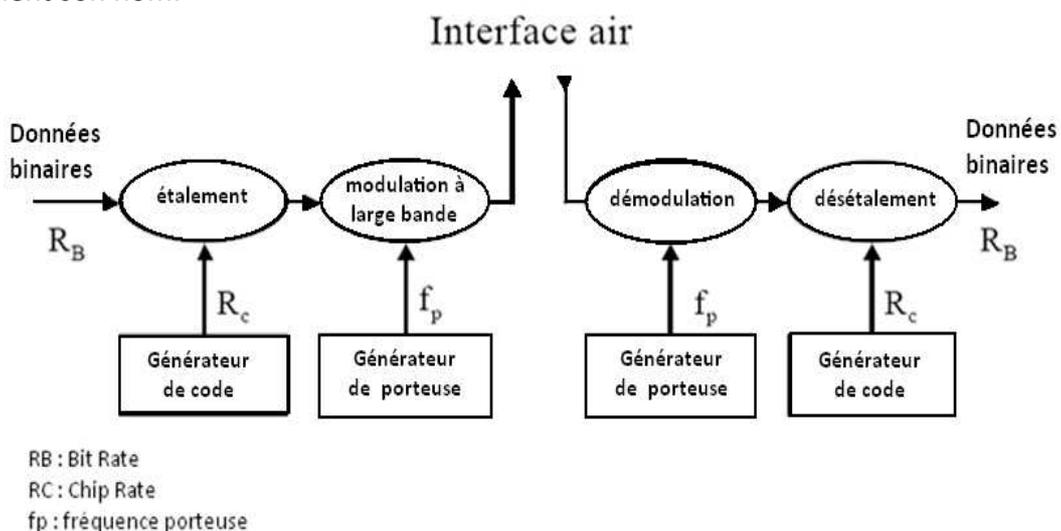


Figure 11. Diagramme d'un émetteur-récepteur DS-SS-SS.

1.5.2 Utilisation des codes

Au sein de la technologie CDMA, chaque terminal mobile détient un code unique. Ce code permet l'identification des usagers lors de la transmission. Ainsi, le code au sein de la technique CDMA est équivalent à la fréquence au niveau de la technique FDMA, et au temps au niveau de la technique.

Les systèmes CDMA utilisent trois types de codes [5] :

➤ Codes Walsh

Dans chaque cellule, le terminal mobile détient un code unique. Ces codes garantissent la propriété d'orthogonalité des vecteurs de données transmis. Ils servent à identifier les usagers. La famille CDMAone, utilise 64 codes orthogonaux. Ces codes sont à la base de la diffusion spectrale sur le lien montant. Ainsi le lien montant est subdivisé en canaux dont le nombre est égal au nombre de codes Walsh.

➤ L'embrouillage « Scrambling »

Le signal étalé est multiplié par un autre code dit d'embrouillage ou de Scrambling, qui fait partie des codes pseudo aléatoires (séquences PN ou Pseudo Noise). On distingue deux types de codes d'embrouillage : les codes d'embrouillage longs et courts.

- Codes PN courts :

Habituellement les mobiles (MS) sont entourés par plusieurs stations de base avec des secteurs différents. Si un Mobile veut obtenir un service du système, alors il devrait d'abord distinguer les différents signaux provenant des différents secteurs. Dans un système CDMA, tous les secteurs utilisent la même fréquence, donc le (MS) ne peut pas obtenir l'information à partir de la fréquence. Ici les séquences PN courtes sont utilisées. Il y a 2^{15} séquences PN (15 chip) possible avec un débit symbole fixé à 1.2288Mcps et chacune d'elle sera allouer à un secteur. Parmi les séquences PN courtes, on définit une séquence PN et on décale à chaque fois par 64 chip pour obtenir une nouvelle séquence qui va être utilisée dans une autre cellule, par la suite on aura 512 ($2^{15}/64$) séquence dans un réseau.

- Codes PN longs :

Dans un système CDMA, les stations de base utilisent les codes longs pour identifier les différents mobiles dans le sens reverse (uplink) et par la suite chaque (MS) aura une séquence parmi les 2^{42} avec un débit symbole de 1.2288 Mcps. Ces codes ne sont pas orthogonaux mais ils sont suffisamment différents pour décoder les signaux reçus.

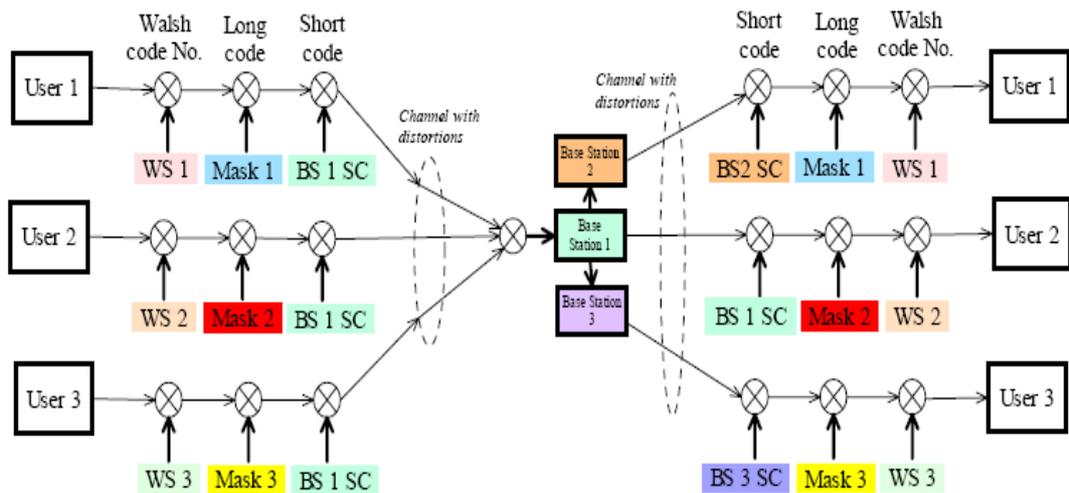


Figure 12. Les Codes utilisés dans le CDMA.

1.6 Récepteur RAKE

Lors d'une transmission radio, les récepteurs MS ou BTS reçoivent des copies retardées et atténuées du signal émis. C'est le phénomène de trajets multiples "multipath". La superposition des composants multi-trajets à la réception sans décalage temporel peut induire des interférences destructives. Pour résoudre ce problème, et tirer profit de la diversité spatiale offerte par les trajets multiples, le récepteur RAKE (ou récepteur en râteau) est adopté dans les systèmes CDMA 2000. Le récepteur RAKE récupère les signaux retardés et ajuste leurs délais en temps réel puis il fait une superposition des amplitudes, ce récepteur en râteau a pour but de minimiser l'atténuation du multi-trajet et améliorer les performances du récepteur dans le système CDMA2000 [3].

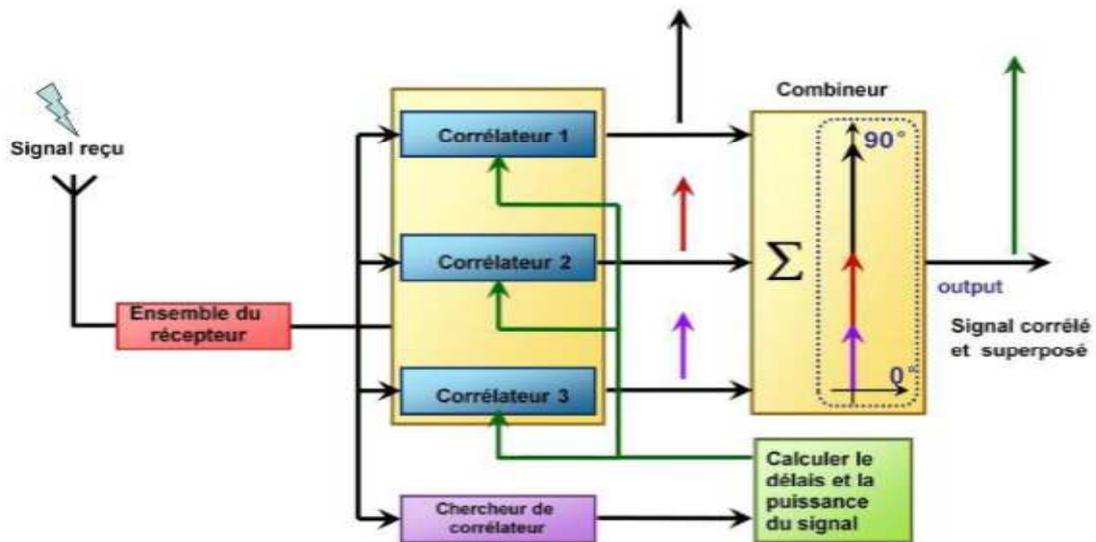


Figure 13. Récepteur RAKE.

1.7 L'EFFET NEAR-FAR

On parle d'effet near-far lorsqu'un appareil mobile émet à une puissance trop élevée qui empêche tous les autres appareils mobiles du voisinage. L'appareil mobile à forte puissance éblouit son entourage. Prenons par exemple un appareil mobile émetteur se trouvant au pied de la station de bases et d'autres appareils mobiles en périphérie dont leur puissance qui arrive au pied de la station de base est affaiblie par la distance. Ces dernières seront masquées par le signal de l'émetteur puissant. Pour remédier à ce problème, il est possible de mettre en place un système de contrôle de puissance. Ce système permet à la station de base de réaliser des estimations régulières (1500 fois par seconde pour chaque mobile) du rapport signal à interférence (Signal to Interference Radio) en le comparant avec la valeur du rapport signal à interférence du destinataire. Si l'estimation de cette valeur est supérieure à la valeur du destinataire, la station de base demande à l'appareil mobile concerné de réduire sa puissance d'émission ou de l'augmenter. Le contrôle de puissance permet à la station de base de recevoir les signaux de même puissance. Ce mécanisme permet de prendre en compte tout type de variation d'affaiblissement.

1.8 CONTROLE DE PUISSANCE EN CDMA

Une difficulté majeure dans Direct-Séquence est l'Extrême-effet proche (Near-Far). Si plus d'un utilisateur est active, la puissance des interférences entrantes est

supprimée par la corrélation croisée entre le code de l'utilisateur de référence et le code du brouilleur. Dans le cas où le brouilleur est plus proche du récepteur, puis l'utilisateur de référence, l'ingérence composante peut ne pas être suffisamment atténuée par le processus de désétalement. En système CDMA, le contrôle de puissance est nécessaire pour éviter ce problème.

Le contrôle de puissance est utilisé pour minimiser les interférences intracellulaires dans un système DS-CDMA. Sur un canal idéal, il est possible de maintenir l'orthogonalité des codes entre tous les utilisateurs de la même cellule. Malheureusement, un canal sans fil introduit des trajets multiples, ainsi l'orthogonalité parfaite des codes est détruite et l'expérience des utilisateurs crée des interférences intracellulaires. La régulation de puissance est particulièrement cruciale sur la liaison montante DS-CDMA, sans ça, le signal d'un mobile à la périphérie de la cellule serait noyé par l'interférence des mobiles situés à proximité de la station de base. En outre, sur le DS-CDMA uplink les signaux des différents utilisateurs arrivent au niveau du récepteur non synchronisés avec un autre. À moins que le récepteur effectue une resynchronisation de code, l'ingérence est accrue, ce qui aggrave le problème de «Near-Far » et accroît le besoin de contrôle de la puissance.

L'interférence intracellulaire peut affecter les systèmes TDMA et FDMA, sous la forme d'interférence des canaux adjacents, par exemple, pratiquement les filtres passe-bande ne peuvent pas tout à fait rejeter les fréquences adjacentes, les filtres adaptés ne peuvent pas toujours échantillonner sur l'intervalle correct, et les multiples trajets peuvent provoquer des interférences entre symboles des différents utilisateurs.

Ce besoin de contrôle de puissance dans les systèmes cellulaires de lutte contre l'ingérence a été reconnu et fait l'objet de nombreuses recherches [6].

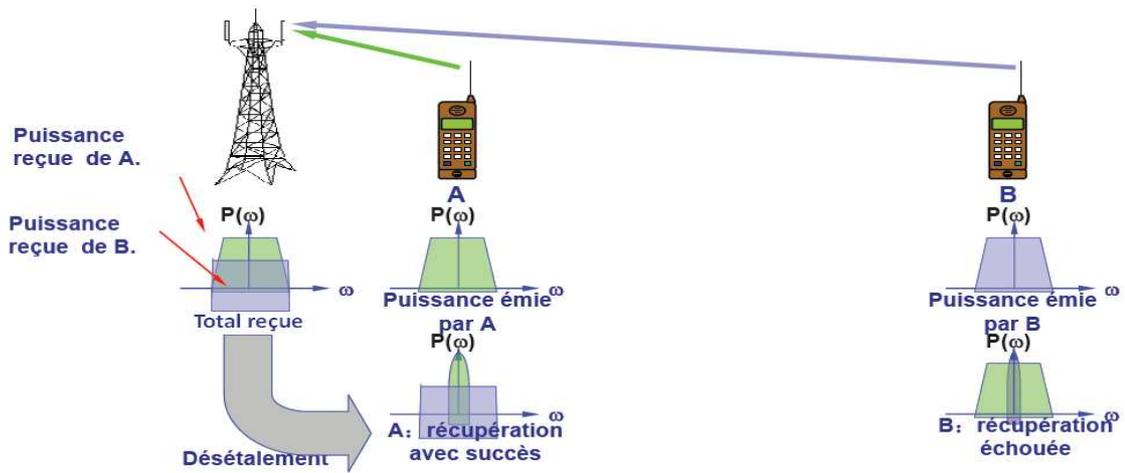


Figure 14. Sans contrôle de puissance.

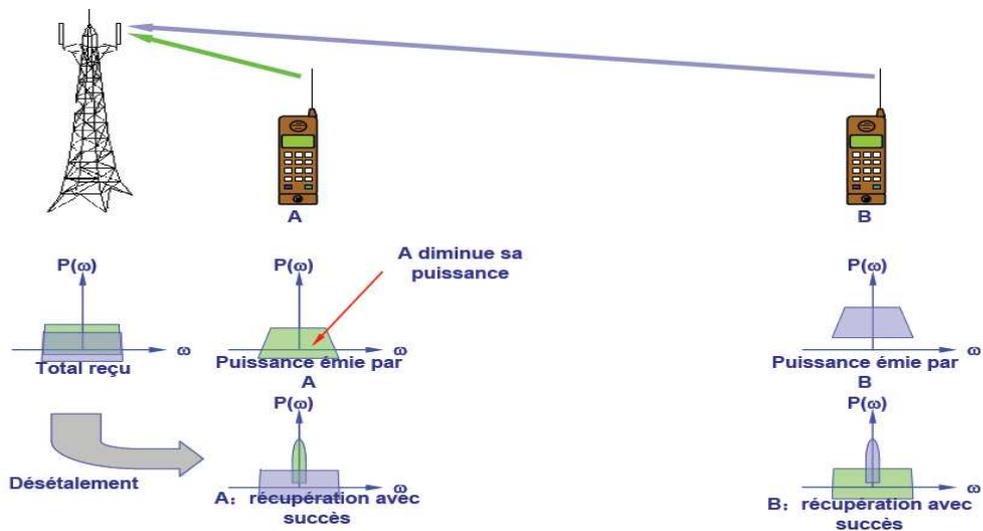


Figure 15. Avec Contrôle de puissance.

1.9 Évolution des systèmes CDMA

Les standards CDMAone et cdma2000 constituent des normes de communication proposées par la 3GPP2, Le CDMAone décrit un système sans fil complet passe l'évolution suivante [7]:



Figure 16. Evolution de la technologie CDMA2000.

1.9.1 CDMAone (2 G, capacité de canal 1.25 Mhz)

Il s'agit du nom de marque pour la technique cellulaire avec l'IS95 de référence standard. Il était le premier système CDMA à gagner une utilisation généralisée. Le cahier des charges initial pour le système était IS95A, mais sa performance a été plus tard mise à jour sous IS95B qui la spécification CDMAone utilise effectivement. En dehors de la voix elle comporte aussi des données à des débits allant jusqu'à 14.4 kbps pour IS95A et sous des débits de données IS95B de jusqu'à 115kbps sont pris en charge

1.9.2 Cdma2000-1x (2.5 G, capacité de canal 1.25 Mhz)

Cette technologie prend en charge les capacités cellulaires voix et données au sein d'un canal standard de 1.25Mhz CDMA. CDMA2000 s'appuie sur CDMAone pour fournir une voie d'évolution vers la 3G le système double la capacité vocal des systèmes CDMAone et soutient également des services de données à haute vitesse. Les pics de données de 153 Kbps sont actuellement réalisables avec les chiffres de 307 Kbps cités pour l'avenir, et 614 Kbps lorsque deux canaux sont utilisés.

1.9.3 Cdma2000-1x EV-DO (3 G, capacité de canal 1.25 Mhz)

La technologie 1xEV-DO, connue aussi sous le nom de HDR, constitue une version évoluée du standard CDMA2000 et plus précisément de sa variante 1xRTT. La technologie 1xEV-DO est fondée sur les mêmes caractéristiques de base de la couche physique des standards cdmaOne, ce qui fait d'elle une version complètement compatible avec les standards antérieurs des systèmes à base d'étalement de spectre.

Cette méthode d'accès radio se distingue par ses deux modes inter opérables de fonctionnement :

- Un mode 1x intégré et optimisé pour la voix et le trafic de données à débit modéré.
- Un mode 1xEV-DO optimisé pour d'accès Internet et le trafic de données à haut débit.

1.9.4 Cdma2000-1x EV-DV (3 G, capacité de canal 1.25 Mhz)

Ce signifie Evolution Data et Voix. Il s'agit d'une évolution du CDMA2000 qui peut transmettre simultanément voix et données. Le débit de pointe des données est de 3,1 Mbps sur la liaison montante. Le lien inverse est très similaire à CDMA2000 et est limité à 384 kbps. Compte tenu du succès du CDMA2000 1xEV-DO, il n'a jamais été déployé, bien qu'il ait atteint une étape avancée de développement.

Le Tableau 5. Représente un récapitulatif de l'évolution du système CDMA depuis la norme IS-95 au CDMA EV-DV:

Système CDMA	Canal	Capacité maximale	Capacité réelle
CdmaOne IS-95	1.25 Mhz	115.2 Kbps	20 Kbps
Cdma2000 1x RTT	1.25 Mhz	384 Kbps	64 Kbps
Cdma2000 1x EV-DO	1.25 Mhz	2.4 Bps	384 Kbps
Cdma2000 1x EV-DV	1.25 Mhz	3.2 Bps	inconnue

Tableau 5. Evolution des technologies CDMA2000.

Conclusion

La technique CDMA est exploitée pour les communications mobiles, principalement afin de maximiser la capacité du réseau. Elle permet également de s'affranchir des difficultés respectives des deux autres techniques pour la mise en œuvre du réseau, qui sont la séparation des bandes allouées à chaque utilisateur pour la technique FDMA, et la synchronisation sur la même horloge de l'ensemble des terminaux (émetteurs ou récepteurs) pour la technique TDMA, d'autre part elle permet de sécuriser l'information car il est difficile de récupérer l'information transmise sans la connaissance du code, sans oublier la résistance au brouillage éventuel et au bruit, car le spectre du signal transmis est très large, et la multiplication par le code en réception permet de diminuer l'impact de perturbations.

Chapitre 2 Propagation et Modèles de prédiction

Introduction

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

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

L'optimisation des ressources radio fait appel à la mise en place d'un mécanisme de gestion des aléas de la propagation. Il est alors nécessaire d'étudier les différents mécanismes de propagation.

2.1 Mécanismes de propagation en espace libre

En propagation radio fréquence, la présence de la terre et de l'atmosphère peut induire des divers phénomènes optiques qui sont la réflexion, la réfraction, la diffusion, la diffraction et l'absorption. Tous ces phénomènes ont une influence assez importante sur la propagation.

2.1.1 La réflexion

La réflexion est un phénomène courant en propagation radiofréquence. Il se traduit par la déviation de l'onde électromagnétique due à la présence des obstacles en environnement radio. En milieu urbain, la présence des immeubles,

des véhicules et parfois des reliefs peut considérablement contribuer à la réflexion des ondes électromagnétiques.

Ce phénomène peut être observé même en milieu dégagé où le sol libre constitue une surface réfléchissante pour les signaux radio électrique.

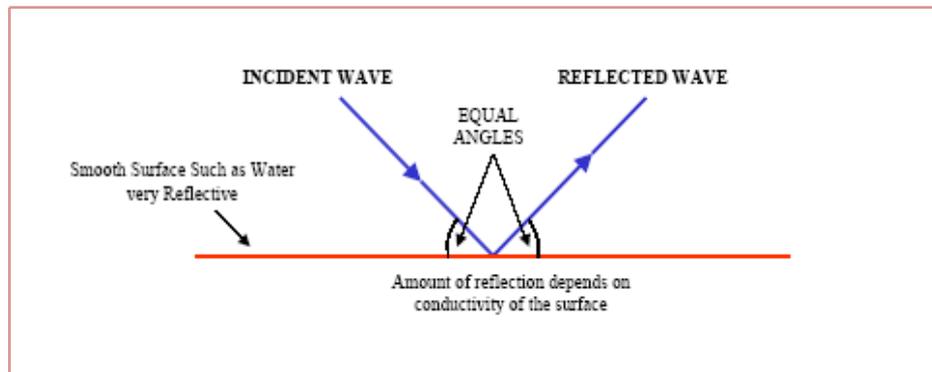


Figure 17. La réflexion.

2.1.2 La réfraction :

Soit un milieu constitué de plusieurs couches diélectriques horizontales qui ne se différencient que par leur indice de réfraction qui sont très peu différents. Si l'indice de réfraction varie progressivement (augmentation ou diminution), les ondes qui se propagent se courbent. Elles se rapprochent de l'horizontale si l'indice traversé diminue et s'éloigne de celle-ci, dans le cas d'une augmentation de l'indice. Or d'après ce qui précède, la troposphère est considérée comme étant un milieu diélectrique dont l'indice de réfraction varie d'une façon continue.

2.1.3 Absorption

Les gaz atmosphériques et les hydrométéores absorbent une partie de l'énergie. L'absorption par les gaz atmosphériques est due aux transitions des atomes et des molécules ainsi qu'aux transitions de rotation et de vibration des molécules. Cependant l'absorption croit avec la fréquence, ainsi que chaque milieu est caractérisé par sa raie d'absorption.

2.1.4 Diffraction et diffusion

Les irrégularités du terrain (relief, végétation, bâtiment,etc.) réduisent l'amplitude des coefficients du sol. L'énergie incidente au lieu d'être réfléchi dans une seule direction est alors diffusée dans plusieurs directions. Le phénomène de diffraction peut modifier profondément le champ que l'on calculerait en espace libre et apporte une forte atténuation.

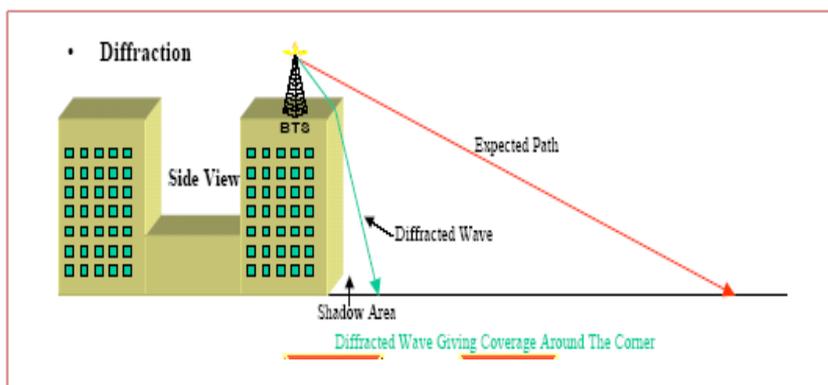


Figure 18. La diffraction.

2.2 Multi trajet

Les réflexions multiples provoquent plusieurs trajets entre l'émetteur et le récepteur. Elles ont deux effets, l'un positif et l'autre négatif [8].

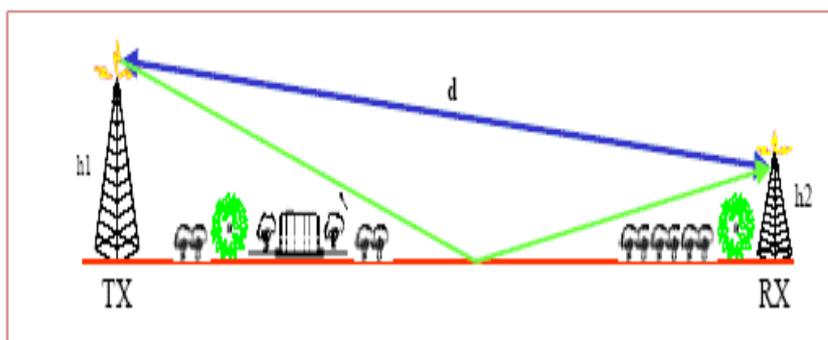


Figure 19. Trajet multiple.

➤ Effets positifs

Dans les cas où l'émetteur et le récepteur ne sont pas en vision directe, l'avantage de trajets multiples est de permettre une communication d'avoir lieu.

Les trajets multiples permettent en zones radio de franchir les obstacles (montagne, bâtiment, tunnel, parking souterrain,...etc.) et donc d'assurer une certaine continuité de la couverture radio.

➤ **Effets négatifs**

D'autre part, la propagation par trajets multiples crée des problèmes les plus difficiles associés à l'environnement mobile, les plus importants sont :

- Étalement de délai du signal reçu.
- Les fluctuations rapides qui sont créées par l'écart de phase dans le niveau du signal sont appelées « fading de Rayleigh »
- La modulation de fréquence aléatoire due aux différents écarts Doppler sur différents trajets.

2.3 Dispersion de retard

Les trajets réfléchis sont généralement plus longs que le trajet direct, c'est à dire qu'ils atteignent l'émetteur plus tard que le trajet direct. Les divers signaux arrivent au récepteur avec un léger décalage dans le temps. Du fait que ces différents trajets entraînent de légères différences de temps d'arrivée, il se produit une déformation avec un étalement du signal [8].

La dispersion des retards peut être calculée selon la formule suivante :

$$\text{Dispersion de retard} = \frac{\text{Trajet le plus long} - \text{Trajet le plus court}}{c} \quad (2.1)$$

C : vitesse de la lumière ($3 * 10^8$ m/s).

2.4 Changement de polarisation

Il peut se produire à tout moment en compagnie des effets cités auparavant et ce à cause des conditions atmosphériques et géométriques, par exemple le vent solaire heurtant la couche atmosphérique terrestre. Le signal arrivera déphasé par conséquent à l'antenne réceptrice qui n'en captera qu'une partie puisqu'il ne correspond plus à la polarisation prévue.

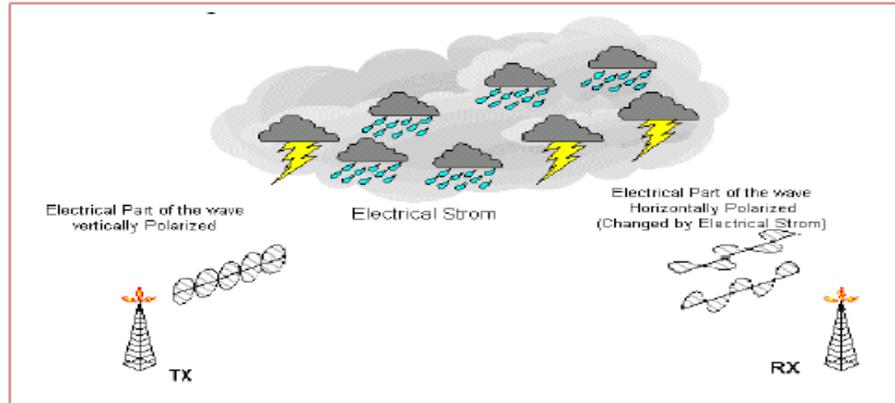


Figure 20. Changement de polarisation.

2.5 Effet Doppler

L'effet Doppler est le décalage de la fréquence f_c , du signal transmis, à la réception d'une quantité f_D qui est donnée par la fréquence de Doppler [8].

$$f_D = \frac{v * f_c * \cos(\alpha)}{c} \quad (2.2)$$

Où :

v : est la vitesse de déplacement du récepteur.

c : est la vitesse de propagation de l'onde électromagnétique dans l'air ($c = 3.10^8$ m/s).

α : est l'angle entre \vec{v} (vitesse de déplacement) et \vec{k} (direction de propagation du champ).

Le décalage de la fréquence est dû à la variation d'amplitude et de phase du signal reçu, qui est le résultat de déplacement des objets dans le canal radio.

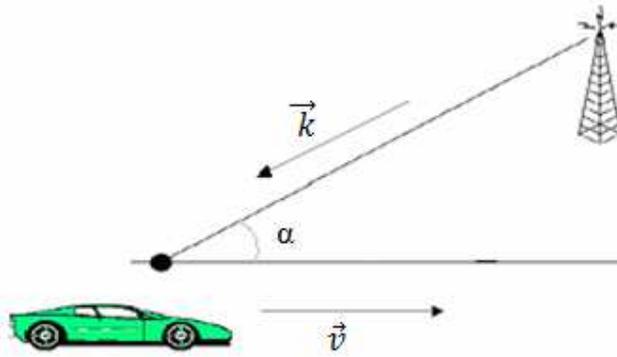


Figure 21. Schéma représentatif de l'effet Doppler.

Le maximum de la fréquence Doppler détermine la variation dans le temps du canal radio mobile, il est donné par :

$$f_{D \max} = \frac{v * f_c}{c} \quad (2.3)$$

2.6 Les évanouissements

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

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

2.7 technique de diversité

Afin de réduire les problèmes de fading, plusieurs techniques de diversité sont mises en œuvre, à ça voir :

2.7.1 La diversité spatiale

Consiste à installer deux antennes séparées par une certaine distance l'une de l'autre. La diversité spatiale de type horizontale donne de meilleurs résultats que la diversité d'espace verticale du fait que la dé-corrélation entre les signaux reçus augmente plus vite dans le sens horizontal que dans le sens verticale.

2.7.2 La diversité de polarisation

Consiste à disposer d'antennes à polarisations croisées (horizontales et verticales) et permet d'améliorer les performances en utilisant la dé-corrélation des signaux reçus. L'utilisation de cette technique est plus appropriée au niveau des stations de base.

2.7.3 La diversité fréquentielle

Consiste à émettre le même signal sur deux porteuses dé-corrélées, ce qui n'est pas utilisé dans les systèmes cellulaires à cause de la limitation des ressources fréquentielles.

En revanche, le saut de fréquence lent (SFH), dont l'utilisation est optionnelle, permet de moyenniser les perturbations apportées par le canal.

2.7.4 La diversité temporelle

Consiste à émettre le signal à deux instants différents. Son utilisation n'est pas adaptée aux systèmes mobiles, cependant le codage correcteur d'erreur et l'entrelacement effectue une distribution temporelle de l'information et un ajout de redondance qui permet une protection efficace des informations d'un bloc de données.

2.7.5 La macro diversité (diversité macroscopique)

Cette méthode est couramment et naturellement utilisée dans les systèmes basés sur la technique CDMA, elle est obtenue par réception du même signal par deux sites différents. Alors qu'elle est plus complexe à mettre en œuvre dans les systèmes basés sur la technique TDMA [8].

2.8 les modèles de propagation

Le modèle de Hata est l'un des modèles les plus précis en termes de prévision du pathloss dans les environnements urbains. C'est devenu une norme de planification pour les systèmes par radio mobiles, particulièrement dans les villes ; nous citons les trois modèles : Okumura-Hata, COST 231 Hata et Modèle Calibré Basé sur le modèle d'Okumura Hata.

2.8.1 Modèle de Hata

La formule d'Okumura -Hata est la formule de prédiction de propagation la plus utilisée à l'heure actuelle au niveau des outils de planification cellulaire. Cette formule empirique à été définie par Hata en fonction de mesures réalisées par Okumura. La formule d'Okumura -Hata prend en compte les paramètres suivants [9] :

- fréquence $150 \text{ Mhz} \leq f \leq 1000 \text{ Mhz}$.
- hauteur de la station de base $30\text{m} \leq h_b \leq 200\text{m}$.
- hauteur de la station mobile $1\text{m} \leq h_m \leq 20\text{m}$.
- distance station de base – mobile, entre $1\text{km} \leq d \leq 20\text{km}$.

Le principe de cette méthode consiste à calculer l'affaiblissement en espace libre et à y ajouter un facteur d'atténuation.

En milieu urbain, la perte L_u est donnée par la formule suivante :

$$L_u (dB) = 69.55 + 26.16 \log(f) - 13.82 \log(h_b) - A(h_m) + [44.9 - 6.55 \log(h_b)] \log(d) + C_0 \quad (2.4)$$

Le facteur de correction $A(h_m)$ est calculé de la façon suivante :

- Pour les villes de taille moyenne ou petite :

$$A(h_m) = [1.1 \log(f) - 0.7] h_m - [1.56 \log(f) - 0.8] \quad (2.5)$$

- Pour des villes de grande taille :

$$A(h_m) = 3.2 [\log(11.75 h_m)]^2 - 4.97 \quad (2.6)$$

$C_0 = 0$ dans une ville de petite taille.

= 3 dB dans une ville de grande taille.

Pour généraliser cette formule aux zones suburbaines, la formule de perte de propagation est corrigée et devient :

$$L_{su} (dB) = L_u - 2 \left[\log \left(\frac{f}{28} \right) \right]^2 - 5.4 \quad (2.7)$$

Avec A (hm), celle qui est donnée pour les villes de taille moyenne ou petite.

Dans le cas d'une zone rurale, c'est-à-dire d'un espace quasi ouvert, la perte de propagation

L_{rqo} est donnée par la formule suivante :

$$L_{rqo}(dB) = L_u - 4.78 [\log(f)]^2 + 18.33 \log(f) - 35.94 \quad (2.8)$$

Dans le cas d'une zone rurale, c'est-à-dire d'un espace ouvert, où le masque est très peu, alors la formule est comme suivante :

$$L_{ro}(dB) = L_u - 4.78 [\log(f)]^2 + 18.33 \log(f) - 40.94 \quad (2.9)$$

2.8.2 Le modèle COST 231 Hata

Le modèle COST 231 Hata a les mêmes conditions que le modèle d'Okumura Hata sauf qu'il est développé pour étendre l'utilisation de ce modèle pour les bandes de 1500 à 2000 MHz. Le pathloss est donné par la formule suivante [9] :

$$L_p = 46.33 + 33.9 \log(f) + (44.9 - 6.55 \log(h1)) \log(d) - a(h2) - 13.82 \log(h1) + C \quad (2.10)$$

L'expression de $a(h2)$ dépend du type de la ville :

• petite et moyenne ville :

$$a(h2) = (1.1 \log(f) - 0.7) h2 - 1.56 \log(f) + 0.8 \quad (2.11)$$

- grande ville :

$$a(h2) = 3.2 [\log(11.75 h2)]^2 - 4.97 \quad (2.12)$$

La valeur de la constante C varie selon la nature du milieu :

- milieu urbain ; C = 0
- milieu suburbain ; C = -30.23
- milieu rural ; C = -51.11

2.8.3 Modèle Calibré Basé sur le modèle d'Okumura Hata

$$L = 69.55 + 26.16 \log(f) - 13.82 \log(hb) + [44.9 - 6.55 \log(hb)] (\log(d))^{Dis} - a(hm) - K \quad (2.13)$$

Où :

Dis : Facteur de correction de distance.

K: Facteur de corrélation utilisé dans les environnements suburbain et rural.

$$Dis = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{Si : } d \leq 20Km \\ 1 + (0.14 + (1.87 * 10^{-4}) * f + 1.07 * 10^{-3} * \left(\frac{h_b}{\sqrt{1 + (7 * 10^{-7} * h_b^2)}} \right)) * \left(\frac{d}{20} \right)^{0.8} & \text{Si : } 20Km < d \leq 100Km \end{array} \right\} \quad (2.14)$$

ET:

$$K = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{Urbaine} \\ 2 \left[\log \left(\frac{f}{28} \right) \right]^2 + 5.4 & \text{Suburbaine} \\ 4.78 (\log(f))^2 - 18.33 \log(f) + 40.94 & \text{Rurale} \\ 4.78 (\log(f))^2 - 18.33 \log(f) + 35.94 & \text{autoroute} \end{array} \right\} \quad (2.15)$$

2.9 Prédiction de la couverture et équilibrage de la liaison

L'opérateur doit d'abord choisir les sites sur lesquels il faut placer les stations de base. Le choix ne se fait pas seulement en fonction de prévision de propagation mais aussi en fonction de contraintes administratives ou autre (disponibilité de toits et coût de location des emplacements) [10].

Pour pouvoir déterminer le seuil de couverture radioélectrique, l'opérateur doit vérifier à partir des modèles de propagation que les zones sur lesquelles il veut offrir le service sont couvertes avec une qualité suffisante. Il faut s'assurer que sur la zone de service, la puissance reçue est au minimum supérieure à la sensibilité du récepteur. Le seuil choisi par l'opérateur doit intégrer plusieurs marges: en zone urbaine, une marge due à la réutilisation des fréquences et de façon générale, une marge due à l'effet du masque.

Les modèles de propagation permettent de prévoir l'affaiblissement médian mais n'intègrent pas l'effet de masque. On réalise en général une couverture avec certain niveau de qualité en intégrant une certaine marge. Pour couvrir certaines zones particulières (sous-sol de bâtiments, tunnels, autoroute), l'opérateur peut utiliser des techniques spécifiques: installations de répéteurs, utilisation de câbles rayonnants pour les tunnels, utilisation d'antennes directives pour la couverture des autoroutes.

Les outils de prédiction de couverture permettent, à partir d'une localisation de la station de base, de la PIRE et de diagramme de rayonnement, de calculer le champ électrique en un point. Ils utilisent pour cela des modèles de propagation sophistiqués. En toute rigueur, il n'est pas possible de calculer la puissance reçue par un mobile car celle-ci dépend de l'antenne utilisée. Les niveaux de champ sont fréquemment exprimés en dB μ V/m.

Pour une antenne isotrope, le champ électrique est lié à la puissance par la formule suivante :

$$E = P + 20 \log(f) + 77.2 \quad (2.16)$$

Où f est exprimée en MHz, E en dB μ V/m et P en dBm.

2.10 Equilibrage de la liaison

A partir du seuil intégrant les différentes marges, l'opérateur peut déterminer la couverture obtenue en fonction de la puissance des émetteurs. La couverture se calcule à partir des modèles de propagation et intègre le gain des antennes et les pertes dues aux câbles et aux couplages. La puissance des émetteurs peut ainsi être ajustée pour assurer une bonne couverture.

L'utilisateur du réseau a une indication du champ reçu sur son portatif et qui lui permet d'avoir l'assurance que la liaison descendante est de bonne qualité. Sans équilibrage préalable, il n'est pas évident que la liaison montante est de qualité équivalente. Si une station de base transmet à très forte puissance, un portatif (émetteur de faible puissance) peut recevoir un signal très important et ne pas être reçu par la station de base lorsqu'il transmet.

L'équilibrage de la liaison consiste à choisir des gains d'antennes pour que la puissance du signal reçu sur la voie montante soit voisine de celle reçue sur la voie descendante lorsque le terminal est en limite de portée. La qualité perçue par les deux intervenants d'une communication est alors voisine.

Dans un réseau macro-cellulaire, les cellules sont de grande taille et en nombre moyen, on optimise donc l'émission et la réception des BTS en choisissant des antennes de fort gain et en utilisant la diversité spatiale. En contexte urbain très dense, l'opérateur déploie un grand nombre de BTS couvrant des microcellules, les caractéristiques des mobiles et des BTS sont alors voisines.

La formule d'équilibrage de la liaison s'établit selon la méthode que nous présentons ci-après.

Le niveau de signal reçu au niveau du mobile et provenant de la BTS est donnée par la formule suivante :

$$Pr_{MS} = Pe_{BTS} - Lc_{BTS} - Lf_{BTS} + Ga_{BTS} - Lp + G_{MS} - Lf_{MS} \quad (2.17)$$

Et de la même façon pour la BTS :

$$Pr_{BTS} = Pe_{MS} - Lc_{MS} - Lf_{MS} + G_{MS} - Lp + Gd_{BTS} + Ga_{BTS} - Lf_{BTS} \quad (2.18)$$

La formule de bilan de liaison est donc donnée par l'équation suivante :

$$Pe_{BTS} = Pr_{MS} + Gd_{BTS} + Lc_{BTS} - Pe_{MS} - Pr_{BTS} \quad (2.19)$$

La puissance d'émission de la BTS (Pr_{BTS}) doit donc être supérieure à celle du mobil (Pr_{MS}) d'une valeur correspondant à la somme du gain de diversité (Gd_{BTS}), de la perte du combineur de la BTS (Lc_{BTS}) et de la différence de sensibilité ($Pr_{MS} - Pr_{BTS}$) [10].

Conclusion

Ce chapitre illustre dans les détails toutes les caractéristiques techniques de propagation des ondes radioélectriques dans tous les cas de figure de dispersion et particulièrement, lors d'un trajet entre l'émetteur et le récepteur. Ces définitions nous ont permis de mieux appréhender toutes les phases prévisionnelles de dimensionnement des différents supports de transmission et une meilleure couverture de réseau.

Chapitre 3 ETUDE D'UN RESEAU WLL CDMA2000

1x EV-DO

Introduction

Ce chapitre est consacré à la technologie CDMA2000 introduite par Algérie Telecom pour sa boucle locale radio intégrée dans le réseau national.

On entend par boucle locale radio, souvent appelée "last mile" ou "local loop", le dernier tronçon reliant l'utilisateur à la première centrale téléphonique. Jusqu'ici, le raccordement à l'utilisateur était constitué uniquement de fils de cuivre. Avec la technologie de la boucle locale radio, le raccordement à l'utilisateur s'effectue par l'intermédiaire des fréquences. Ainsi, la boucle locale radio permet d'établir une liaison sans fil entre un abonné et une station centrale. La technologie WLL n'offre pas uniquement le raccordement téléphonique pour la transmission de la parole, il permet également de proposer la transmission de données à haut débit dans les deux sens, notamment en vue du transfert de données entre réseaux locaux, de l'accès à large bande à l'Internet et des applications multimédia.

3.1 Les types de boucles locales

De nombreuses technologies sont disponibles mais l'économie de la boucle locale est beaucoup plus incertaine que celle du réseau de transport. Elle dépend en effet de la géographie, de la densité, de la population, du génie civil et de la possibilité de réutiliser des infrastructures existantes. La concurrence sur une même technologie y est exceptionnelle. On distingue plusieurs boucles locales au niveau physique [11] :

➤ Filaires

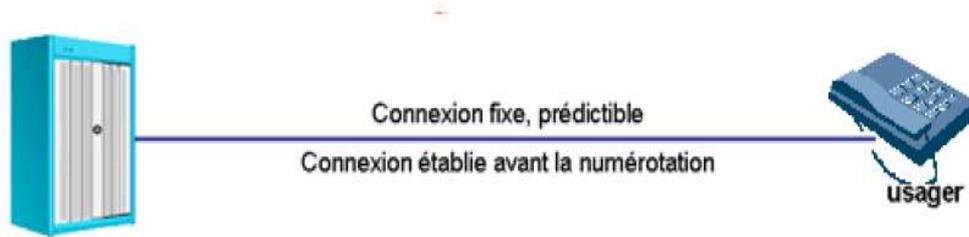


Figure 22. Boucle locale filaire.

- ✓ La traditionnelle paire de cuivre
- ✓ Le câble coaxial
- ✓ La fibre optique

➤ Radio

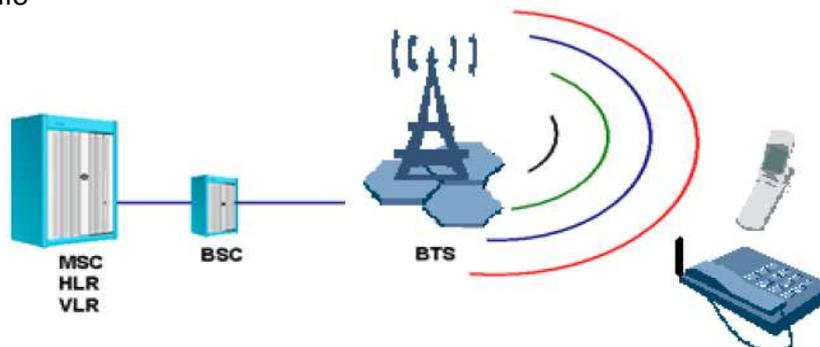


Figure 23. Boucle locale radio.

- ✓ Cellulaire
- ✓ Réseaux sans fils
- ✓ Satellitaire

3.2 Les systèmes utilisés pour la BLR

Différents systèmes ont vu le jour pour la réalisation de la BLR, nous allons ici énumérer les principaux [12] :

3.2.1 DECT (Digital Enhanced Cordless Telephone)

Le DECT (Téléphone sans-fil numérique amélioré) est assez ancien. C'est le système européen développé par l'ETSI en 1990.

Ce système visait à instaurer une téléphonie sans fil de proximité, autour d'un autocommutateur d'entreprise, voire d'un poste résidentiel de base. Le DECT n'entre pas en concurrence avec les normes de téléphonie mobile, notamment GSM, car il ne définit pas d'architecture de réseau. Le système DECT opère dans la bande 1880 à 1900 MHz et utilise la méthode d'accès TDMA avec 10 porteuses espacées de 1726 kHz acheminant chacune 24 intervalles de temps et offrant 12 canaux duplex simultanés en partage duplex temporel TDD.

La capacité totale du système DECT est donc de 120 canaux duplex. Le DECT utilise l'allocation des canaux dynamique et, contrairement aux autres systèmes mobiles, il autorise l'utilisation des canaux adjacents dans la même cellule.

3.2.2 PHS (Personal Handy phone System)

Le système PHS est un système développé au Japon pour assurer la téléphonie mobile à moindre coût. Il a été développé par ARIB. Le PHS est basé sur une technologie sans fil à travers une architecture micro-cellulaire. Cette norme reste essentiellement utilisée au Japon. Le PHS utilise le système de TDMA /TDD. Il est considéré comme étant un système micro cellulaire, vu sa puissance d'émission maximale qui ne dépasse pas 500 mW, le rayon de couverture est ainsi petit, ceci est avantageux pour les régions qui exigent une capacité importante en terme de trafic. En augmentant le nombre de canaux disponibles dans les secteurs ayant un besoin en terme de trafic (villes par exemple) en augmentant le nombre de stations et ainsi la capacité est augmentée mais le nombre de stations de base va être beaucoup plus important.

3.2.3 WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

C'est une famille de normes, certaines encore en chantier, définissant les connexions à haut-débit par voie hertzienne WiMAX utilise des technologies hertziennes destinées principalement à des architectures point-multipoint ce qui fait que le WiMAX est une technologie bien convenable pour réaliser des BLRs. La fréquence utilisée porte pratiquement sur la portion 2-11 GHz, même si le WiMAX définit une bande de fréquence entre 2 et 66 GHz. La norme de référence est 802.16 d.

La largeur de canal varie entre 1,75 MHz et 20 MHz en fonction des bandes de fréquence. L'efficacité spectrale est de 3bit/s/Hz avec la modulation la plus efficace. Les techniques.

3.3 Architecture générale du réseau WLL CDMA2000.1x EV-DO

L'architecture du réseau WLL CDMA2000.1x EV-DO se compose principalement de deux parties [13] :

- Le réseau d'accès : qui utilise la méthode d'accès CDMA.
- Le réseau cœur : qui est chargé de la commutation de circuits et de données.

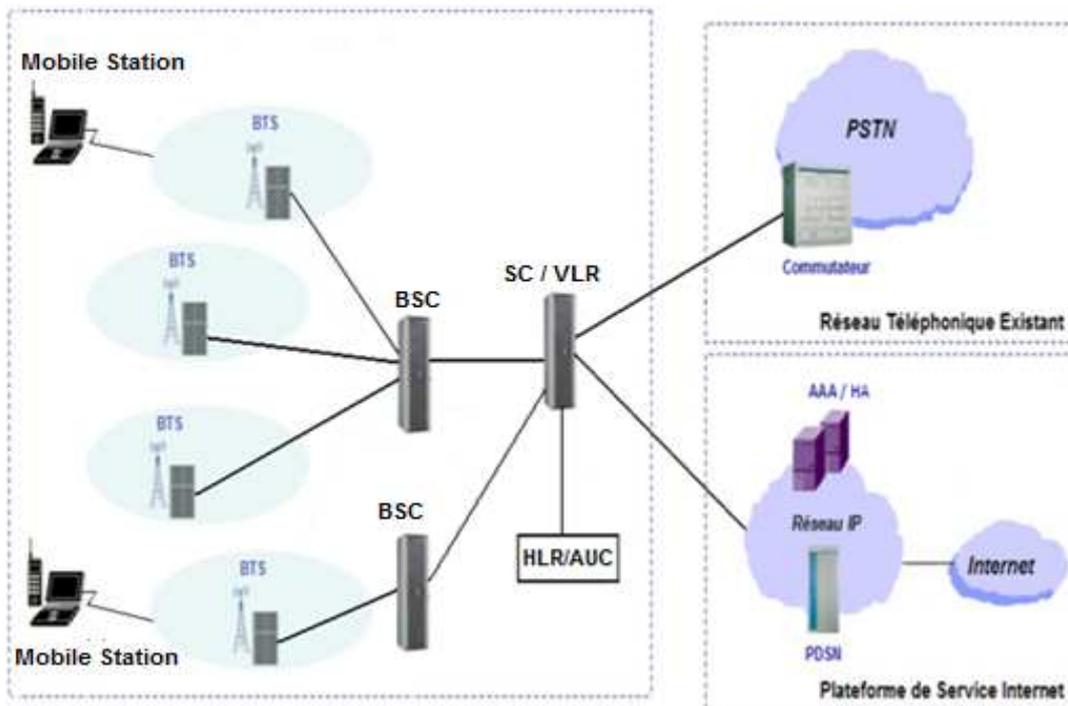


Figure 24. Architecture d'un réseau WLL déployé par Algérie Telecom.

3.3.1 Equipements du réseau

Un réseau radiotéléphonie a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles vers les abonnés du réseau téléphonique commuté (RTC).

a MS (Mobile Station)

Le MS appelé aussi terminal d'accès est utilisé par les usagers comme vecteur pour accéder aux services du réseau. Une fois allumé, le mobile est automatiquement enregistré dans le HLR afin d'authentifier le mobile dans le réseau d'accès et informer le HLR de l'emplacement du mobile.

b BTS (Base Transmitter Station)

Elle construit un point d'accès aux abonnés présents dans sa cellule pour recevoir ou transmettre des appels. Elle gère les ressources RF tel que l'assignement des fréquences, la séparation des secteurs ainsi que les problèmes liés à la transmission radio (étalement, désétalement, modulation, démodulation...). Elle réalise les mesures nécessaires transmises directement au BSC pour s'assurer que la communication en cour se déroule correctement. Elle est connectée à la BSC via des liens E1(MIC).

c BSC (Base Station Controller)

Le BSC est l'organe intelligent du BSS, il est chargé de gérer des ressources radio qui consiste à :

- Utiliser les mesures effectuées par la BTS pour contrôler la puissance d'émission du mobile et/ou de la BTS.
- Prend la décision de l'exécution du handoff.

C'est aussi un élément du réseau, contenant deux composants logiques: la fonction de contrôle des paquets (PCF) et le contrôle des ressources radio (RRC). Le PCF est en charge de l'établissement, du maintien et de la fin d'une connexion avec le PDSN. Il communique également avec le RRC afin de gérer les ressources radio pour la transmission sur le lien radio. Lors d'un soft handoff avec un BSC relié à une autre

station de base, le PCF transfère ses informations au nouveau PCF pour l'établissement d'une nouvelle transmission des paquets vers le PDSN. Le RRC quant à lui gère les ressources radio pour chaque usager, en maintenant le transfert des paquets entre le terminal mobile et le PCF.

d SC (Switching Center)

Le SC est une entité qui fait le contrôle et la commutation aux stations mobile dans une zone, elle assure le trafic d'abonnés entre le réseau CDMA2000 et d'autres réseaux publics ou tout autre SCs. Il se charge de la gestion des services en mode circuit, il établit le contrôle, et achemine les appels vers l'utilisateur approprié en utilisant les données du VLR et de l'HLR. Il fournit aussi les interfaces de réseau, et de signalisation.

e VLR (Visitor Location Register)

C'est une base de données qui mémorise les données des abonnés présents dans une zone géographique. Plusieurs SC peuvent être reliés au même VLR, mais en général on trouve un SC pour un VLR.

f HLR (Home Location Registry)

Est une base de données située dans le réseau cœur, elle contient les informations référant aux conditions d'abonnement des utilisateurs et les caractéristiques des services souscrits. Elle contient également des informations grossières sur la localisation de l'abonné. C'est une base de données qui contient des informations précises sur la position de l'utilisateur et de son déplacement.

g AAA (Authentication, Autorization and Accounting)

Le serveur AAA est une base de données qui contient les paramètres utilisés pour la gestion de sécurité de l'accès au système, il fournit les informations relatives aux abonnés nécessaires à l'identification et à la définition des paramètres d'une session usager, il permet aussi de fournir les indices de tarification collectés par le nœud PDSN pour l'usager considéré.

h PDSN (Packet Data Serving Node)

Le PDSN intègre beaucoup de fonctionnalités. Il est en charge du routage des paquets vers le réseau IP ou directement vers le HA. Il affecte également les adresses IP dynamiques et maintient les liens PPP vers les terminaux mobiles. Il transfère vers le serveur AAA les données d'identification propres de l'abonné. Le PDSN reçoit de l'AAA les paramètres du profil de l'utilisateur (services différenciés et sécurité).

i AUC : (Authentication Center)

C'est une entité pour empêcher les abonnés illégaux d'accéder à CDMA network. Il peut produire du paramètre pour confirmer l'identité de l'abonné le même temps où il peut chiffrer la date de l'utilisateur selon le besoin de l'utilisateur. Il est composé de : base de données et clef d'authentification.

j RAC (Radio Access Controller)

Le RAC effectue le contrôle des stations de base, la gestion de ressources radio, le contrôle d'appel, la gestion de mobilité, la gestion des données des abonnés, l'implémentation des services voix, fax, l'accès à Internet, ainsi que l'interface de la gestion de réseau. D'où la nécessité d'une structure très puissante et redondante permettant de supporter les trois principales fonctions à savoir : le routage du trafic de données vers le PDSN, la voix vers le commutateur LE et la supervision et la gestion du réseau.

3.3.2 Les interfaces du réseau

Les interfaces utilisées sont des composantes importantes du réseau car elles assurent le dialogue entre les équipements et permettent leur inter fonctionnement. La norme CDMA2000 peut aussi servir comme méthode d'accès à la boucle locale radio dont l'objectif est de permettre à la population des zones rurales de bénéficier de la téléphonie et de l'internet. La figure suivante montre le schéma bloc des interfaces du réseau CDMA2000 [13].

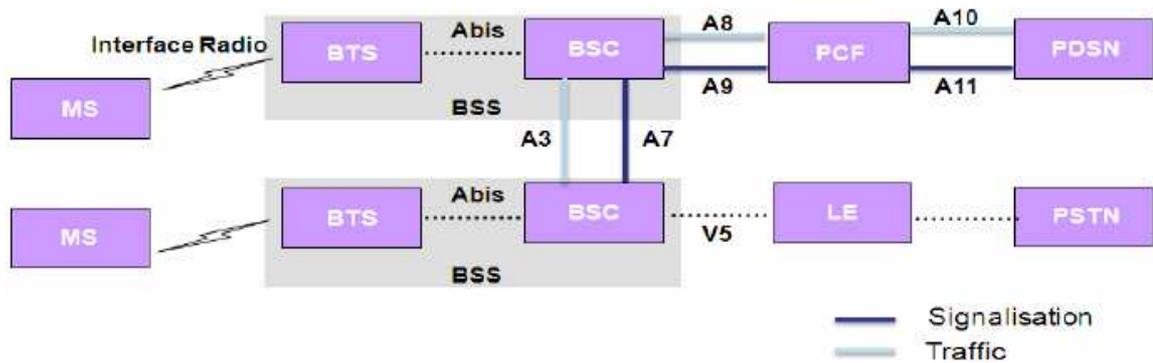


Figure 25. Schéma bloc des interfaces du réseau CDMA2000.

- **Interface Um** : interface radio entre le MS et la station de base transporte les services et la signalisation.
- **Interface Abis** : interface entre BTS et BSC, transporte les services et la signalisation. Il se divise en trois parties : Abis signalisation, Abis trafic et OML (Operation and maintenance Link).
- **Interface A3/A7** : Interface entre deux RAC, transporte les services et la signalisation (l'interface A3 pour le trafic et l'A7 pour la signalisation).
- **Interface A8/A9** : l'interface A8 Transporte les services entre le BSC et le PCF et l'interface A9 Transporte la signalisation entre le PCF et le BSC.
- **Interface A10** : Transporte les services entre le PCF et le PDSN.
- **Interface A11** : Transporte la signalisation entre le PCF et le PDSN.
- **Interface A12** : C'est une interface pour la signalisation et les messages circulants entre AAA et PDSN pour l'authentification des abonnés data.
- **Interface V5** : V5 est l'interface numérique entre le LE qui est un commutateur du réseau téléphonique fixe et le réseau d'accès AN. Il peut être réalisé soit en ajoutant un autre équipement UMG pour convertir le Protocol V5 en MIC, soit en ajoutant des cartes sur le LE qui supporte le V5.

Le Tableau 6. Récapitule toutes les interfaces existantes dans le réseau.

Interface	Connected Entity	Protocol	Physical Property
Abis	BTS-RAC	Internal protocol	E1/T1, FE
V5	RAC-local exchange	ITU-T G.965, YDN 021-1996	E1/T1
A3/A7/A13	RAC-RAC	A.S0011-C v1.0, A.S0017-C v1.0, A.S0008-A v1.0	E1/T1, 155 Mbit/s SDH optical transmission port
A10/A11	RAC-PSDN	A.S0011-C v1.0, A.S0017-C v1.0, A.S0008-A v1.0	FE
A12	RAC-AN AAA	A.S0008-A v1.0	FE

Tableau 6. Interfaces liants les entités du réseau CDMA2000.

3.4 la transmission

3.4.1 Liens de transmission

a Liens physiques et liens logiques

L'interface A bis entre la BTS et le BSC prend l'un des formes physique ou logique [14]:

- **Lien logique**

C'est le lien virtuel qui transfère des messages de commande, des données de service et des données de maintenance entre la BTS et le BSC.

- **Lien physique**

C'est un lien qui supporte plusieurs liens logiques. La composition des liens physiques change avec le mode de gestion du réseau (topologie du réseau).

b Classification des liens logique

L'interface Abis supporte trois types de liens logiques [14] :

- Lien logique pour la transmission du trafic de données.
- Lien logique pour la transmission du trafic de signalisation.
- Lien logique pour la transmission du trafic de maintenance OMC.

L'ensemble des liens physiques ou logiques, assure la transmission des données selon des modes de transmission.

3.4.2 Modes de transmission

La gestion du réseau de transmission, ce fait selon plusieurs modes, on distingue trois catégories :

- La transmission en bande dédiée.
- La transmission partielle ATM.
- La transmission en bande partagée.

a La transmission en bande dédiée

La transmission en bande dédiée signifie que chaque BTS occupe un ou plusieurs liens de transmission vers le BSC.

b La transmission partielle ATM

La transmission partielle ATM signifie que plusieurs BTS partagent un ou plusieurs liens de transmission vers le BSC. Chaque BTS occupe des times slots prédéfinies pour ses transmissions et une largeur de bande fixe. Ainsi, la BTS partage les liens avec d'autres équipements qui utilisent ce type de transmission.

c La transmission en bande partagée

La transmission en bande partagée signifie que plusieurs BTS partagent un ou plusieurs liens de transmission vers le BSC. Pour ce mode, la largeur de bande physique

est partagée entre les différentes transmissions, de cette façon on peut indiquer la largeur de bande occupée par chaque BTS dans le BSC. La transmission en bande dédiée est employée pour le mode de gestion du réseau en étoile. La transmission partielle ATM ou la transmission en bande partagée est employée pour le mode de gestion du réseau en arbre ou chaîné.

3.4.3 Modes de connexions :

a Lien UNI

Le lien UNI se rapporte à un simple lien physique qui transporte le trafic de cellules ATM. Le mode UNI est recommandé, si seulement un E1 est exigé entre le BSC et la BTS, ce qui permet d'augmenter l'efficacité de transmission. Si plus qu'un E1 est exigé entre le BSC et la BTS, le mode IMA est recommandé.

b Lien partiel ATM

Le principe de transmission sur le lien partiel ATM est le même que celui du lien UNI. Le lien partiel ATM emploie une fraction de slot (combinée de tout les slots à l'exception du slot 0 du lien E1) comme lien physique pour transmettre la cellule ATM, pour quelques systèmes le slot 16 du lien E1 ne peut pas être employé, cependant, le BSC supporte actuellement le slot 16. Une BTS de configuration (s_{111}) avec une petite capacité, n'a pas besoin de la largeur de bande entière du lien E1. Plusieurs BTS peuvent être mise en cascade et configurées selon une connexion partielle ATM pour bénéficier de la bande de transmission restante. Un lien E1 est suffisant dans une transmission partielle ATM, ce qui permet de gagner en largeur de bande de transmission.

c Lien IMA Group

Les fonctions de multiplexage inverse pour ATM, IMA (Inverse Multiplex ATM) sont comme suit:

- Distribuer le trafic, de cellules, à grande vitesse sur différents liens physiques à vitesse réduite, à l'émission.

- Combiner le trafic sur les liens physiques à vitesse réduite, sur un seul trafic de cellules, à la réception. L'efficacité de transmission sur le lien IMA est réduite par rapport à celle sur le lien UNI.

Quand on a besoin de plusieurs E1 ou bien une expansion dynamique de la largeur de bande entre le BSC et la BTS, le mode IMA est le meilleur à configurer. Un lien IMA se compose de huit E1 au plus. Si certains liens E1 tombent en panne, le lien peut continuer à transmettre l'information [14].

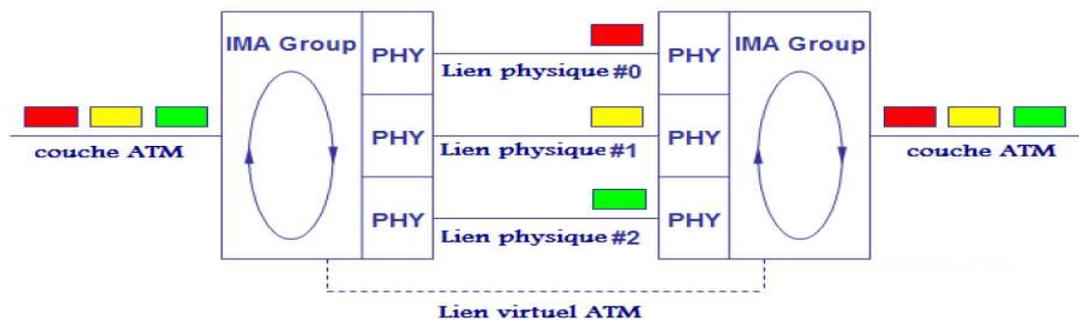


Figure 26. Multiplexage et démultiplexage de cellules ATM (IMA group).

3.5 La couche physique du réseau EV-DO

La couche physique du 1xEV-DO est très différente de celle du système CDMA2000. Par conséquent, des équipements additionnels sont exigés dans un système CDMA2000 existant afin de supporter 1xEV-DO. Toutefois l'évolution a toujours besoin des éléments existants du réseau [15].

➤ Multiplexage TDM

Le lien descendant de l'IS-856 utilise le multiplexage à répartition dans le temps (TDM), qui élimine la mise en commun de puissance entre les utilisateurs actifs en assignant la pleine puissance de secteur et tous les canaux à un seul utilisateur à un instant donné. Contrairement au multiplexage à répartition de codes utilisé sur le lien descendant de l'IS-95, où il y a toujours une marge inutilisée de puissance dépendante du nombre d'utilisateurs actifs et de la puissance assignée à chaque utilisateur, dans le cas d'IS-856 cette marge est employée pour faire face aux grandes variations de la puissance exigée par les utilisateurs comme il est montré dans la figure suivante :

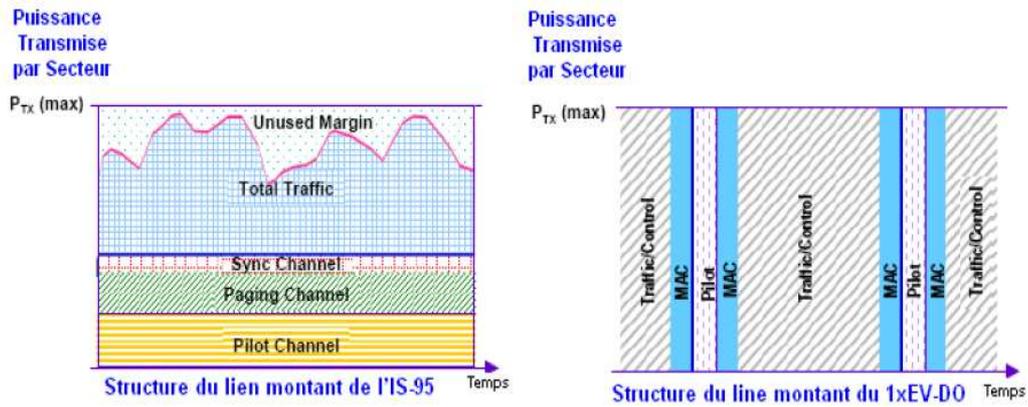


Figure 27. Multiplexage TDM.

3.5.1 Les canaux physiques

Pour accéder au réseau et établir une communication, la technologie CDMA2000 spécifie un certain nombre de canaux physiques selon la fonction à exécuter (synchronisation, trafic, accès aléatoire,...). La figure suivante présente les différents canaux physiques des deux liens de la norme EV-DO. Ces différents canaux seront détaillés dans les sous paragraphes suivants [14].

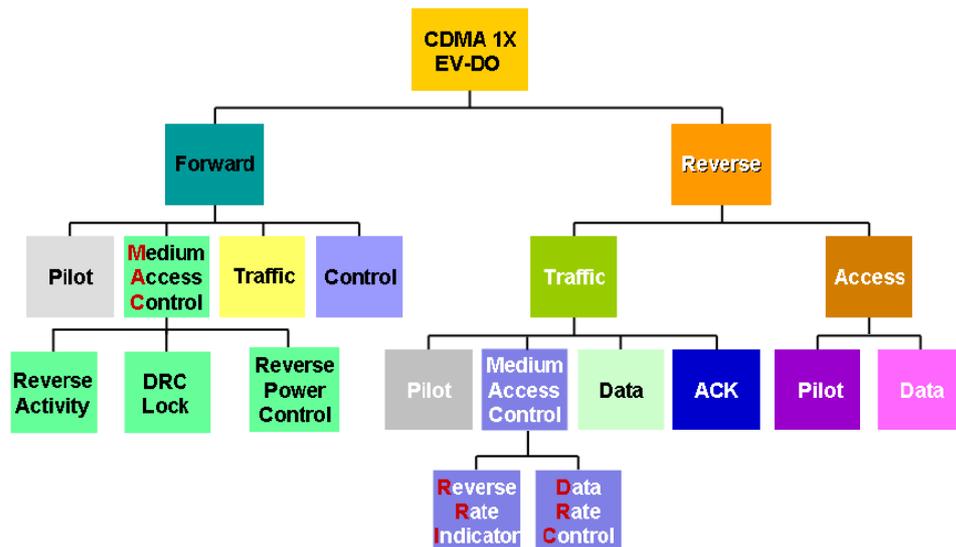


Figure 28. Structure des canaux du 1xEV-DO.

a Le lien montant (Reverse Link)

La structure du canal montant IS-856, comprend le canal d'accès et le canal de trafic. Le canal d'accès, qui se compose des canaux pilotes et données, est employé par un terminal d'accès dans l'état non dédié pour envoyer des messages de signalisation au réseau d'accès [9].

Dans l'état dédié, le terminal d'accès transmet sur le canal montant de trafic, qui contient un canal pilote, un canal indicateur de débit RRI, Reverse Rate Indicateur, un canal de contrôle de débit DRC, Data Rate Control, un canal d'acquiescement ACK, et un canal de données. Le canal RRI est utilisé pour indiquer si le canal de données est transmis sur le canal montant de trafic et son débit associé. Ainsi, des algorithmes complexes de détermination de débit peuvent être évités dans le système IS-856. Le canal DRC est utilisé pour indiquer au réseau d'accès le débit maximal que peut supporter le canal trafic du lien descendant ainsi que le meilleur secteur de service pour ce lien. Le canal ACK est utilisé pour informer le réseau d'accès si un paquet de données transmis sur le canal descendant du trafic a été reçu avec succès. Les modulations et les taux de codage employés pour la liaison montante sont résumés dans le tableau 7. Qui représente les paramètres de la couche physique :

Norme	38.4	76.8	153.6	307.2	307.2	614.7	614.7	921.6	1228.8	1228.8	1843.2	2457.6
modulation	QPSK	8PSK	QPSK	16QAM	8PSK	16QAM						
Bit/trame	1024	1024	1024	1024	2048	1024	2048	3072	2048	4096	3072	4096
Taux codage	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3
Durée trame	26.67	13.33	6.67	3.33	6.67	1.67	3.33	3.33	1.67	3.33	1.67	1.67
Nombre slots	16	8	4	2	4	1	2	2	1	2	1	1

Tableau 7. Paramètres de la couche physique (Lien Descendant).

b Le lien descendant (Forward Link)

Il est à noter que chaque canal du système IS-95 est transmis continuellement avec une certaine fraction de la puissance du secteur, alors que les canaux équivalents du système IS-856 sont transmis, à pleine puissance, seulement pendant une certaine fraction de temps. Le lien descendant de l'IS-856 comprend les canaux suivants multiplexés dans le temps : le canal pilote, le canal MAC, le canal de trafic et le canal de contrôle. Le canal MAC se compose de trois sous canaux : RA le canal DRCLock et RPC. Une porteuse du lien descendant de l'IS-856 a une largeur de bande de 1.25 MHz et est étalée en séquence directe à un taux de 1.2288 Mcps. La transmission sur le lien descendant se compose de time slots de longueur de 2048 chips (1.66 ms), et une trame est composée de 16 times slots.

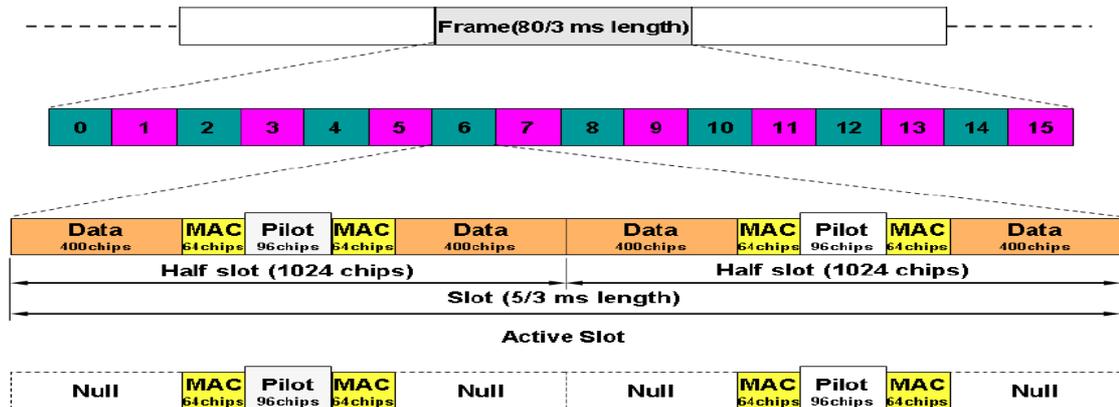


Figure 29. Structure de la trame du lien descendant.

Dans chaque time slot, le canal pilote, MAC, trafic ou contrôle sont multiplexés temporellement et sont transmis à un même niveau de puissance. Un time slot pendant lequel aucun trafic ou données de contrôle n'est transmis est désigné sous le nom d'un slot idle. Pendant un slot idle, le secteur transmet le pilote et les canaux MAC seulement, réduisant de ce fait l'interférence avec les autres secteurs [9].

➤ **Le canal pilote**

Le canal pilote transmet le signal non modulé avec la pleine puissance du secteur pendant les 96 chips au centre de chaque demi slot. Le signal non modulé est multiplexé avec le code Walsh. Le canal pilote de chaque secteur est distingué par un

PN décalé de 64 chips. En ce qui concerne le canal pilote, la seule différence entre IS-95 et IS-856 est que l'ancien transmet un signal pilote continu tandis que le dernier transmet un signal pilote périodiques. Le terminal d'accès utilise le canal pilote pour l'acquisition initiale, la correction de phase, et la synchronisation. Une fonction additionnelle du canal pilote IS-856 est de fournir une estimation du canal afin d'assurer l'adaptation de débit.

➤ **Le canal Mac**

Le canal MAC est transmis dans les 256 chips entourant les deux bursts pilotes de chaque time slot. Il se compose des canaux suivants : le canal RA, le canal RPC et le canal DRCLock.

➤ **Le canal de contrôle descendant**

Le canal de contrôle transmet des messages de diffusion générale et des messages d'accès dédiés. Ces messages sont transmis à un débit de 76.8 kbps ou de 38.4 kbps. Les caractéristiques de modulation du paquet de la couche physique du canal de contrôle sont identiques à ceux du canal de trafic aux débits correspondants

Un terminal d'accès essaye de détecter la séquence d'apprentissage d'un paquet de contrôle à 76.8 et 38.4 kbps. Ainsi, le terminal peut recevoir des paquets de canal de contrôle transmis à l'un ou l'autre taux.

➤ **Le canal de trafic**

Le canal de trafic descendant est un milieu partagé qui transporte des paquets de la couche physique. Cependant le canal ne peut transmettre des données qu'à un seul utilisateur à un instant donné, une séquence d'apprentissage est transmise pour indiquer la présence et le point de départ du paquet, ainsi que le terminal récepteur désigné. La séquence d'apprentissage se compose seulement des symboles 0 et multiplexé dans le temps sur le canal du trafic descendant.

Débit(Kbps)	906	19.2	38.4	76.8	153.6
Type de modulation	BPSK	BPSK	BPSK	BPSK	BPSK
Nombre de bit par trame	256	512	1024	2048	4096
Taux de codage	1/4	1/4	1/4	1/4	1/2
Durée de trame	26.67	26.67	26.67	26.67	26.67
Nombre de slot	16	16	16	16	16

Tableau 8. Paramètres de la couche physique (Lien Montant).

3.6 La couche MAC EV-DO

3.6.1 Hybride ARQ

IS-856 définit le mécanisme H-ARQ qui peut terminer la retransmission d'un paquet dès qu'il pourra être correctement décodé. Pour accomplir ceci, un terminal essaye de décodé le paquet erroné toutes les fois qu'il reçoit une nouvelle partie du paquet retransmis (un nouveau slot), et informe le réseau pour arrêter la retransmission quand le paquet est correctement décodé. Quand le réseau reçoit un acquittement, il ne transmettra pas la partie restante du paquet [9].

3.6.2 Adaptation de débit

Le changement de la qualité du canal sans fil est dû à l'affaiblissement de parcours (pathloss) et à l'évanouissement (fading). Quand l'émetteur possède les informations sur l'état du canal, il peut par exemple adapter son débit et sa puissance d'émission. Dans ce cas l'adaptation de débit à l'état du canal est un meilleur arrangement d'adaptation de lien dans la mesure où il réalise un débit plus élevé (débit moyen) sous la contrainte de la puissance moyenne constante de l'émetteur. La norme 1xEV-DO Rev 0 n'est pas capable de supporter les services à temps réel comme la VoIP, d'où l'utilité de passer à la révision A de la norme EV-DO.

3.7 modulation

La modulation a pour rôle d'adapter un signal au canal sur lequel il sera émis.

Le Tableau 9. Résume les différents types de modulation et leurs applications :

Les types de Modulation et leurs applications	
MSK, GMSK	GSM, CDPD
BPSK	telemetrie spatiale, cable modems
QPSK DQPSK	Satellite, CDMA, TETRA, LMDS, DVB-S, WLL.
OQPSK	CDMA, satellite FSK, GFSK : DECT, paging, RAM mobile data, AMPS, CT2, ERMES, land mobile, public safety
8PSK	Satellite, avionique, telemetry pilots for monitoring broadband video systems
16 QAM	liaison numérique hyperfréquence, modems, DVB-C, DVB-T
32 QAM	micro onde terrestre, DVB-T
64 QAM	DVB-C, modems, broadband set top boxes, MMDS
256 QAM	Modems, DVB-C (Europe), Vidéo numérique(US)

Tableau 9. Quelques types de modulation et leurs applications.

3.7.1 La modulation QPSK

Avec la modulation **QPSK**, il est possible de transmettre plus d'un bit à la fois. En effet, avec 4 phases différentes ($45^\circ, 135^\circ, -45^\circ$ et -135°), il est possible de représenter 4 valeurs différentes. Avec cette méthode, on peut donc transmettre 2 bits à la fois [14].

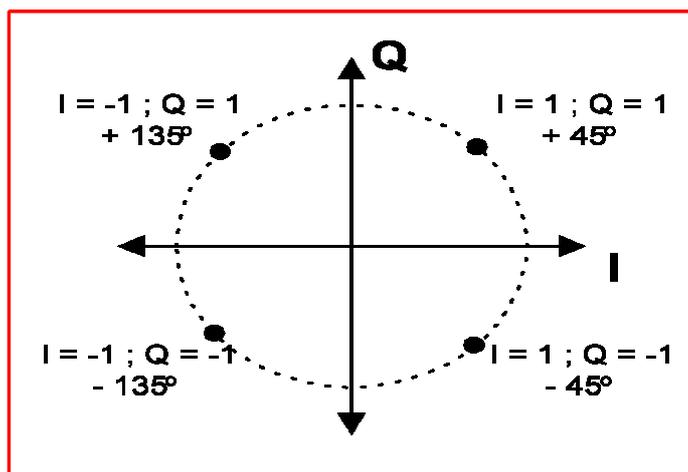


Figure 30. Modulation QPSK.

Conclusion

A l'avenir la boucle locale sans fil (WLL) jouera un rôle essentiel dans la couverture d'une grande partie du territoire nationale dans le domaine de la téléphonie.

D'autre part, le WLL procure une disponibilité d'élargir la fourniture d'un accès dans un temps réduit. En effet les opérateurs d'accès peuvent grâce à cette liaison proposée à leurs clients un accès plus facile et un marché au réseau local.

En fait d'après notre études, les avantages offert par le système WLL, nous a permet de comprendre cette technologie radio comme étant la solution évidente pour fournir des services multimédias, fiables et surtout économiques pour les zones rurale.

Chapitre 4 planification d'un réseau cellulaire

Introduction

La planification d'un réseau cellulaire est une opération très délicate dont le résultat conditionne le succès de l'opérateur. En effet un réseau mal planifié se traduira par une qualité d'appels médiocres, un taux de perte d'appels importants, un taux blocage élevé etc.

La planification d'un réseau cellulaire consiste à définir sa couverture et sa capacité. Celles-ci sont vitales pour un opérateur car les abonnés s'attendent à disposer d'un service de mobilité complète ; et ne pas répondre à leur attente se traduit par des pertes conséquentes de revenus et des parts de marche dans un environnement concurrentiel. Les logiciels de planification utilisés et développés par les opérateurs ainsi que les plans de leurs réseaux constituent pour cette raison des informations et un savoir-faire confidentiels. Non seulement que le nombre de paramètres est assez important, mais les conditions de trafic et de propagation, la mobilité des usagers et les services varient constamment, d'où les conditions de fonctionnement propres et uniques à chaque réseau.

L'opérateur doit pour cela être constamment à l'écoute de ces changements pour déterminer les nouvelles valeurs optimales des paramètres de fonctionnement. La tâche est d'autant plus compliquée que la marge de manœuvre pour l'ajustement des paramètres de travail est très étendue.

Les paramètres liés aux procédures de recherches (paging), de handoff, de contrôle de puissance, de gestion de mobilité de la source radio et des algorithmes de mise à jour de localisation doivent être ajustés de façon à optimiser l'utilisation de la ressource radio. Ainsi, un système dont les paramètres auront été optimisés

convenablement offrira des communications de bonne qualité et aura une capacité important.

Le dimensionnement s'agit de trouver la meilleure architecture cellulaire au regard de plusieurs critères que l'on peut résumer comme suit :

- Qualité de couverture : garantir un lien radio en tout point de la zone à couvrir.
- Absorption de la charge : le réseau doit être capable de fournir un nombre de canaux de communication adapté à la densité de trafic associée à chaque cellule.

Dans un réseau téléphonique, il ne s'agit cependant pas seulement de garantir un lien radio, mais également de garantir un certain trafic. Le trafic est estimé statistiquement à partir de la densité de population et du type d'activité associée à chaque région (Zones urbaines, Zones suburbaines, Zones rurales).

- Mobilité : Faciliter le handoff lors des changements de cellules. Chaque station de base doit connaître ses voisines pour permettre à un utilisateur de se déplacer sans perte de communication.
- Evolutivité : un réseau cellulaire est en perpétuelle évolution, intégrant de nouvelles stations de bases.

4.1 Le concept cellulaire

La topologie d'un réseau CDMA1x. EV-DO se repose sur les données comme exemple la nature de la zone qu'on veut la couvrir (zone urbaine, zone suburbaine, zone rurale), et la densité de trafic.

Le principe consiste à diviser une région en un certain nombre de cellules desservies par un relais radioélectrique (BTS). Ces cellules doivent être contiguës sur la surface couverte.

On distingue trois types de zones :

4.1.1 Zone urbaine

A une densité de trafic très élevé. La définition est en réalité quelque peu plus complexe. Une commune sera considérée comme zone urbaine si plus de la moitié de sa population réside dans une agglomération urbaine, c'est-à-dire une zone bâtie continue comptant au moins 2 000 habitants. Pouvant comporter comme exemple des universités, des zones industrielles....

L'opérateur utilise des pico cellules de quelques dizaines de mètres de rayon.

4.1.2 Zone suburbaine

A une densité moyenne assurant une transition entre les quartiers centraux et les quartiers de faible densité, avec une dominante d'habitat, pouvant comporter des commerces, des services, des bureaux.....

L'opérateur utilise du micro cellules de quelques centaines de mètres de rayon (environ 500 m).

4.1.3 Zone rurale

La densité de trafic dans la zone rurale est très faible, les cellules sont importantes jusqu'à 35km et sont appelées macro cellules.

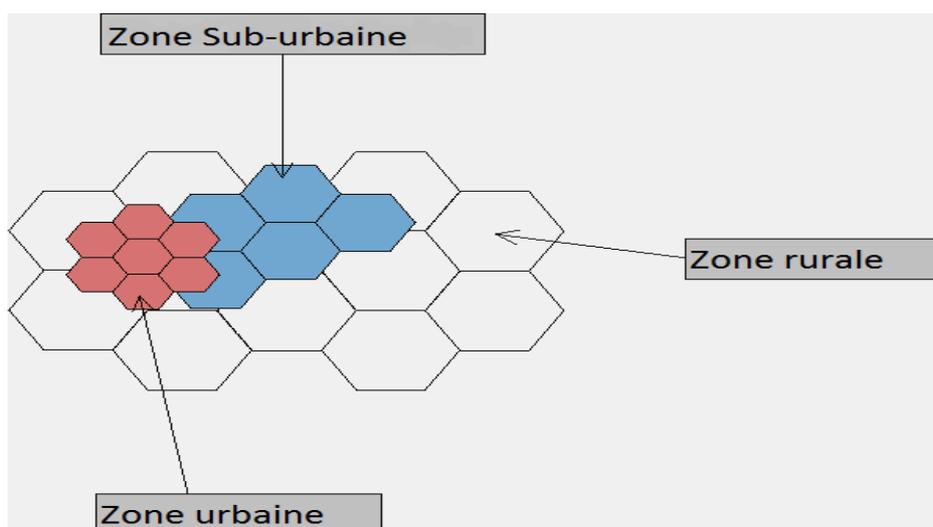


Figure 31. Les types de zones de rayonnement.

4.2 Notion de trafic

L'intensité du trafic (usuellement appelé trafic) d'un organe de télécommunications [ligne d'abonné, jonctions, récepteur de signalisation, ...] est définie comme le rapport entre la durée d'occupation et la durée d'observation.

Et dans ce cas on désigne quatre types de trafic comme suit [13] :

-trafic offert

-trafic écoulé

-trafic efficace

-trafic perdu

L'unité de trafic est l'erlang (E), le trafic moyen par abonné mobile est 0.07 E.

4.3 Objectifs de la planification cellulaire

L'objectif de la planification d'un réseau cellulaire peut être résumé de la façon suivante:

Les caractéristiques de l'environnement à couvrir.

Les caractéristiques des abonnées à desservir.

La bande de fréquences.

Il faut minimiser le coût de l'infrastructure radio et réseau en fonction de la couverture radio, de la tailles des cellules, du plan de fréquence et de la topologie du réseau, tout en respectant des contraintes de qualité de service. Le processus de planification doit aboutir ainsi à :

- 1) Un plan de station de base (emplacement, capacités et puissances d'émission).
- 2) Un plan de fréquences associé (fréquences allouées à chaque station de base du réseau).
- 3) Un plan des équipements du réseau fixe (contrôleurs de stations de base, commutateur et bases de données).

4) Un réseau de connexion entre ces entités.

La planification du réseau en cellule permet le dimensionnement des sites radio, et de déterminer leur positions, leur taille et capacités et une allocation des fréquences de façon optimale.

D'une façon générale, assurer une bonne couverture en zones urbaines et suburbaines ne pose généralement pas de problème d'investissement (CAPEX) puisque le trafic important écoulé dans ces zones permet d'obtenir un retour rapide de l'investissement (RIO). Par contre, les zones rurales posent plus de problèmes puisque l'opérateur doit y assurer une couverture sans que le trafic ne soit assez suffisant pour lui assurer des revenus équivalents.

Ce problème s'accroît en l'absence de sites appropriés et de liens de transmission (réseau fixe). Par conséquent, les objectifs dans la planification de la boucle locale radio restent les mêmes que le cas des systèmes cellulaires, il s'agit :

- Couvrir la zone considérée en minimisant le nombre de bornes radio.
- Repérer les zones à fort trafic et y allouer un nombre suffisant de canaux de façon à satisfaire la demande pendant les heures chargées.
- Etudier les problèmes d'interférences et essayer de les supprimer, et planifier le réseau de façon à absorber le plus d'abonnés nouveaux [10].

4.4 Etapes du processus de la planification

Compte-tenu du fait que les valeurs de certains paramètres ne peuvent être connus qu'une fois certains éléments du réseau fixés. Les processus peuvent être alors schématisés par la figure 32. donnant ainsi un aperçu des étapes importantes à aborder lors de cette opération.

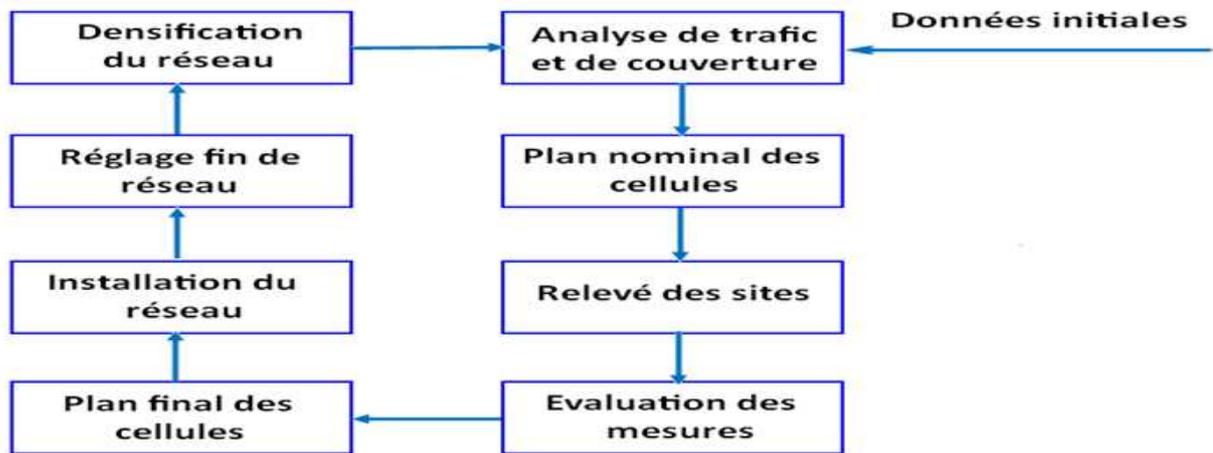


Figure 32. Processus de planification cellulaire.

- Analyse du trafic : elle est la première phase du processus qui est nécessaire pour l'estimation de la charge en trafic de différentes zones à desservir et le dimensionnement des nombres de canaux nécessaire à la demande estimée.
- Plan nominal : un plan nominal est le premier plan théorique qui représente l'aspect d'un schéma de cellules sur la carte de la zone à desservir.
- Relevés des sites : après l'élaboration du plan nominal des cellules sur la carte avec approximation de prévision de couverture, il faut passer à la visite de la zone concernée et faire de mesures.
- Evaluation des mesures : de retour dans les bureaux, les résultats de ces mesures peuvent être comparés aux valeurs délivrées par l'outil de planification.
- Plan final des cellules : il est maintenant temps d'élaborer le plan final des cellules. Comme son nom l'indique, ce plan est utilisé pour l'installation du réseau, de nouvelles prévisions de couverture sont réalisées et on enregistre tous les paramètres de chacune des cellules.
- Réglage fin des cellules : un certain temps après l'installation et la mise en service du réseau, il faut de nouveau contrôler la manière dont il est adapté à son environnement réel. Ceci est appelé « réglage fin du système » il comporte ce qui suit :
 - Contrôle de la réalisation correcte du plan final des cellules.
 - Evaluation des réclamations éventuelles des usagers.
 - Contrôle du niveau correct des performances du système.

4.5 Planification de la partie radio

La partie radio d'un réseau téléphonique est l'ensemble des composants du réseau se situant entre l'interface air et le poste d'abonné. Cette phase est la plus importante et la plus délicate lors de l'implantation du système, vu qu'elle tient compte de nombreux paramètres tels que les conditions de trafic, la propagation, la mobilité des usagers.

Le résultat de la planification est un réseau dont les dimensions répondent à un cahier de charge bien particulier. La solution technique est élaborée selon une méthodologie qui repose sur les points que nous décrivons ci-après [16].

4.5.1 Collecte de données

Avant d'entreprendre la planification radio, diverses informations relatives à la zone à desservir doivent être collectées. Ces données concernent :

- La zone à desservir par le réseau (nombre d'abonnés, distribution du trafic, description du terrain, nature de la zone).
- Le service (qualité de services désirée pour la voix et l'Internet)
- Technologie utilisée (bande de fréquence, puissance d'émission, seuil de réception, types d'antennes possibles, capacité des stations de base.
- Collecte de statistiques et de données socio-économiques (niveau de vie, évolution du nombre d'habitants, activité industrielle et économique dans la zone).

Ces données, si elles ne sont pas connues à partir des études précédentes, seront complétées, vérifiées ou collectées lors du Site Survey. Le Site Survey obligatoire à réaliser avant d'implanter un système radio. Il consiste à visiter les lieux, inspecter le terrain et son environnement et collecter les données relatives à la zone pour [13] :

- Délimiter la zone à couvrir.

- Indiquer le lieu de concentration et de non concentration des différents abonnés.
- Indiquer la présence ou l'absence d'infrastructure téléphonique, dans la zone à couvrir, et noter si elle est susceptible d'être utilisée.
- Indiquer l'existence de l'énergie primaire chez les demandeurs de services téléphoniques.
- S'informer sur les lois et les interdictions dans la zone. Parfois il est interdit de poser des antennes au-delà d'une certaine hauteur, dans ce cas la nature et le mode de pose devront être spécifiés différemment.
- Repérer un lieu pour la station de base dans des conditions particulières (difficultés d'obtenir de nouveaux sites, disponibilité de l'infrastructure existante, disponibilité de l'accès,...)
- Indiquer l'emplacement des abonnés particuliers et spéciaux qu'il faut obligatoirement desservir (exemple hôpital, poste de police...)

a Analyse de Trafic

Estimer la charge de trafic pour les réseaux mobiles n'est pas évident car la mobilité des usagers implique d'une part des communications qui débutent en un point réseau, et qui s'achèvent en un autre point après que le mobile a effectué un certain nombre de handoff. Donc il est impossible de connaître la densité d'abonnés et donc le trafic dans une zone donnée.

1) Paramètres utiles

Le processus d'évaluation de la densité de trafic doit aboutir à la détermination des valeurs des paramètres suivants :

- durée moyenne d'un appel.
- Taux d'occupation des ressources (c'est le pourcentage de temps pendant lequel l'information est transférée).

- Taux d'arrivée des appels (taux d'arrivée par abonné, par région et pour chaque heure).
- Taux de pénétration (densité de la population susceptible de souscrire au service).

Le taux de pénétration est le pourcentage de la population qui souscrit au service.

Il est généralement fonction de :

- La disponibilité du service.
- De son coût.
- De sa valeur pour l'abonné, du niveau de concurrence entre les opérateurs.
- Des aspects marketing.

La durée de l'appel peut varier en fonction des paramètres suivants :

- débit négocié pour l'appel.
- localisation de l'appelant et de l'appelé.
- le coût de l'appel.

Est une étape nécessaire et moment de la journée

2) Trafic et mobilité

Grâce aux différents paramètres listés précédemment, des modèles de trafic et de mobilité peuvent être déterminés ; ils permettent de connaître le trafic pour chaque zone du réseau et d'identifier les points à forte concentration.

Le modèle de mobilité décrit la probabilité de transition entre cellules et le temps de transit dans chaque cellule. Ce type de modèle est utilisé pour le regroupement des cellules (détermination des BSC et leurs positions) et pour le dimensionnement des réseaux fixes. Les paramètres du modèle de mobilité sont :

- Le taux de fréquentation.
- Le taux d'abonnées visiteurs.
- Le taux d'abonnés résidentiels.
- Le taux d'abonnés absents.

Ainsi, la population d'utilisateurs est partagée en groupes où chaque groupe présente des caractéristiques de trafic et de mobilité similaire. Le trafic engendré par un groupe d'utilisateurs est généralement dé-corrélé du trafic engendré par un autre groupe d'utilisateurs. Ce qui veut dire que la somme des pointes des utilisateurs pris individuellement ne permet pas d'estimer la pointe du trafic globale du système [13] :

- Mobilité importante (200mE).
- Mobilité moyenne (100mE).
- Mobilité faible (20mE).

4.5.2 Définition de la couverture radio

La zone de couverture d'une borne radio est l'ensemble des points pour lesquels le champ reçu est supérieur à un seuil prédéfini. La couverture radio est analysée grâce au bilan de liaison radio décrit par l'équation suivante:

$$P_r = P_e + G_e + G_r - L_p - L_c - L_f \text{ (dB)} \quad (4.1)$$

Avec P_r , P_e , G_e , G_r , L_p , L_c et L_f désignant respectivement.

P_r : La puissance de réception.

P_e : La puissance d'émission.

G_e : Gain de l'antenne d'émission.

G_r : Gain de l'antenne de réception.

L_p : Les pertes de propagation.

L_c : Les pertes des câbles.

L_f : La marge pour le fading.

A partir de là, on peut prédire le niveau de champ dans toute la zone et déduire les zones non couvertes: ce sont les points dont le niveau de champs est inférieur aux sensibilités des récepteurs du réseau.

Au cours de cette étape, le planificateur suivra particulièrement les étapes suivantes :

- Couvrir la zone considérée en minimisant le nombre de bornes radio.
- Repérer les zones à fort trafic et y allouer un nombre suffisant de canaux de façon à satisfaire la demande pendant les heures chargées.
- Etudier les problèmes d'interférences et essayer de les supprimer, et planifier le réseau de façon à absorber le plus d'abonnés nouveaux.

4.5.3 Paramètres de qualité de service (Qos)

La qualité de service est une mesure de la satisfaction des usagers d'un système. Les paramètres qui définissent la qualité de service sont étroitement liés à la nature même des applications supportées.

a Probabilité de blocage

La probabilité de blocage est déterminée grâce à la loi d'Erlang qui se base sur la théorie des files d'attente. Les hypothèses à partir desquelles ce modèle a été élaboré sont :

- les arrivées aléatoires des appels (suivant la loi de Poisson).
- la connaissance de la charge du système.
- l'équilibre statistique du système.

La probabilité de blocage s'exprime de la façon suivante :

$$P_b = \frac{\frac{A^K}{K!}}{\sum_{i=0}^K \left(\frac{A^i}{i!}\right)} \quad (4.2)$$

Où A est le flux de trafic total à écouler exprimé en erlang et K le nombre de circuits.

La probabilité de blocage admise varie en général en fonction de l'environnement. En zone urbaine dense où les charges de trafic sont généralement importantes, le taux de blocage pourra atteindre de 2 à 5%. Dans les zones

suburbaines et rurales, les conditions de trafic sont moins contraignantes en termes d'infrastructure, et le taux de blocage maximum conseillé est de l'ordre de 2%.

b Temps d'attente

L'opérateur, pour assurer une qualité de service acceptable à ses abonnés doit faire en sorte qu'un usager n'attende pas trop longtemps avant de voir sa demande d'appel satisfaite. Pour cela, des techniques particulières de gestion des files d'attentes sont souvent mises en œuvre. Toutefois, le temps moyen qu'un usager devra attendre avant d'être servi est indépendant de la politique de gestion de file d'attente :

$$P_d = \frac{\left(\frac{\rho^c}{c!}\right)}{\left(\left(\frac{\rho^c}{c!}\right) + \left(1 - \frac{\rho}{c}\right) * \left(1 + \frac{\rho}{c} + \dots + \frac{\rho^{c-1}}{(c-1)!}\right)\right)} \quad (4.3)$$

Où ρ est la charge de trafic, c est le nombre de circuits.

Le délai moyen d'attente sera donc :

$$T = \frac{P_d * h}{(c - \rho)} \quad (4.4)$$

Où h est la durée moyenne d'appel [16].

4.5.4 Dimensionnement de trafic

Le nombre de canaux de trafic nécessaire pour servir un nombre d'abonnés est l'un des facteurs clés pour dimensionner un système cellulaire. La détermination du nombre de canaux de trafic passe par l'estimation des besoins en trafic généré.

Le trafic par abonné est défini par le nombre et la durée des communications établies, en effet:

$$Trafic(E) = \frac{N * T}{3600} \quad (4.5)$$

T : est la durée moyenne d'une communication en secondes.

N : est le nombre d'appels par heure de pointe.

4.6 Dimensionnement du réseau fixe

La conception du réseau à savoir l'emplacement des sites, leurs capacités en termes de TRX selon le trafic présenté par cellule, ainsi que leurs BSC de rattachement. Une fois cette étape achevée, le planificateur du réseau de transmission doit aborder le dimensionnement des interfaces reliant les différentes composantes du réseau, à savoir les interfaces de notre réseau [17].

4.6.1 Sectorisation

Une alternative à la division des cellules est la sectorisation. Cette technique consiste à diviser une cellule en plusieurs secteurs utilisant un ensemble différent de canaux et une antenne directionnelle. Chaque secteur peut donc être considéré comme une nouvelle cellule. Les configurations les plus courantes comportent des cellules à trois ou six secteurs. Il existe cependant des configurations comportant deux, quatre ou huit secteurs. Les BTS peuvent être placés soit au centre, soit aux coins de la cellule.

Les configurations typiques sont des sites tri-sectoriels pour les zones urbaines. Les sites omnidirectionnels pour les zones rurales et les sites bi-sectoriels pour les couvertures de routes.

Dans la phase de densification, les antennes omnidirectionnelles vont donc être remplacées par des antennes directionnelles, sectorielles, ce qui permet de multiplier le nombre de cellules sans avoir à ajouter de sites radio. L'autre avantage de la sectorisation est qu'elle permet d'augmenter le rapport C/I ce qui améliore la qualité de service.

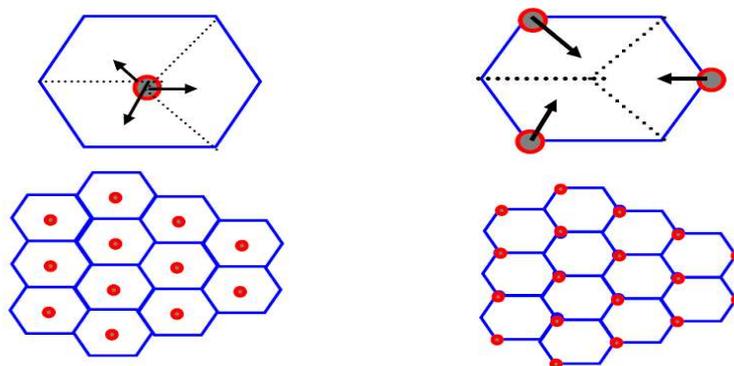


Figure 33. Sectorisation des cellules.

4.6.2 Down-tilting

Le principe de down-tilting consiste à orienter l'antenne de la station de base de façon à la faire émettre dans une direction telle que ses émissions brouillent le moins possible les autres cellules tout en gardant une qualité de service acceptable. Cette technique présente deux intérêts particuliers: le premier intérêt est de diminuer au maximum les interférences, ce qui permettra d'obtenir des facteurs de réutilisation plus élevés. Le deuxième intérêt est d'éviter les trous de couverture dans les zones situées bien en dessous du site d'émission, en dirigeant l'antenne vers ces zones.

Les antennes utilisées sont généralement des antennes à gain élevé et leurs lobes sont orientés vers la zone à couvrir. L'angle θ est de l'ordre de 10 à 20° typiquement. Une inclinaison de 10° diminue la puissance de 4dB dans le plan horizontal et le niveau d'interférence de 0,25dB dans la cellule d'interférence, contrairement à l'inclinaison de 20° qui diminue le niveau d'interférence de 1dB dans la cellule interférée.

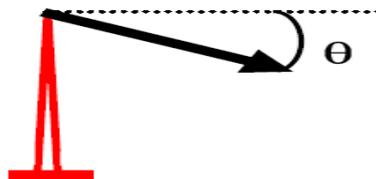


Figure 34. Technique de Down-tilting.

4.7 Choix des gouvernorats ciblent pour le déploiement

Pour valider la notion de dimensionnement, nous allons procéder à une étude de cas pour le réseau de l'opérateur ALGERIE TELECOM. Cette partie sera précédée par une étape de définition de la stratégie de déploiement de l'EV-DO. En effet, cette étape est très importante pour la spécification de la topologie du nouveau réseau, ce qui facilite la tâche de dimensionnement.

La planification d'un réseau radio nécessite la connaissance des caractéristiques du terrain étudié à savoir le type de l'environnement radio ainsi que le nombre d'abonnés qui dépend essentiellement du nombre d'habitants dans la zone.

Notre travail a pour le but de réaliser une architecture d'un réseau EV-DO, et pour cela nous avons pris un exemple plus frappant d'une zone particulière à un trafic très élevé c'est la daïra de BOUFARIK (Boufarik, Soumaa, Guerrouaou) dans la Wilaya de Blida. Cette zone d'étude s'étend sur une superficie de 96.7km² et on estime que la population avoisine les 126.205 habitants. La Daïra présente beaucoup de zones d'habitation. On trouve de nombreux immeubles, plusieurs quartiers résidentiels, une université, dizaines écoles (primaire, moyen, secondaire), ainsi que des zones industrielles.

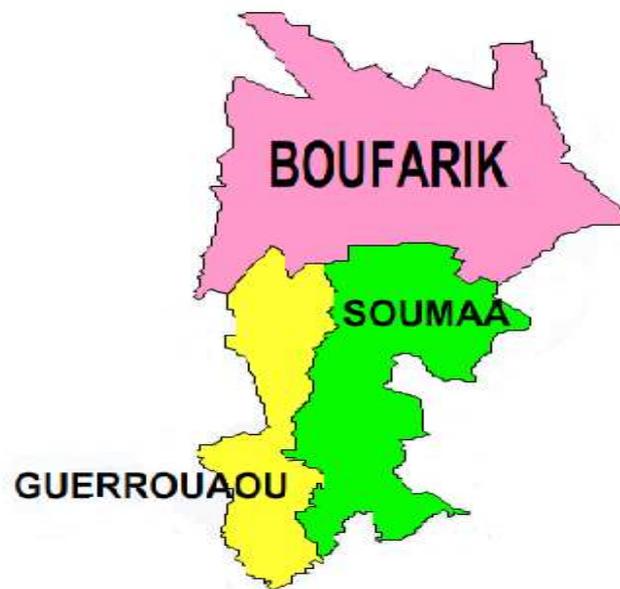


Figure 35. La Daïra de Boufarik.

4.7.1 Dimensionnement de la BTS

Le dimensionnement de la BTS, demande la collection d'un ensemble d'informations nécessaires pour le bon fonctionnement du réseau tout entier.

- Les services offerts (1x, 1x EV-DO)
- Une estimation de la capacité de la zone couverte par la BTS.
- Le trafic qu'il faut allouer à chaque utilisateur
- La probabilité d'occupation de réseau
- La configuration des BTS (S_{111}, S_{222}) [13].

Dans notre travail nous voulons installer un réseau CDMA2000.1x EV-DO après avoir bien illustré la nature de la zone comme nous avons déjà les bien détaillés, nous

avons pris la commune de BOUFARIK comme une zone urbaine d'autant qu'elle contient des zones industrielles, des PME/PMI, population très élevées...etc, en revanche la commune de SOUMAA et de GUERROUAOU nous les considérons comme des zones suburbaines et rurales.

Bien que notre réseau soit capable d'absorber la charge de trafic écoulé tout en tenant compte le type de la BTS qui repose sur le nombre d'abonnés et la superficie de la zone à couvrir, alors nous prenons les capacités de 2000 soit S_{222} pour la commune de BOUFARIK et de SOUMAA, S_{111} (1000) pour la commune de GUERROUAOU.

Dans nos jours et comme il existe déjà une autre solution présentée par la téléphonie filaire qui est la première concurrente au marché, en revanche la technologie WLL présente un service à haut débit avec la nouvelle technique d'accès EV-DO qui l'a rendu plus en plus sollicitée. Cette étude s'est basée particulièrement sur la daïra de BOUFAIK comme exemple, et nous considérons que 40% du nombre total de la population vont être des utilisateurs de ce service [13].

Les statistiques collectées figurent suivant le Tableau 10:

	population	pourcentage	Nombre d'abonnés	Nombre de BTS
BOUFARIK	71446	50 %	35723	18
SOUMAA	37462	40 %	14984	8
GUERROUAOU	17297	25 %	4324	5
La somme	126205	38.33 %	55031	31

Tableau 10. Statistique collectées concernant la dira de BOUFARIK.

4.7.2 Dimensionnement de la BSC

Après avoir arrêté les capacités des BTS, l'étape suivante est de dimensionner les autres équipements du réseau de tel sorte qu'il sera capable de supporter le flux du trafic entrant et sortant dans toutes ces composantes et ces interfaces.

Le BSC est relié aux BTS à travers des liaisons MIC, sachant que chaque BTS est rattachée au BSC par trois liaisons MIC (E1), un pour la voix et deux liaisons pour la data [17].

Un BSC est capable de gérer jusqu'à 250 BTS, l'étude économique que nous avons développé dans la section précédente nous a montré qu'il nous faut seulement un seul BSC.

4.7.3 Dimensionnement de la SC

Les services qu'offre le réseau à installer (voix et data) doivent être acheminés vers le commutateur pour pouvoir attendre leurs destinations ; le Switch peut traiter un imposant nombre de BSC (plus de 100BSC), or il est suffisant d'installer un seul SC pour l'ensemble du réseau vers le commuté national ainsi international [17].

Conclusion

La planification d'un réseau d'accès EV-DO et le dimensionnement des réseaux sont des tâches délicates et complexes, surtout que ces technologies ne sont pas actuellement adoptées dans le réseau algérien. L'opérateur doit donner une grande importance à la tâche de l'ingénierie et le dimensionnement de son réseau. Il doit faire les prévisions exactes pour satisfaire les besoins de ses abonnés en termes de débit de bande passante et de la qualité de service (QoS) à court et long terme. La planification de la couverture radio cellulaire est une étape fondamentale dans le cycle de vie d'un réseau. Elle nécessite trop de calcul qui peut nous induire en erreur facilement, dans ce chapitre, après avoir étudié les concepts de base de la planification, nous avons mis l'accent particulièrement sur la planification de la partie radio et bien entendu la partie fixe.

Chapitre 5 Application

Introduction

Nous allons décrire dans ce chapitre notre logiciel est conçu pour être utilisé dans la planification d'un réseau cellulaire.

Dans ce chapitre, nous décrivons la manière d'utilisation de notre logiciel et l'interface utilisateur.

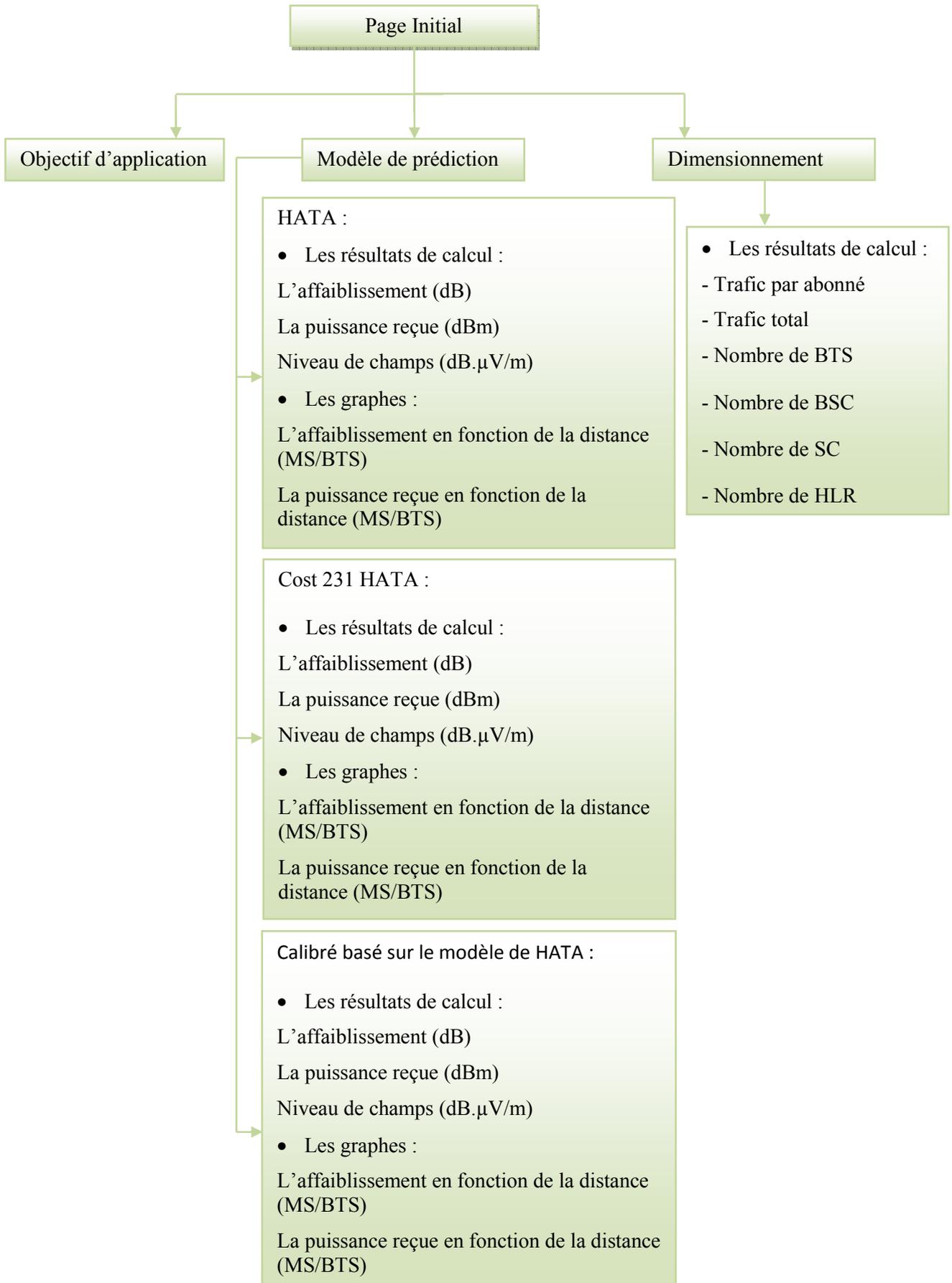
5.1 Description

L'accès aux différentes fonctionnalités du logiciel est fourni par l'interface présentée sur la Figure 36. :



Figure 36. Fenêtre principale.

Le plan général de notre travail est bien résumé dans l'algorithme suivant :



Dans la fenêtre principale, il y a des boutons qui permettent les opérations suivantes :

Pour mettre fin à l'exécution du logiciel on clique sur le bouton « Quitter », une boîte d'affirmation s'affiche :

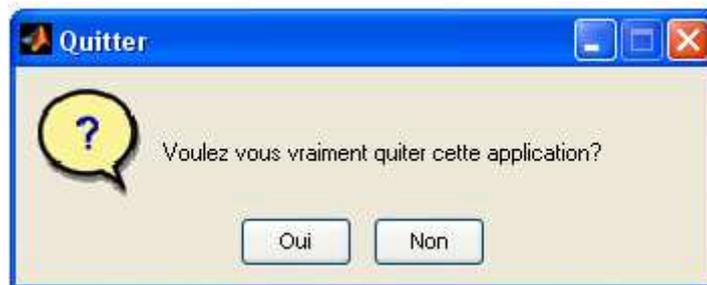


Figure 37. Confirmation de Quitter le logiciel.

Pour savoir des informations sur ce logiciel on clique sur le bouton « Objectif ». La fenêtre suivante s'affiche :

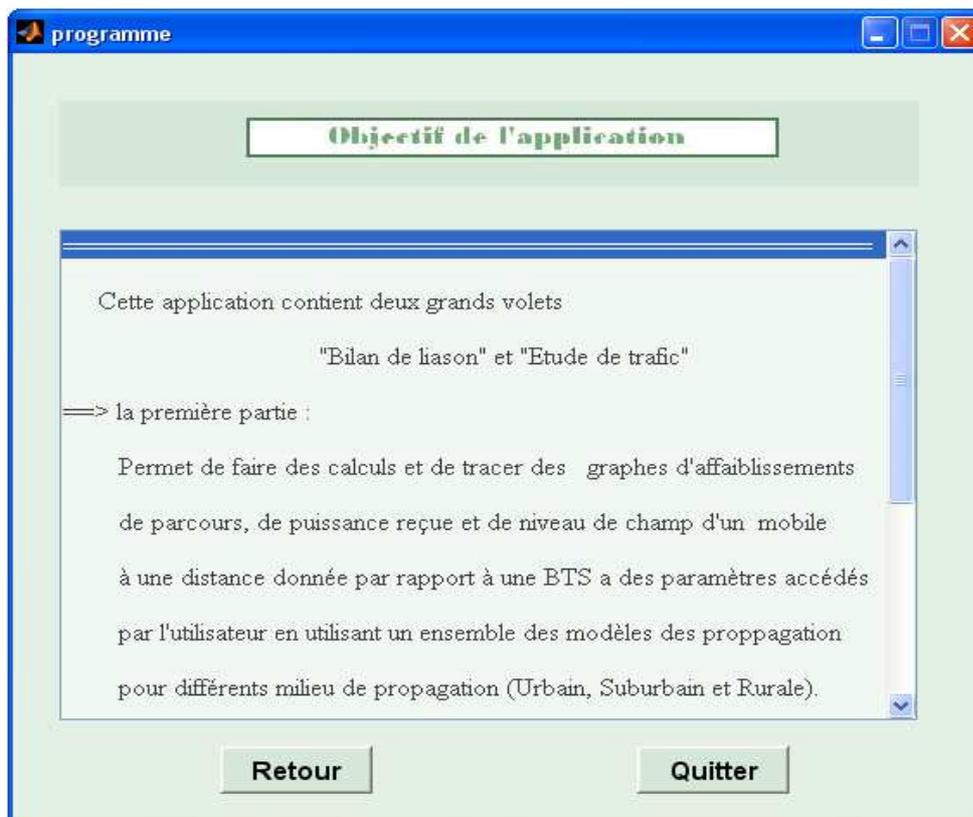


Figure 38. Objectif générale du logiciel.

5.2 Modèles de prédiction

Les modèles de prédiction de propagation sont obtenus en cliquant sur le premier bouton.

Une fenêtre modale s'affiche comprenant des boutons radio permettant de choisir un des trois modèles.

La fenêtre est représentée de manière suivante :



Figure 39. Choix de modèle.

Si en clique sur le bouton « OK » l'opération est exécutée. Voici un exemple pour le modèle de Hata conformément à la figure précédente. Le résultat d'exécution est illustré par la Figure 40:

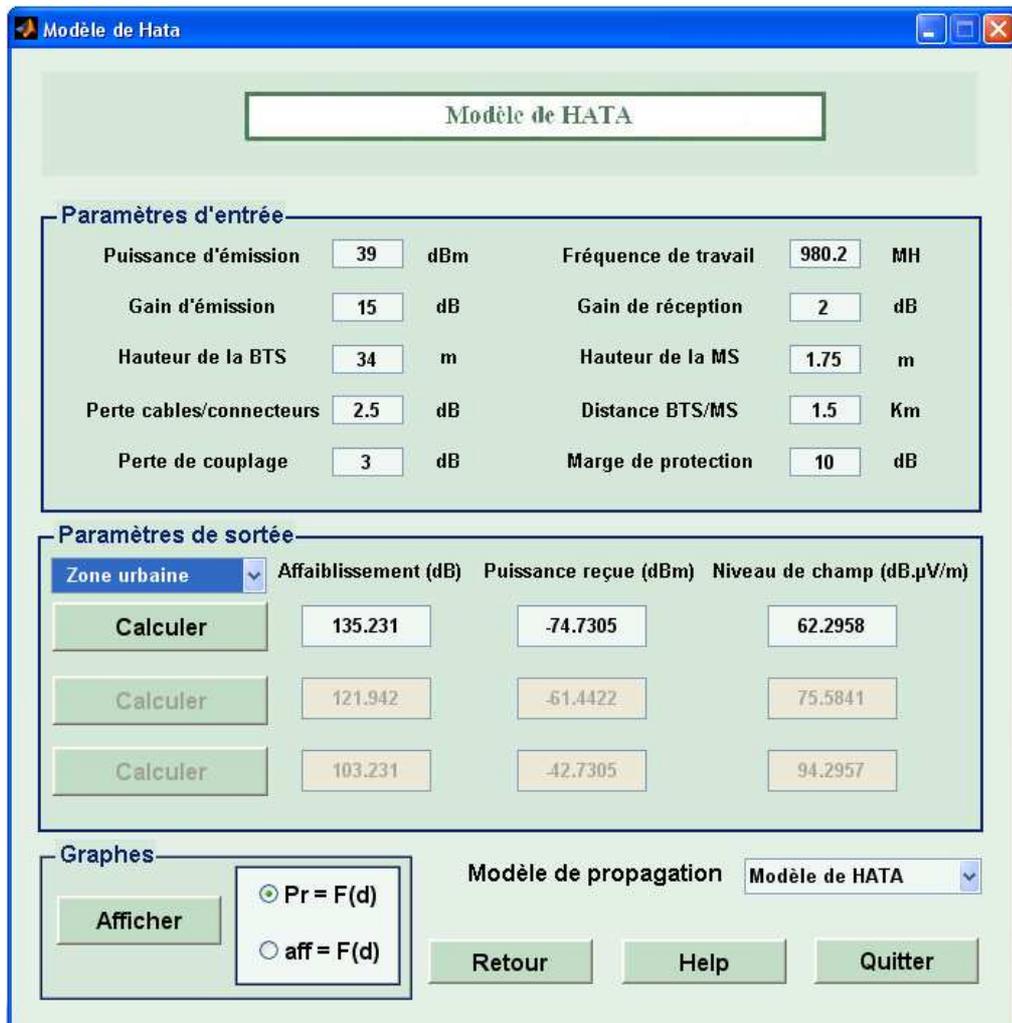


Figure 40. Modèle de Hata.

Cette fenêtre est divisée en eux parties :

Paramètres d'entrée : pour saisir les paramètres et les données nécessaires au calcul.

- Paramètres de sortie : pour voir les résultats de ce calcul.
- Les paramètres d'entrée sont liés par le modèle choisi, pour ça on a mis un bouton « help » qui montre ses intervalles, comme il est illustré dans la figure suivante :

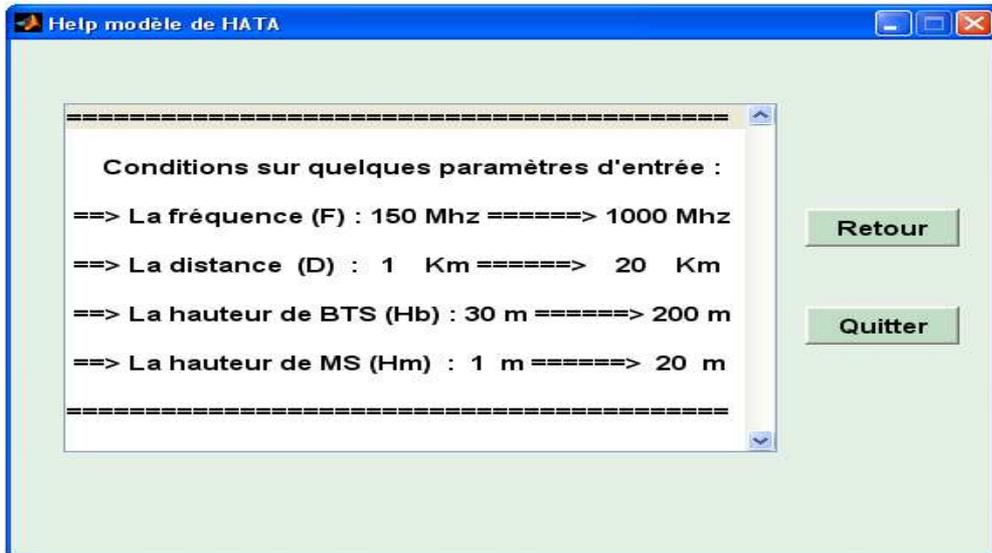


Figure 41. Help modèle HATA.

A partir des paramètres entrés on peut aussi tracer des courbes d'affaiblissement et de puissance reçue en fonction de la distance, pour cela il y a deux boutons radio pour choisir les graphes souhaités, un bouton « Afficher » qui donne l'affichage de l'une de deux fenêtres Figure 42. :

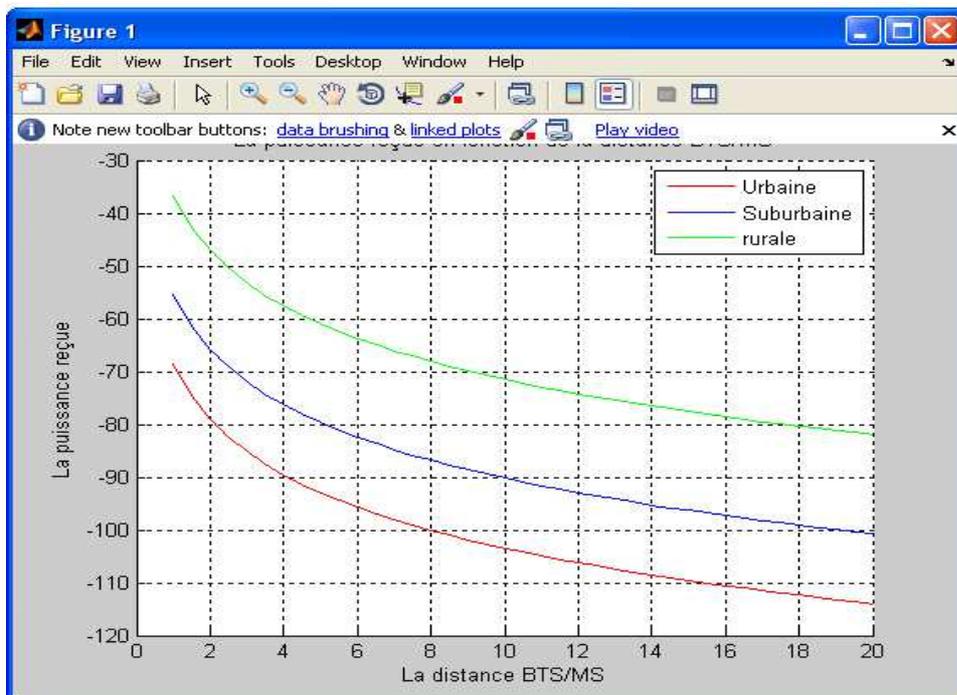


Figure 42. La puissance en fonction da la distance.

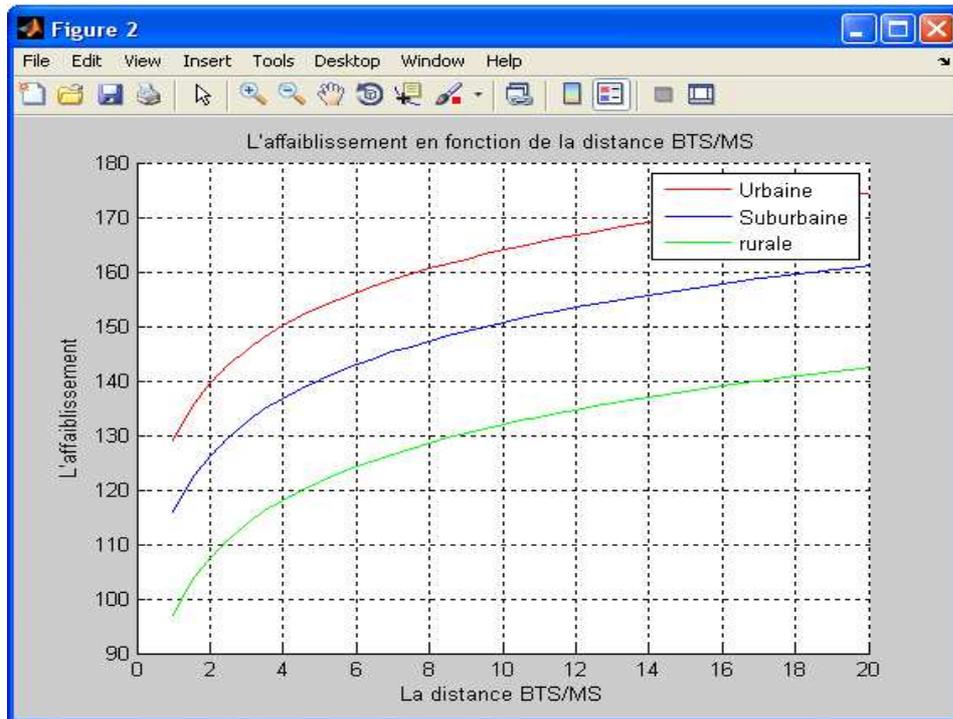


Figure 43. L'affaiblissement en fonction de la distance.

5.3 Dimensionnement

La deuxième partie sera consacré au coté de dimensionnement qui va nous Permettre d'étudier le trafic qui est un indicateur nécessaire et indispensable pour l'estimation de la charge des flux de trafic des différents zones à desservir et le dimensionnement du nombre de BTS utiles pour absorber toutes les requêtes et les appels générés par les utilisateurs .

La fenêtre apparaît en cliquant sur le deuxième bouton nommé «dimensionnement» est donné par la Figure 44:

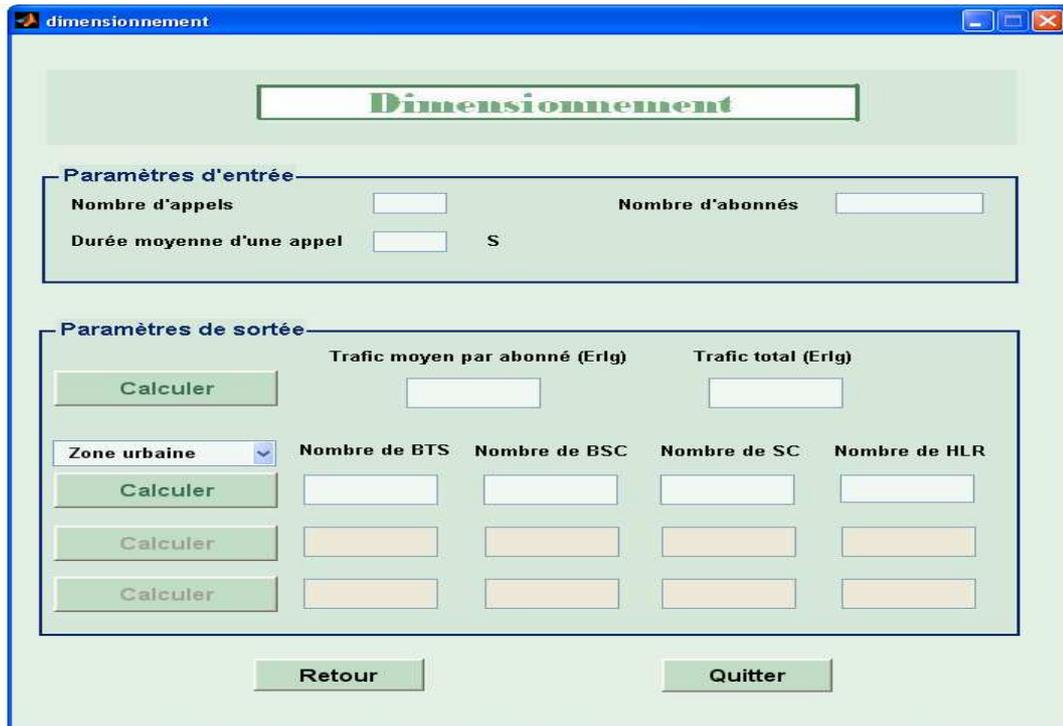


Figure 44. Interface utilisateur de dimensionnement.

En revanche le dimensionnement du nombre des équipements utiles pour absorber toutes les requêtes et les appels générés par les utilisateurs seront aussi bien calculés dans cette partie comme il est illustré dans la Figure 45:

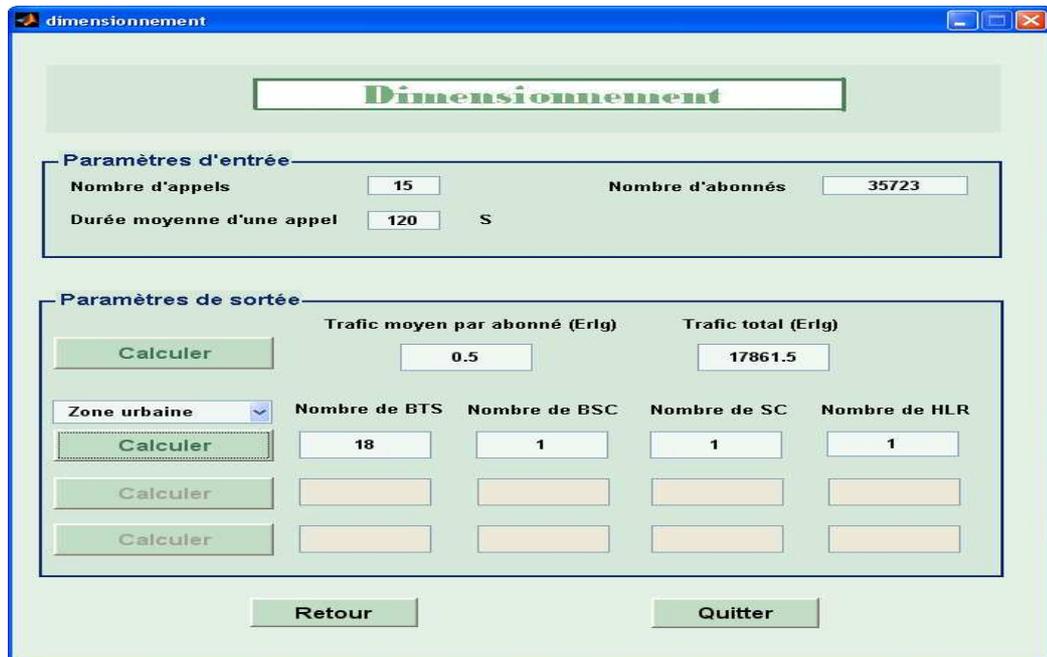


Figure 45. Calcule de nombre des équipements du réseau cas : commune de BOFARIK.

dimensionnement

Dimensionnement

Paramètres d'entrée

Nombre d'appels: Nombre d'abonnés:

Durée moyenne d'une appel: S

Paramètres de sortie

Trafic moyen par abonné (Erlg) Trafic total (Erlg)

Zone suburbaine ▾ Nombre de BTS Nombre de BSC Nombre de SC Nombre de HLR

Figure 46. Calcule de nombre des équipements du réseau cas : commune de SOUMAA.

dimensionnement

Dimensionnement

Paramètres d'entrée

Nombre d'appels: Nombre d'abonnés:

Durée moyenne d'une appel: S

Paramètres de sortie

Trafic moyen par abonné (Erlg) Trafic total (Erlg)

Zone rurale ▾ Nombre de BTS Nombre de BSC Nombre de SC Nombre de HLR

Figure 47. Calcule de nombre des équipements du réseau cas : commune de GUERROUAOU

5.4 ATOLL ET GENEX PROBE

5.4.1 ATOLL

Est un environnement de planification radio multi technologies, Fonctionnant sous Windows, il soutient les opérateurs mobiles durant toute la durée de vie du réseau, dès le design initial jusqu'à la densification et l'optimisation. Il supporte les technologies suivantes :

- GSM/GPRS/EDGE/TDMA
- UMTS/HSDPA
- CdmaOne/CDMA 2000 1xRTT et 1xEV-DO
- TD-SCDMA
- Faisceaux hertziennes

ATOLL permet la simulation de couverture en se basant sur une interface graphique intuitive, son utilisation et sa prise en main est relativement aisée. Il dispose de Quatre niveaux hiérarchiques imbriqués : Carte Numérique, Type d'antenne, Modèle de propagation, type de terminaux.

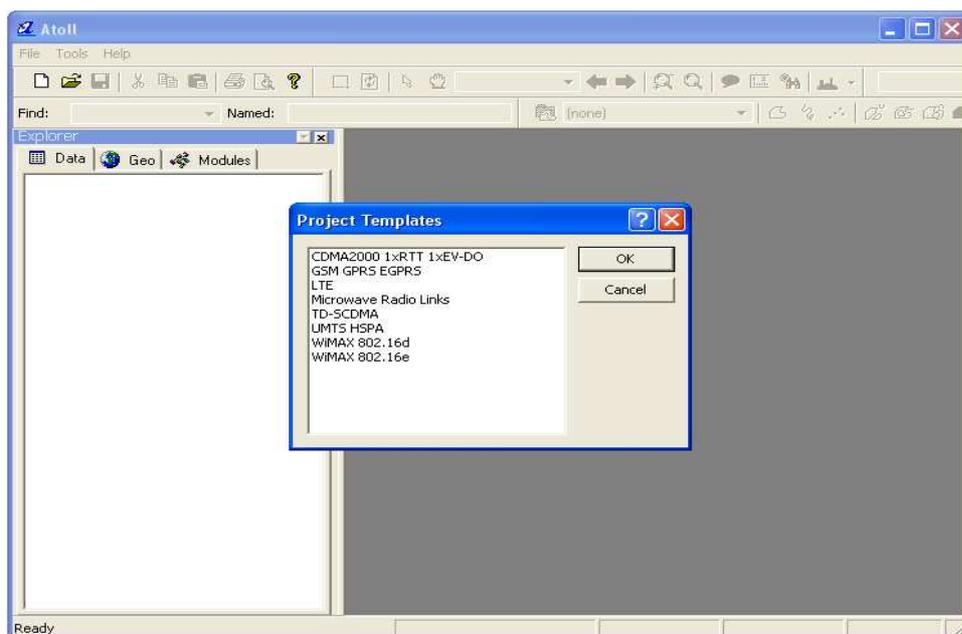


Figure 48. ATOLL

5.4.2 GENEX Probe

Ce logiciel est utilisé principalement pour le DRIVE-TEST, il permet :

- Tester la couverture planifiée du réseau.
- Trouver et résoudre les problèmes avant de mettre en place le réseau, et ça nous permet de minimiser le cout.
- Trouver et résoudre les problèmes du site
- Optimiser et améliorer les index de performance.
- Améliorer la satisfaction des abonnés.
- Coopération technologique avec l'opérateur pour améliorer le niveau d'optimisation souhaité.



Figure 49. Lancement du logiciel GENEX PROBE.

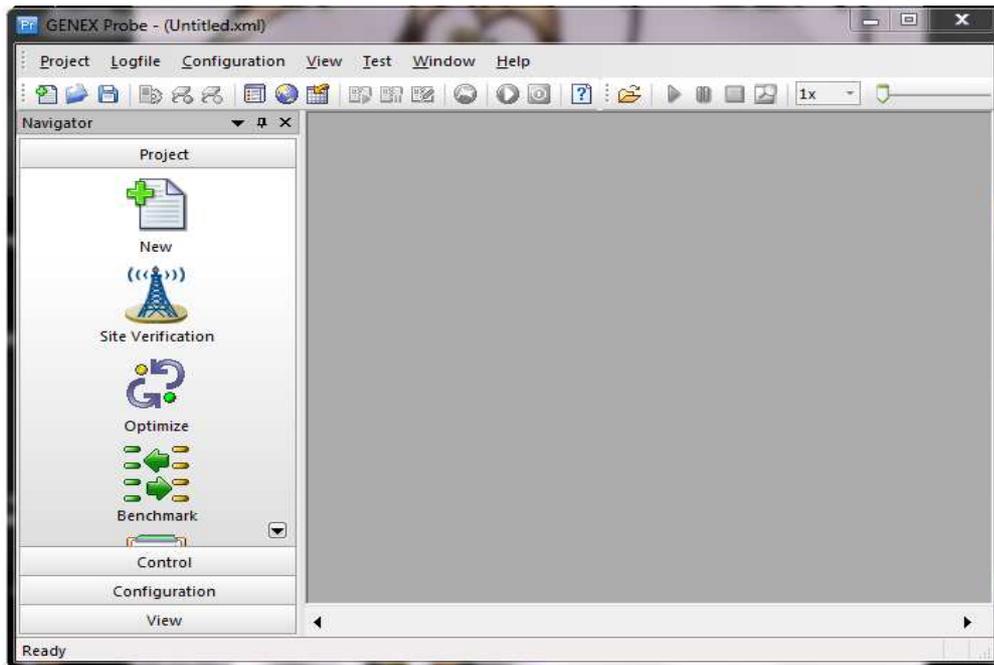


Figure 50. Interface du logiciel GENEX PROBE

Ces logiciels sont utilisés par l'entreprise chinoise HUAWIE, durant notre stage nous avons visité cette entreprise, mais malheureusement nous n'avons pas pu les avoir car ce sont des logiciels payés, ils nous ont donné seulement une idée générale sur ses fonctionnements, et son rôle principal.

Conclusion

La programmation que nous avons effectuée sur MATLAB nous a permis de mettre en valeur les différents modèles de propagation en se basant sur la nature de la zone, ainsi le dimensionnement des équipements du réseau, et dans ce cas on a pris comme un exemple la dira de BOUFARIK avec sa trois communes de nature différente (BOUFARIK, SOUMAA, et GUEROUAO), grâce à la variété énorme du population et l'emplacement des zone industrielles, les PME/PMI.....etc.

Les résultats obtenus ne sont pas définitifs notamment, on a négligé pas mal d'aspects dans le processus du dimensionnement et dans le fonctionnement du réseau (La mobilité des abonnés, la charge de signalisation...etc).

Conclusion générale

Le besoin de plus en plus urgent le service de la voix d'une part et de data d'autre part, incite plusieurs opérateurs dans le monde à tester des solutions d'accès suffisantes et à migrer leurs réseaux de transport vers des architectures évoluées. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'études, dans lequel, nous avons proposé le réseau EV-DO comme solution d'accès accessible.

Au terme de ce projet de fin d'études, nous avons tout d'abord mis en lumière les caractéristiques de la technique CDMA ainsi que la Boucle Locale Radio d'Algérie Telecom, puis nous avons précisé les astuces de planification ainsi que de dimensionnement d'un réseau CDMA2000.1x EV-DO.

Par ailleurs, à travers ce travail nous ne prétendons pas avoir couvert toutes les notions liées au domaine, mais bien sûr, nous avons essayé d'aller au long des notions dont nous avons eu réellement l'expérience pratique de proche ou de loin. Toutefois, le projet est toujours en cours d'élaboration, d'autres notions et connaissances nous attendent et encore d'autres outils dont dispose l'opérateur AT, attendent toujours l'expertise de nouveaux ingénieurs.

Ce stage nous a été très instructif, dans la mesure où il nous a permis de côtoyer le domaine professionnel, et d'enrichir nos connaissances théoriques et pratiques relatives au domaine des technologies d'accès radio. D'une part, il nous a permis de découvrir une nouvelle technologie « CDMA2000 » assez importantes dans le domaine de la télécommunication, d'autre part nous avons pu dimensionner une zone comme exemple en déterminant les équipements nécessaires pour le déploiement du réseau EV-DO.

ANNEXE A – Comparaison entre CDMA 1x et CDMA EV-DO

	CDMA2000 1x.EV-DO	CDMA2000 1x.
Multiple Access mode	Forward time division+code division, reverse code division	Forward reverse CDMA
Service characteristics	Support packet data service	Support both voice and packet data service
Peak forward rate	2.4576 Mbps	307.2 kbps
Chip rate /carrier	1.2288 Mcps / 1.25 Mhz	1.2288 Mcps / 1.25 Mhz
Encoding code	Turbo coding	Convolutional coding and turbo coding
Modulation mode	Forward QPSK, 8-PSK and 16-QAM, reverse BPSK	Forward QPSK and HPSK
Frame length	26.667 ms	5 ms, 20 ms, 40 ms, 80 ms
Power control	Forward link: transmit with maximum power and there is no power control. Revers link:open and close loop power control	Forward link: closed loop power and fast forward power control. Revers link:open and close loop power control
Handoff	Forward link:virtual(softer)soft handoff Revers link: soft handoff,softer handoff and hard handoff	Both Forward link and Revers link: soft handoff, softer handoff and hard handoff.

Tableau 11. Comparaison entre la technologie CDMA2000 EV-DO et CDMA2000 1x

ANNEXE B – Comparaison entre WLL ET ADSL :

	ADSL	WLL
Vitesse de connexion	Avec ADSL, l'accès au réseau est quasi immédiat, ce qui permet un téléchargement des contenus multimédia à très grande vitesse et de haute qualité.	La technologie WLL offre une vitesse suffisante mais elle est toujours moins rapide que celle d'ADSL.
Le débit de la connexion	ADSL est la meilleure solution pour un accès à haut débit. Le débit de la connexion peut atteindre plusieurs Mégabit/s du réseau Internet.	Arrive jusqu'à 2.4576 Mbps.
Fiabilité	Le réseau de paires de cuivre entre l'utilisateur et le central téléphonique sur lequel est basée la technologie ADSL est l'une des structures les plus fiables au monde.	Transmission par FH fiable sauf dans le cas où il y a des obstacles.
Court-circuiter des monopoles filaires	Présente un des Inconvénients d'ADSL.	Pas de court-circuit car la transmission est par FH.
L'investissement économique	L'installation du réseau est très chère.	Les coûts d'installation d'émetteurs et de récepteurs radio sont très inférieurs à ceux engendrés par la construction d'un réseau filaire.
L'avenir appartient au sans fil	Nouvelle technologie plus développée appelé VDSL	Amélioration rapide.

Tableau 12. Comparaison entre la technologie WLL et ADSL.

ANNEXE C - Description et fonctionnement de la BTS 3606CE

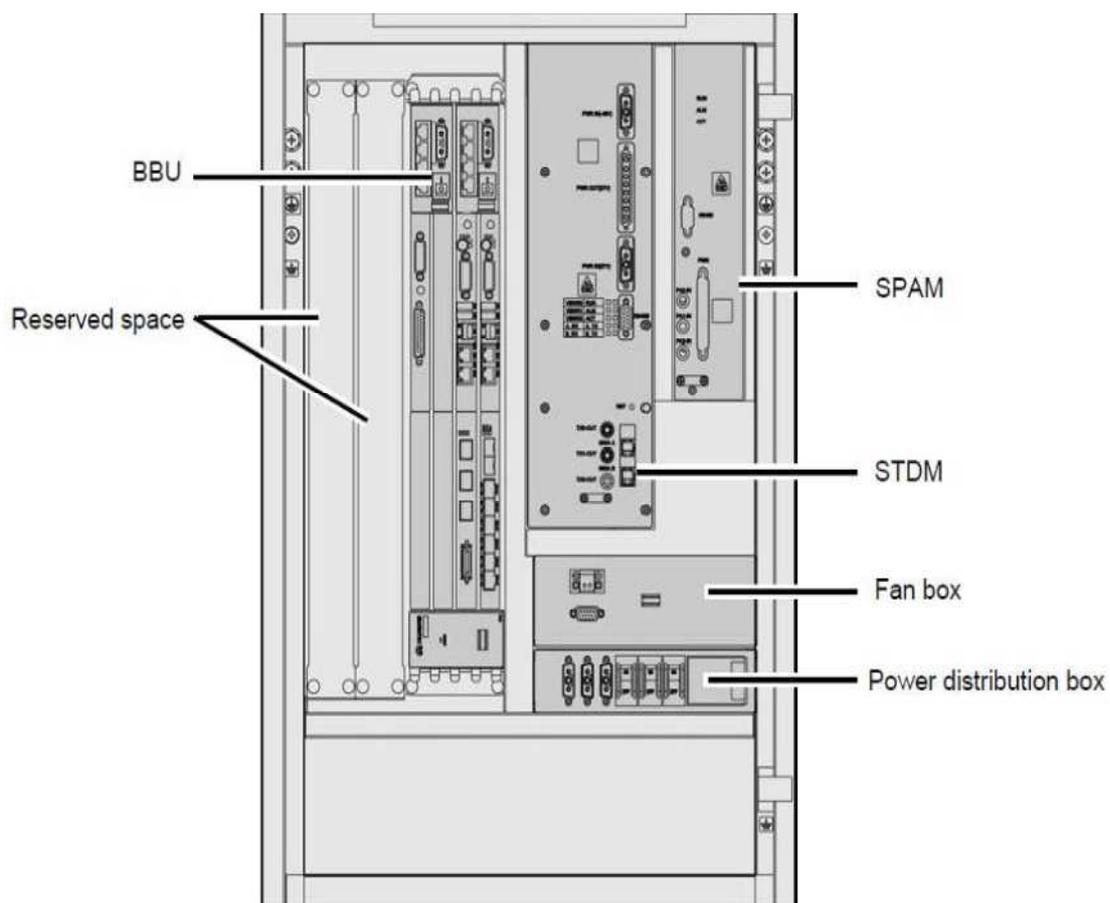


Figure 51. Description des composants de la BTS 3606CE

Composants	Description
SPAM	Amplifier le signal de sortie modulé RF par le STDM et surveille la puissance
STDM	Recevoir et envoyer des signaux radio pour établir la communication entre le réseau d'accès et le MS
FAN	Gérer les ventilateurs de la dissipation de la chaleur.
BBU3900	Améliorer la gestion des ressources, il effectue la maintenance et surveille l'environnement pour la BTS
DC-PDU	Module d'alimentation, il supporte une entree DC et plusieurs sorties DC

Tableau 13. Fonctions des composants principales de la BTS 3606CE

ANNEXE D– Architecture d'une station de base :

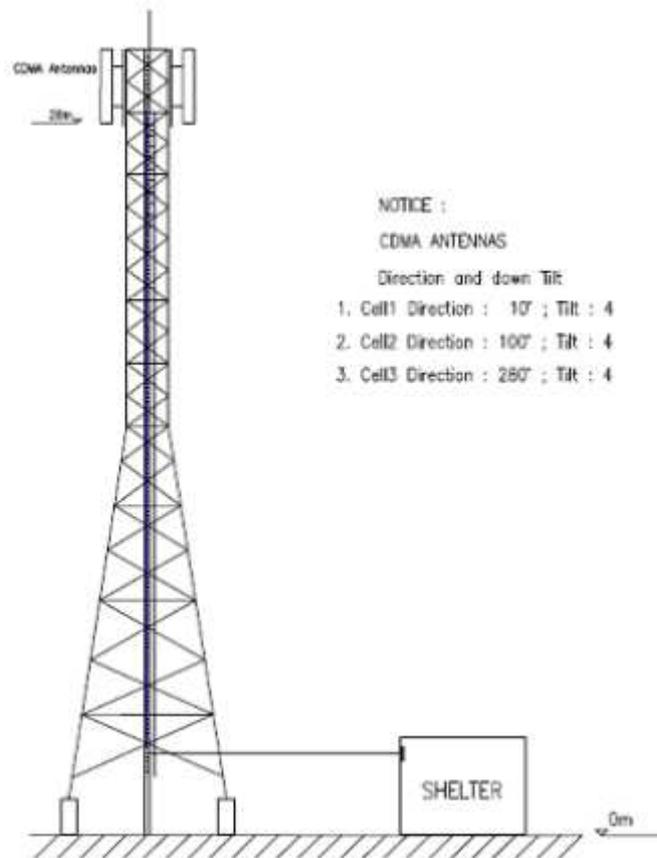


Figure 52. Antenne et Cabinet de la BTS.

ANNEXE E- BTS configurations

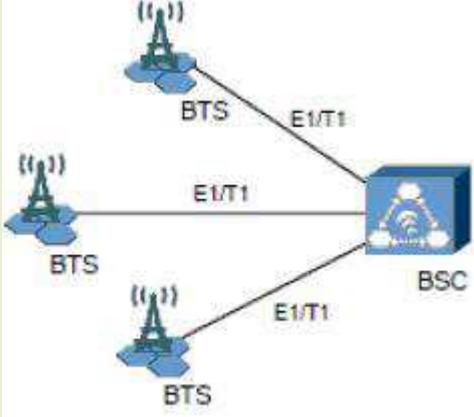
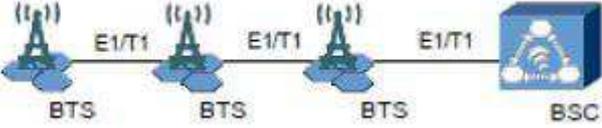
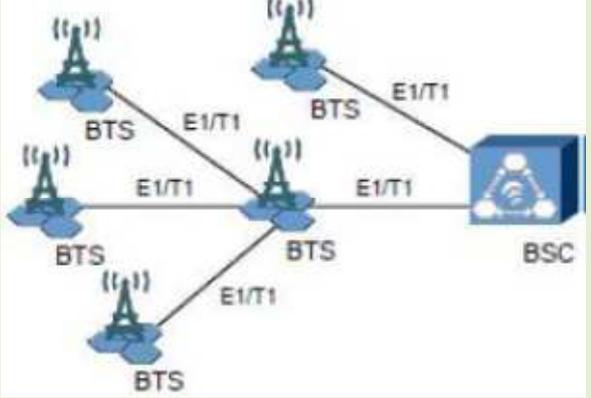
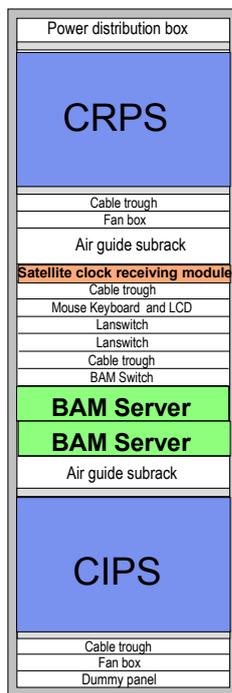
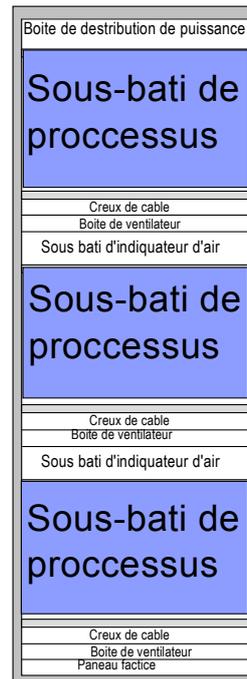
Caractéristiques	Configurations
<ul style="list-style-type: none"> • Applicable dans des occasions bien précises (milieux dense-urbains) • Lorsque un grand nombre d'abonné ou un trafic élevé dans tous les sites. • Facilité d'expansion et de maintenance. • Gourmande en termes de ressources en transmission 	 <p style="text-align: center;">Configuration en étoile</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Applicable dans la zone faiblement peuplées (suburbain) • On ne peut pas excéder trois BTS en série. • Optimisation des ressources en transmission. 	 <p style="text-align: center;">Configuration en chaîne</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Applicable dans des larges zones faiblement peuplées (milieux ruraux). • On ne peut pas excéder trois BTS en série. • Elle demande moins de ressources en transmission que celle en étoile 	 <p style="text-align: center;">Configuration en arbre</p>

Tableau 14. Différentes configurations des BTS

ANNEXE F- Description du BSC :



**Cabinet de
Contrôle**



**Cabinet de
service, utilisé
pour plus que
10,000 abonnés**

Figure 53. Description du BSC.

ANNEXE G– Description des racks du BSC :

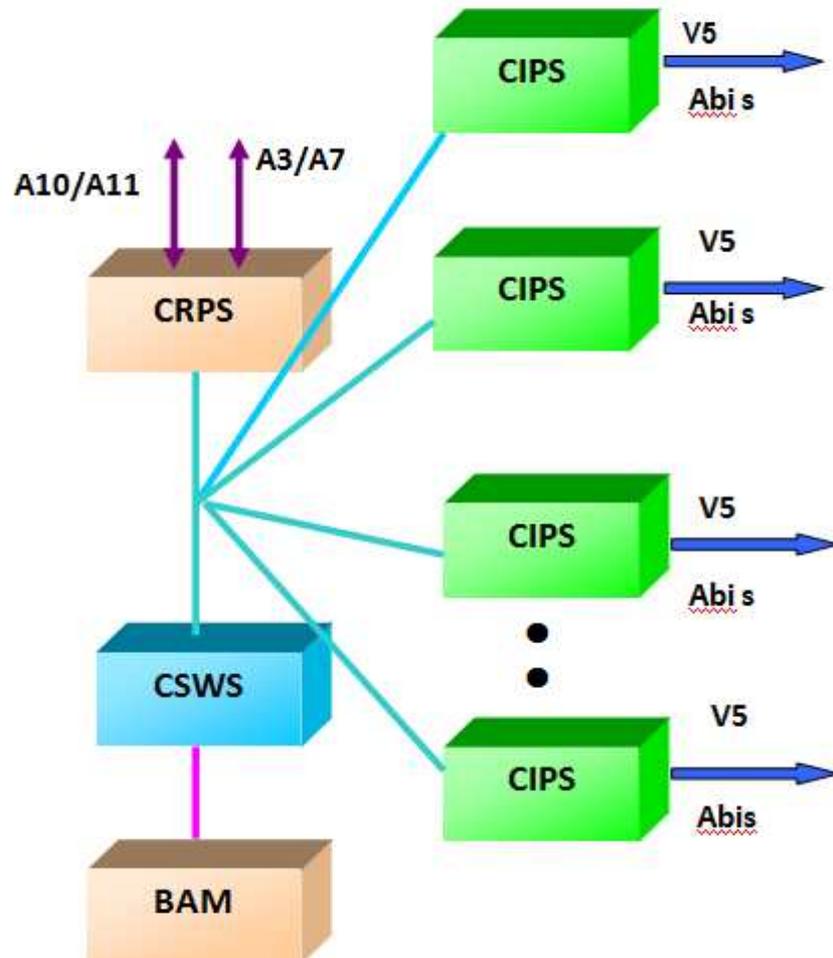


Figure 54. Description des racks du BSC

ANNEXE H – Exemple d’une architecture HUAWIE WLL EV-DO d’Algérie télécom:

Cas du centre d’AISSAT IDIR :

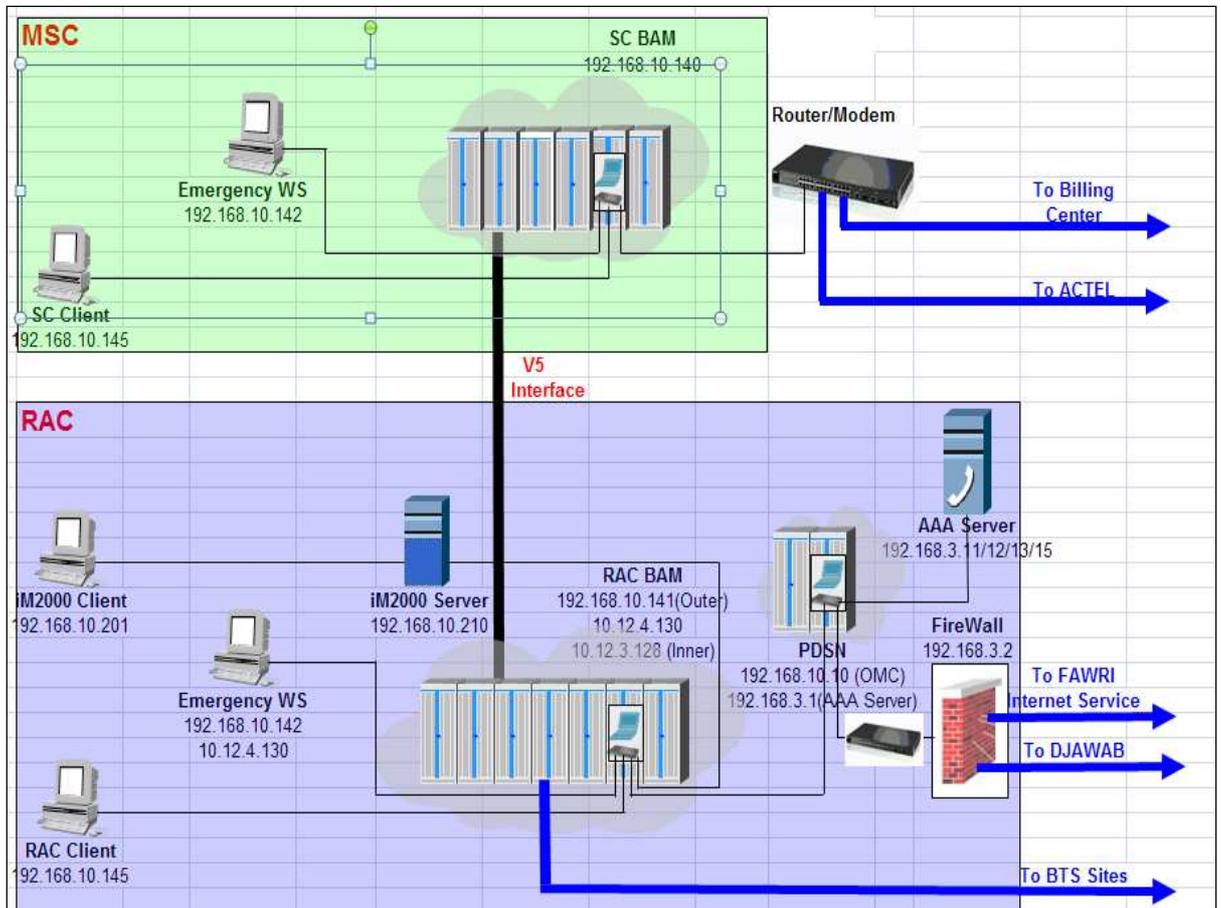


Figure 55. Architecture du réseau WLL EV-DO d’AISSAT IDIR.

Bibliographies

- [1] **Ajay R. Mishra**, "Fundamentals of cellular network planning and optimization", John Wiley & Sons, Ltd, 2004.
- [2] **J AUVRAY**, "Systèmes électroniques", Université Pierre ET Marie Curie IST SETI, 2000-2001.
- [3]" Introduction to cdma2000 Standards for Spread Spectrum Systems", Version 2.0. September 6, 2005.
- [4] **Mr. NIANG Souleymane et Mr. THIAM Oumar**, " Etude, planification et optimisation d'un réseau CDMA (Étude du cas WLL CDMA d'AT) ", 2007.
- [5]" Intuitive Guide to Principles of Communications" www.complextoreal.com
- [6] **Hsiao-Haw Chen**, "The Next Generation CDMA Technologies", John Wiley & Sons, Ltd, 2007.
- [7]" Proceedings of the IEEE", Feb. 2004, vol. 92, no. 2, pp. 271-294.
- [8] **Huawei Technologies**, "The Operator CDMA2000 1xEV-DO Wireless Broadband Network Planning Proposal".
- [9] **Zhang Tingji**, " 1x EV-DO Rev A coverage planning" (Huawei documents).
- [10] **Mle KOUADRI Houari et Mr BESSADOK Houria**, "Planification cellulaire", 2005.
- [11] **Jonathan GILLES**, "LA BOUCLE LOCALE RADIO", 2006.
- [12] **Mle NAOUFAL MZALI Mr. MAROUANE ZBAT**, "Adaptation des BTS 3606CE pour le déploiement du Réseau CDMA2000 De Maroc Telecom ", 2010.

[13] documentation d'Algérie Telecom.

[14] Documentation de Huawei,"CDMA2000 Principe (NSS) ISSUE1.2", 2009.

[15] **Guy Pujolle**, "les réseaux édition", 2008.

[16] **Mr. Akkari Ramzi**, "Etude et déploiement d'un réseau EV-DO dans un concept IMS, Thèse ingénieur", 2007.

[17]"Operator X – Huawei CDMA2000 1xEV-DO", Test Report, 2009.