

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou



Faculté de Génie Electrique et Informatique

Département d'Electronique

Mémoire de fin d'études

*Présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat
en Electronique option communication*

Thème :

*Dimensionnement et Déploiement d'un Réseau
CDMA 2000 1X EV-DO (Région Beni Douala).*

Proposé et dirigé par :

Mr: AIT BACHIR Youcef

Co promoteur:

BERCHICHE Malik

Réalisé par :

Mr: BOUCHEMMA Djamel

Mr: BEHDAD Rachid

Promotion: 2009/2010

Remerciements :

Nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements à notre promoteur M. Aït Bachir, qui nous a aidés tout au long du travail.

Un grand merci à notre Co-promoteur M. BERCHICHE (Algérie Telecom) pour ses encouragements et ses orientations qui nous ont beaucoup aidés au cours de notre projet.

Nous sommes aussi reconnaissants à M. FALI (Algérie Telecom) qui nous a aussi soutenu.

Nous tenons à remercier également nos amis (es) et nos familles pour leurs aides considérables.

Dédicaces :

*Je dédie ce modeste travail à mes parents
pour leurs sacrifices et leurs encouragements.*

*A ma sœur, à mes deux frères ainsi que mes
cousins et cousines.*

A mes grands-parents, mes oncles et tentes.

*A tous mes amis (es) et à tous mes camarades
de la promotion.*

(Rachid).

Dédicaces :

Je dédie ce modeste travail à mes parents qui m'ont soutenu au long de ce travail.

A mes deux grands-mères.

A mes sœurs ; mes oncles et mes tentes, sans oublier le petit « Moumouh ».

A mon meilleur ami SAMIR et aussi sans oublier mon binôme RACHID.

A tous mes amis (es) et mes camarades de la promotion en particulier KARIMA.

A tous ceux qui ont contribué à la réussite de ce travail de près ou de loin.

(Djamel).

Sommaire :

Introduction générale.

CHAPITRE I : présentation des réseaux sans fil.

Introduction	1
I.1. Définition d'un réseau sans fil.....	1
I.2. Classification des réseaux sans fil	1
I.2.1. Les réseaux WPAN.....	2
I.2.2. Les réseaux WLAN	4
I.2.3. Les réseaux WMAN	6
I.2.4. Les réseaux WWAN	7
Conclusion	11

CHAPITRE II : Etude de la boucle locale radio (WLL).

Introduction.....	12
II.1. Généralités.....	12
II.1.1. Les différents supports de transmission	12
II.1.2. Paramètres fondamentaux d'une antenne.....	14
II.1.3. Propagation en espace libre	15
1. Mécanismes de propagation	15
2. Les Multi-trajets	16
3. Le down tilting	17
II.2. Définition de la boucle locale radio (WLL).....	18
II.2.1. Les avantages du WLL.....	18
II.2.2. Caractéristiques de la boucle locale radio (WLL).....	18
II.2.3. Architecture du système WLL	19
1. la station mobile (MS)	20
2. Le sous système radio (BSS)	20
3. Sous Système de Commutation Mobile (MSS).....	22
II.2.4. Les interfaces entre les différentes entités du système WLL.....	25
II.2.5. Les modes du multiplexage	26
1. Mode multiplex.....	26
a. Accès multiple par répartition de fréquences (FDMA).....	27
b. Accès multiple par répartition dans le temps (TDMA).....	27
c. Accès multiple par étalement spectrale (CDMA).....	28

Sommaire :

2. Mode duplex.....	29
<i>a-</i> Division duplex par fréquence (FDD).....	29
<i>b-</i> Division duplex par temps (TDD)	29
II.2.6. Technique d'étalement du spectre	30
1. Etalement du spectre par séquence directe	30
2. Etalement de fréquence par saut e fréquence (FHSS).....	32
3. Etalement du spectre par saut de temps (THSS)	34
Conclusion.....	34
CHAPITRE III : Etude de la technologie EV- DO.	
Introduction.....	35
III.1. Evolution du CDMA.....	35
III.1.1. La norme IS 95.....	35
III.1.2. Le CDMA 2000 1X.....	35
III.1.3. Le CDMA 2000 1X EV-DO.....	36
III.1.4. Le CDMA 2000 1X EV-DV	36
III.2. Etudes de la technologie CDMA 2000 1X EV-DO.....	36
III.2.1. Structure du réseau 1X EV-DO.....	37
III.2.2. Les différentes interfaces d'EV-DO.....	38
III.2.3 Structure des canaux 1X EV-DO	39
➤ Les canaux physiques	39
➤ Les canaux logiques	39
1. Le canal descendant	40
- Structure en Slot du canal descendant.....	43
- Le résumé des étapes de sélection du meilleur secteur serveur	44
2. Structure du canal montant	45
III.2.4. Demande de retransmission automatique Hybride (HARQ).....	47
III.2.5. Modulation et codage adaptifs (AMC)	48
III.2.6. Acheminement du service dans le système 1X EV-DO	49

Sommaire :

1) Allocation d'adresse pour le terminal AT	49
2) Installation de l'appel	50
3) Fermeture de l'appel	52
III.2.7. Le Handoff en EV-DO.....	53
1- Handoff dormant entre AN-AN.....	53
2- Le terminal AT est à l'état dormant (inactif).....	54
3- Le terminal AT est à l'état actif.....	56
III.2.8. Différence entre CDMA 2000 1X EV-DO et CDMA 2000 1X	59
Conclusion	60
CHAPITRE IV : Planification d'un réseau WLL.	
Introduction.....	61
IV.1. Couverture cellulaire.....	61
IV.1.1. Présentation des cellules.....	61
IV.1.2. Paramètres fondamentaux	62
IV.1.3. Les différentes atténuations.....	65
IV.1.4. Les modèles de propagation.....	66
IV.2. La planification cellulaire	68
IV.2.1. Définition de la planification	68
IV.2.2. Importances et objectifs de la planification	68
IV.2.3. Résultat du processus de planification	69
IV.2.4. Etapes du processus de la planification	69
1. Planification de la partie radio.....	70
2. Planification de la partie fixe	73
IV.2.5. Optimisation et maintenance du système.....	75
IV.2.6. Dimensionnement du réseau	75
a- phase d'initialisation	76
b- Le bilan de liaison.....	77
c- Estimation du rayon de la cellule	80
d- Déploiement du réseau	82

Sommaire :

Conclusion	82
CHAPITRE V : dimensionnement et déploiement d'un réseau EV-DO	
V.1. Description du projet	83
V.2. Description de la région	83
V.3. Description du logiciel	83
V.4. Calcul de la superficie de la zone à couvrir	84
V.5. Processus de dimensionnement du réseau	85
V.5.1. Phase d'initialisation	85
V.5.2. Bilan de liaison	86
a. Bilan de liaison pour le lien descendant	87
b. Le bilan de liaison pour le lien montant	88
V.5.3. Calcul du rayon de la cellule	89
V.5.4. Estimation du nombre de sites	90
V.6. Déploiement du réseau EV-DO	90
V.6.1. Gestion du modèle CDMA 2000 EV-DO	91
V.6.2. Localisation des sites	92
V.6.3. Prédiction et simulation des paramètres du réseau.....	95
a- Carte de couverture par émetteur	95
b- Carte d'analyse e réception pilote (E_c/I_0).....	96
c- Carte de zone de recouvrement (zone over lapping)	97
V.7. Rattachement des cellules vers le BSC.....	100
Conclusion	100
Conclusion générale.	
Annexe.	
Glossaire.	
Bibliographie.	

Introduction générale :

Au cours de ces dernières années, l'essor des communications cellulaires a été spectaculaire avec le nombre d'abonnés croissants et les exigences techniques (débit, service,...). Les technologies radio sont apparues comme des solutions alternatives intéressantes à la boucle locale filaire traditionnelle. Actuellement cette technologie devient une solution de rechange aux raccordements filaires, en permettant un déploiement rapide et une offre de services perfectionnée ; voix, internet haut débit et vidéo conférence.

Le besoin d'un débit important de données a poussé les opérateurs à introduire la technologie 1x EV-DO dans leurs systèmes WLL. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre projet de fin d'études ayant pour objectif de proposer et de simuler une solution d'accès internet à haut débit allant jusqu'à 2.4 Mbps (1X EV-DO) pour la région de Beni Douala via le réseau de l'opérateur Algérie Telecom.

Nous avons réparti notre travail comme suit :

Nous commençons dans le premier chapitre à présenter en général les réseaux sans fils. Dans le deuxième chapitre nous présentons la boucle locale radio (WLL), son architecture et ses différentes interfaces. La technologie 1X EV-DO fait l'objet d'une étude dans le troisième chapitre. Enfin, la planification et le dimensionnement sont introduits dans le quatrième chapitre. Et qui seront exploités par la suite dans le cas pratique qui porte sur le déploiement et simulation d'un réseau 1X EV-DO sous le logiciel ATOLL pour la région de Beni Douala.

..

Introduction :

L'évolution des technologies de l'information et de la communication et le besoin croissant de mobilité ont donné naissance aux réseaux sans fil, qui utilisent comme support de transmission les ondes hertziennes.

Les réseaux sans fil sont actuellement en évolution de la première génération (analogique), vers la troisième génération (numérique).

L'arrivée du multimédia et le besoin de communiquer à tout moment quelque soit l'endroit où on se situe, a conduit au développement des systèmes de troisième génération.

I.1. Définition d'un réseau sans fil :

Un système est dit sans fil, s'il propose un service de communication totalement indépendant des connexions filaires. C'est pour cela son concept est étroitement lié au support de transmission (ondes hertziennes).

C'est un réseau dans lequel au moins deux (02) terminaux peuvent se communiquer sans liaisons filaires. Un utilisateur peut rester connecté tout en se déplaçant dans un périmètre géographique plus au moins étendu (mobilité).

I.2. Classification des réseaux sans fil :

De manière générale, les réseaux sans fils sont classés selon leur étendue géographique en quatre principales catégories illustrées dans la figure I.1. ces dernières sont normalisées par un certain nombre d'organismes parmi lesquels nous citons l'ISO (international standardisation organisation), l'IEEE (Institute of electrical and electronics engineers) et l'ETSI (european telecommunication standards Institute).

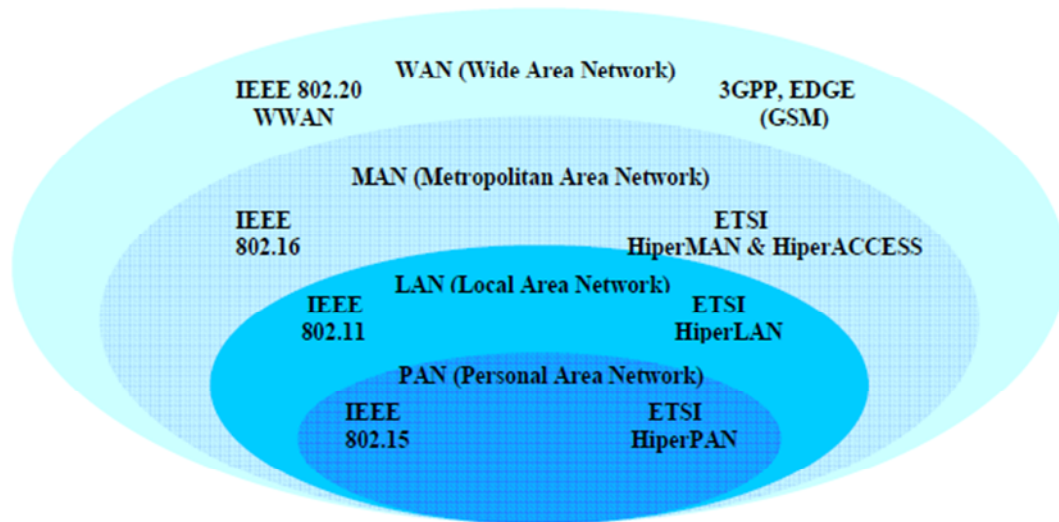


Figure I.1 : Classification des réseaux sans fil selon l'étendue géographique

I.2.1. Les réseaux WPAN (Wireless Personal Area Network) :

Ces réseaux personnels sans fil regroupent les technologies suivantes :

Technologie	Norme	Débit théorique	Portée (m)	Bande de fréquence (GHz)	Observation
Bluetooth	IEEE 802.15.1	1 Mbits/s	Une trentaine	2,4 – 2,4835	Bas prix - L'émission de puissance dépend de la réglementation
HomeRF	Consortium (Intel, HP, Siemens, Motorola et Compaq)	10 Mbits/s	50	2,4 – 2,4835	Permet de relier des PC portables, fixes et d'autres terminaux.
ZigBee	IEEE 802.15.4	20 – 250 kbits/s	100	2,4 – 2,4835	- Très bas prix, - Très faible consommation d'énergie.

Tableau I.1 : les réseaux WPAN.

a. Le Bluetooth :

Est une spécification de l'industrie des télécommunications, appelée aussi norme IEEE 802.15.1. Elle utilise une technique radio courte distance destinée à simplifier les connexions entre les appareils électroniques.

Elle a été conçue pour remplacer le câble entre les ordinateurs et leurs différents périphériques (scanner, imprimante, clavier, souris, téléphones portables,...).

La couche radio est gérée par le matériel, et contrôle la liaison physique entre deux (02) appareils en s'occupant de l'émission et la réception des ondes radio.

b. ZigBee :

ZigBee dit aussi norme IEEE 802.15.4, est un protocole de haut niveau permettant la communication de petite radio à consommation réduite pour les réseaux à dimensions personnelles.

Cette technologie a pour but la communication à courte distance telle que la propose déjà la technologie Bluetooth. Tout en étant moins cher et plus simple.

La spécification initiale du ZigBee propose un protocole lent dont le rayon d'action est relativement faible. Mais dont la fiabilité est assez élevée, le prix de revient faible et la consommation considérablement réduite.

c. Home RF :

Est une spécification de réseaux sans fil permettant à des périphériques domestiques d'échanger des données entre eux.

Home RF utilise la technique de frequency hopping spread Spectrum (FHSS) dans la bande de fréquence de 2.4 GHz avec un débit maximum de 100 Mbit/s.

La distance entre deux points d'accès est de 50m. Elle permet d'échanger à la fois des signaux provenant des téléphones traditionnels et des données numériques, permettant par exemple aux ordinateurs portables et aux téléphones portables d'utiliser la même bande de fréquence.

I.2.2. Les réseaux WLAN : (*Wireless Local Area Network*)

Ce sont les réseaux permettant de couvrir l'équivalent d'un réseau local d'entreprise, soit une portée d'environ une centaine de mètres.

Ils permettent de relier entre eux des terminaux présents dans la zone de couverture. Ces réseaux sont en général circonscrits à un bâtiment ou un groupe de bâtiments pas trop éloignés les uns des autres (campus, usine,...). Ils sont gérés localement par le personnel informatique. Ils englobent les structures suivantes :

Technologie	Norme	Débit (Mbits/s)	Portée (mètres)	Bande de fréquence (GHz)	Observation
Wifi	IEEE 802.11	2 - 54	35 -50 (indoor) des centaines (outdoor)	2,4 – 2,4835 5	Elle comporte plusieurs déclinaisons IEEE 802.11 a/b/g
HiperLAN 1	ETSI	19-20	50	5	La vitesse de déplacement de l'utilisateur ne peut excéder 10 m/s - Permet d'accéder aux réseaux ATM
HiperLAN 2		25	200		
DECT		2	300		

Tableau I.2 : les réseaux WLAN.

a) HiperLAN :

High performance Local Area Network est une proposition Européenne issue de l'organisme de normalisation ETSI, dont le but est de créer des environnements sans fils à haut débit. Ces environnements doivent être flexibles et permettent une communication de mobile à mobile. On distingue deux (02) types de ce réseau :

- **Hyper Lan 1** : utilisé à l'intérieur des bâtiments avec une bande de fréquence (5.1-5.3) GHz sur des distances de l'ordre de 50m.
- **Hyper Lan 2** : il permet d'accéder aux réseaux ATM dans les entreprises avec des distances de 200m, et un débit de 25Mbit/s.

b) DECT : (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*)

La technologie DECT est utilisée largement au début du 21^{ème} siècle pour les téléphones sans fil grand public en Europe et a supplanté les technologies analogiques utilisées en fin du 20^{ème} siècle.

Le DECT est une norme de téléphonie sans fil numérique destinée aux particuliers comme aux entreprises sur la gamme de fréquence (1880-1900) MHz.

Cette technologie dans son ensemble étant très ouverte, un certain nombre de profils sont définis pour assurer l'interfonctionnement des équipements.

Depuis 2008, de nouveaux modèles de téléphones DECT sont disponibles sur le marché. Ils diminuent la puissance électrique en diminuant l'intensité des échanges radio.

c) Wifi :

C'est une technologie qui permet de relier plusieurs appareils informatiques sans fil. Cette technologie est gérée par la norme IEEE 802.11.

Grace au wifi il est possible de créer des réseaux locaux sans fil à haut débit. Dans la pratique, ce réseau permet de relier des ordinateurs portables, des machines de bureau et des assistants personnels.

Pour un usage informatique d'un réseau wifi, il est nécessaire de disposer au minimum de deux (02) équipements wifi, par exemple, un ordinateur et un routeur wifi. L'ordinateur doit être équipé d'une carte wifi, qui contient une antenne et des pilotes qui permettent de faire fonctionner cette carte.

Les types, nombres, débit et distances entre les équipements varient en fonction de détails techniques spécifiés dans un logiciel.

I.2.3. Les réseaux WMAN : (*Wireless Metropolitan Area Network*)

Ce sont des réseaux qui recouvrent partiellement ou totalement la superficie d'une ville, et on trouve :

Technologie	Norme	Débit (Mbits/s)	Portée (km)	Bande de fréquence (GHz)	Observation
Wi Max	IEEE 802.16	70	50	1-66	Permet le raccordement des hots spots Wifi pour l'accès à Internet - Techniques d'accès TDMA Comporte plusieurs déclinaisons

Tableau I.3 : Les réseau WMAN

a- Wi MAX :(*Worldwide Interoperability for Microwave Access*)

Est une famille de normes (**IEEE 802.16**) dont certaines sont encore en chantier. Elles définissent les transmissions de données à haut-débit, par voie hertzienne.

Le Wi Max utilise plusieurs technologies de diffusion hertziennes destinées principalement à une architecture "point-multi-point" : un ou plusieurs émetteurs/récepteurs centralisés couvrent une zone où se situent de multiples terminaux.

Il procure des débits de plusieurs dizaines de mégabits/seconde sur une zone de couverture portant sur quelques dizaines de kilomètres au maximum. Le Wi MAX s'adresse notamment au marché des réseaux métropolitains, mais également aux secteurs ruraux qui n'ont pas d'infrastructure téléphonique filaire exploitable.

Le Wi MAX réunit donc plusieurs standards, tous à des états d'avancement différents. Et aussi qui travaillent dans des bandes de fréquences différentes, allant jusqu'à 66 GHz, selon leur mode d'utilisation.

La couverture et les débits pouvant être offerts, le caractère de mobilité promis à terme ainsi que les coûts industriels et d'installations réduits, ouvrent la voie à de nombreuses applications pour le Wi MAX.

1.2.4. Les réseaux WWAN : (*Wireless Wide Area Network*)

Ce sont des réseaux à grande étendue géographique atteignant l'équivalent d'un pays. Leurs caractéristiques sont citées dans le tableau I.4, et sont comme suit :

a. GSM :

Global System for Mobile ; est une norme numérique de seconde génération, pour la téléphonie mobile. Elle a été mise au point sur la gamme de fréquence 900 MHz, puis 1800 MHz. Deux autres variantes, en 850 MHz et 1900 MHz sont également utilisées.

La bande 450 MHz est en voie de développement aujourd'hui, elle offre un débit important et un nombre d'abonnés assez élevé par rapport aux autres bandes. Cette norme est particulièrement utilisée en Europe, en Afrique, au moyen orient et en Asie.

Tel qu'il a été conçu, le système GSM est idéal pour les communications de type voix, il utilise la technique de partage en temps (TDMA).

Les clients peuvent soit acheter une carte prépayée, soit souscrire un abonnement. Le réseau GSM permet plusieurs services :

- La voix ;
- Les données (fax, wap) ;
- Les messages écrits SMS et les messages multimédia MMS ;
- Le **cell broadcast** (qui permet d'envoyer le même SMS à tous les abonnés à l'intérieur de la cellule) ;
- Les services supplémentaires (renvois d'appel, présentation du numéro) ;
- Les services à valeurs ajoutées (localisation, météo, consultation de compte bancaire).

b. GPRS :

General Packet Radio Service, est une norme pour la téléphonie mobile dérivée du GSM permettant un débit de données plus élevé environs 50 kbps. On le qualifie souvent de 2.5 génération. Il ajoute par rapport au GSM la transmission par paquets. Cette méthode est plus adaptée à la transmission de données.

Le GPRS permet de fournir une connectivité IP constamment disponible à une station mobile (MS). Mais les ressources radio sont allouées uniquement lorsque des données doivent être transférées, ce qui permet une économie des ressources radio.

Contrairement à une communication vocale ou un - et un seul - intervalle temporel (time slot- TS) est alloué pour la transmission de la voix, dans une liaison GPRS, le nombre de TS peut varier entre deux (02) et huit (08) time slot par canal.

c. UMTS :

Universal Mobile Telecommunication System, est l'une des technologies de téléphonie mobile de troisième génération Européenne (3G). Elle est basée sur la technologie WCDMA. Cette technologie assure une compatibilité avec le standard GSM.

Les bandes de fréquences désignées pour ce système sont les suivantes :

- Duplex temporel TDD : 1885MHz-1920MHz (uplink) et 2010MHz-2025MHz (downlink).
- Duplex fréquentiel FDD : 1920MHz-1980MHz (uplink) et 2110MHz-2170MHz (downlink).
- Bandes satellites : 1980MHz-2010MHz (uplink) et 2170MHz- 2200MHz (downlink).

La bande passante d'un canal est de 5 MHz avec une largeur spectrale réelle de 4.685 MHz.

L'UMTS permet théoriquement des débits de transfert de 1.92 Mbps. Le débit diffère selon le lieu d'utilisation et la vitesse de déplacement de l'utilisateur :

- En zone rurale : 144 Kbps pour l'utilisation mobile (voiture, train ...)
- En zone urbaine : 384 Kbps pour une utilisation piéton,
- Dans un bâtiment : 2000 Kbps depuis un point fixe.

Grace à la vitesse accrue de transmission de données, l'UMTS apporte de nouveaux services tels que ; transfert de contenu multimédia (image, son et vidéo), la visiophonie, télévision, internet,... etc.

d. CDMA 2000 (WLL):

Le CDMA 2000 est le prolongement des réseaux de deuxième génération, fondé sur le multiplexage par code. Il descend directement de l'IS 95 avec lequel il est entièrement compatible. Ce type de réseau est utilisé par l'Algérie dans le système WLL que nous allons détailler dans les chapitres à venir.

e. EDGE :

Enhanced Data Rates for GPRS Evolution, est une norme de téléphonie mobile, une évolution du GPRS. Elle se révèle d'une part être un excellent complément de l'UMTS et d'autre part être la préparation et l'amélioration de l'offre de service. Les opérateurs cherchent une alternative moins coûteuse et l'une d'entre elles est l'EDGE, qui est présenté comme la 2.75 génération.

Le standard EDGE vise à optimiser la partie radio d'un réseau mobile sur la partie data (donnée) afin d'augmenter les débits principalement en voix descendante.

Le support de transmission est évidemment aérien. La propagation des ondes est dite par trajets multiples et elle subit de nombreuses atténuations.

La technologie EDGE peut théoriquement atteindre un débit de 473 Kbps. En pratique, le débit est fixé à 384 kbps. Le taux de transfert des données dépend non seulement de la modulation et du schéma du codage mais également de la qualité du lien et du temps de propagation.

La norme EDGE a l'avantage de pouvoir s'intégrer au réseau GSM existant.

f. IS 95 :

La version du CDMA la plus utilisée dans les réseaux de deuxième génération est l'IS 95 principalement en Amérique du nord. Cette norme sera définie brièvement dans le troisième chapitre.

Technologie	Norme	Débit	Portée (km)	Bande de fréquence	Observation
GSM	Européenne	9.6 Kbits/s	0.3 -30	[890-915] MHz [935-960] MHz [1710-1785] MHz [1805-1880] MHz	- Utilise une commutation de circuits Système très sécurisé
GPRS	Européenne	≤ 120 kbits/s	0.3 -30	[890-915] MHz [935-960] MHz [1710-1785] MHz [1805-1880] MHz	-Utilise une commutation de paquets - Prise en charge des applications de données à moyens débits - Utilise le protocole IP pour le formatage des données
UMTS	Européenne (ETSI)	≤ 2 Mbits/s	0.3 -30	2 GHz	- Offre un accès à Internet et à ses serveurs web - Supporte des applications audio et vidéo basse définition - Fonctionne en mode paquet et mode circuit
CDMA 2000	Américaine (TIA)	≤ 2.4 Mbits/s	0.3-30	2 GHz	Utilise la technique d'étalement de spectre
EDGE	Européenne	59.2 kbits/s	0.3 -30	2 GHz	-Utilise la commutation de Circuit
IS 95	Américaine	1,2288 Mchips/s	0.3-30	800-900 MHz 1800-1900 MHz	- Utilise la technologie CDMA

Tableau I.4 : les réseaux WWAN

Conclusion :

Avec les réseaux sans fil on peut résoudre beaucoup de problèmes liés à la transmission dans les systèmes de communication, en remplaçant les supports de transmission filaires par l'interface air (ondes hertziennes) et garantissant un gain en matière, un meilleur coût de déploiement et une facilité d'installation dans les zones difficile à accéder par la technique filaire.

Quelques de ces technologies citées dans ce chapitre sont exploitées pour la réalisation d'une boucle locale radio (WLL). Cette dernière sera illustrée dans le chapitre qui suit.

Introduction :

Historiquement le recours à la voix radio pour le raccordement d'abonnés a été Presque exclusivement réservé à la desserte d'habitats isolées ou difficile d'accès. Plus récemment, la boucle locale radio a été utilisée dans les pays à faible taux de pénétration téléphonique pour fournir rapidement et à moindre cout une infrastructure et un service téléphonique.

Ce n'est que dernièrement, avec l'évolution de la technologie et la perspective de la libéralisation des marchés des télécommunications que les technologies radio sont apparues comme des solutions alternatives intéressantes à la boucle locale filaire traditionnelle. Actuellement les technologies radio deviennent une solution de rechange aux raccordements téléphoniques filaires, en permettant un déploiement rapide et à cout raisonnable tout en offrant aussi des services perfectionnés que ceux proposés par les réseaux filaires ; voix, internet a haut débit et vidéo conférence.

II.1. Généralités :

En communication radio mobile, l'interface radio influence largement sur la qualité du 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.

Il est alors nécessaire d'étudier le mécanisme de propagation, qui nous conduira à porter notre regard sur les paramètres fondamentaux que sont les antennes et phénomènes optiques.

La connexion entre les différents blocs d'un système de communication est faite par des méthodes diverses en citant : l'espace libre, le câble coaxial, les paires torsadées, la fibre optique...etc.

II.1.1. Les différents supports de transmission :**a. Faisceau hertzien :**

Est un système de transmission de signaux (principalement utilisé en numérique aujourd'hui) bilatéral entre deux (02) points fixes qui utilise les ondes radioélectriques comme support de transmission, avec des fréquences porteuses de 1 GHz à 40 GHz.

Pour chaque liaison hertzienne, on définit deux (02) fréquences correspondantes aux deux (02) sens de transmission (montant et descendant).

De plus, sur l'ensemble du trajet parcouru par l'onde électromagnétique émise, il est impératif de veiller au dégagement de la liaison (relief, végétation, bâtiment...) interceptant le faisceau entraînant des pertes.

b. Le câble coaxial :

Dit aussi ligne coaxiale, est une ligne de transmission utilisée en haute fréquences, composée d'un câble à deux conducteurs. Le cœur est un fil en cuivre entouré d'un matériau diélectrique (isolant), qui est aussi à son tour entouré d'une gaine conductrice tressée appelée blindage, puis d'une enveloppe de matière plastique.

Ce type de câble est utilisé pour la transmission de signaux numériques ou analogiques à hautes fréquence dans divers domaines à citer :

- Entre une antenne TV et un téléviseur.
- Dans le réseau câblé urbain.
- Les liaisons interurbaines téléphoniques.
- Les réseaux de transmission de données.

Le câble coaxial est caractérisé par une impédance caractéristique et une constante d'affaiblissement.

c. Les paires torsadées :

Est une ligne de transmission formée de deux (02) fils conducteurs enroulés en hélice l'un autour de l'autre. Cette configuration a pour but de maintenir la distance entre les fils et déterminer l'impédance caractéristique afin de supprimer les réflexions des signaux (réduire les interférences).

Le blindage de la paire torsadée peut être appliqué individuellement aux paires ou à l'ensemble formé par celle-ci. De ce fait, on distingue différentes catégories de paires.

d. La fibre optique :

Une fibre optique est un fil en verre très fin qui a les propriétés de conduire la lumière, et sert dans les transmissions terrestres et océaniques de données à très longues distances.

Elle offre un débit d'informations nettement supérieur à celui des câbles coaxiaux et supporte un réseau large bande. Elle est constituée d'un cœur entouré de gaine. Le cœur de la fibre a un indice de réfraction légèrement plus élevé que celui de la gaine.

Il existe plusieurs types de fibre optique ; à saut d'indice et à gradient d'indice. Un câble de fibre optique contient en général plusieurs paires de fibres, chaque fibre conduisant un signal dans chaque sens.

Les principaux paramètres qui caractérisent les fibres optiques utilisées pour les transmissions sont ; l'atténuation, la dispersion et la non-linéarité. Selon les modes de propagation, on distingue les fibres optiques monomodes et celles multimodes.

II.1.2. Paramètres fondamentaux d'une antenne :

Pour réaliser une liaison radio électrique entre émetteur et récepteur, il est nécessaire de placer une antenne en chacun de ces deux points. Outre les aspects mécaniques, les principales caractéristiques d'une antenne sont les suivantes :

- Bande de fréquence de fonctionnement ;
- Impédance, elle est généralement de 50 ohm ;
- La puissance maximale admissible ;
- Le gain ;
- Le diagramme de rayonnement.

Les deux derniers paramètres définissent la façon dont l'antenne rayonne dans toutes les directions, ils sont très importants pour assurer une bonne couverture.

II.1.3. Propagation en espace libre :

La propagation des ondes électromagnétiques est un phénomène régi par les équations de Maxwell. Si le Modèle Théorique est relativement simple et bien maîtrisé, la propagation dépend :

- des caractéristiques du milieu ;
- des conditions aux limites ;
- de la position et de la nature des sources.

Dans la réalité la prévision de la Propagation sera perturbée par la complexité de l'environnement. La propagation des ondes pourra subir un guidage partiel ou total, mais aussi se faire par des trajets multiples pouvant causer des interférences ou subir des obstructions. Le phénomène de propagation des ondes en communication radio est en fait un moyen de transport dont l'efficacité est sporadique.

1. Mécanismes de propagation :

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

➤ *La réflexion :*

Le phénomène de 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.

➤ *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), selon la théorie de l'optique, 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 de façon continue.

➤ **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 croît avec la fréquence, ainsi que chaque milieu est caractérisé par sa raie d'absorption (par exemple la raie d'absorption de l'oxygène est à 60GHz) dans laquelle l'absorption est maximale.

➤ **Diffraction et diffusion :**

Les irrégularités du terrain (relief, végétation, bâtiment,etc) réduisent l'amplitude des coefficients du sol, du fait que l'énergie incidente au lieu d'être réfléchie 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.

2. Les Multi-trajets :

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

➤ **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 :

- Etalement de délai du signal reçu ;
- L'écart de phase qui crée des fluctuations rapides dans le niveau du signal appelées « fading de Rayleigh » ;
- La modulation de fréquence aléatoire due aux différents écarts Doppler sur différents trajets.

3. Le 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 est de diminuer au maximum les interférences, ce qui permettra d'obtenir des facteurs de réutilisation plus élevés. Le deuxième est d'éviter les trous de couverture dans les zones situées 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.

II.2. Définition de la boucle locale radio (WLL):

Une boucle locale réalisée à l'aide d'un lien radio est appelée « boucle locale radio » (BLR). et en Anglais « Wireless local loop » (WLL), ou encore « Wireless in the loop » (WITL).

Il n'est pas nécessaire d'utiliser un lien radio dans tout le chemin de l'abonné jusqu'au centre de communication pour réaliser la BLR. Le chemin radio est souvent utilisé dans la dernière partie de la boucle, le lien complet jusqu'au centre de commutation est réalisé moyennant d'autres liens qui peuvent être des câbles métalliques, des fibres optiques ou des faisceaux hertziens. Dans le cas de la BLR, les abonnés fixes sont munis d'antennes fixés dans la direction de l'antenne du point de distribution. Ce dernier peut servir plusieurs abonnés et la distribution s'appelle dans ce cas ; point à multipoints.

II.2.1. Les avantages du WLL :

La boucle locale radio présente plusieurs avantages pour les opérateurs des réseaux publics :

- La capacité d'atteindre des régions à accès difficile par câble (montagnes, déserts).
- Le coût de déploiement très faible comparé à celui des autres technologies.
- La flexibilité et la rapidité d'installation.
- Le faible coût de maintenance.
- La possibilité de profiter de la mobilité offerte par la radio.

II.2.2. Caractéristiques de la boucle locale radio (WLL) :

Plusieurs systèmes radio sont utilisés pour réaliser la BLR. Ces systèmes peuvent être des réseaux sans fils, des systèmes cellulaires utilisés pour la téléphonie mobile qu'il soit analogique (NMT, AMPS,...), ou numériques (GSM, CDMA2000,...), ou bien aussi des systèmes utilisant les hautes fréquences qui nécessitent une visibilité directe entre l'abonné et le point de distribution.

Ces systèmes diffèrent dans le mode de fonctionnement, la qualité vocale, la flexibilité et facilité de déploiement, la bande de fréquence et la capacité d'offrir des services multimédia.

Ces normes sont implémentées dans plusieurs technologies, généralement propriétaires. Le tableau II.1 regroupe les technologies les plus reconnues et la norme utilisée par chacune d'elles ainsi que leurs bandes de fréquences.

technologies	Société propriétaire	Norme utilisée	Bande de fréquences (MHz)
TANGARA-RD	SAT	CT2	864-868
TAWA	OMNIACOM	DECT	1880-1900
ALCATEL WLL	ALCATEL	DECT	1880-1900
CDMA 2000 WLL	HUAWEI, ZTE	CDMA 2000	869-894 824-849 1900

Tableau II.1 : « les normes utilisées dans le WLL ».

Cependant, le besoin exigeant de plus en plus en termes de services multimédia et par conséquent en débit de transmission de données ont poussé au développement de systèmes offrant d'une part une qualité vocale équivalente ou meilleure que celle de la boucle locale traditionnelle, et des débits de transmission assez élevés, satisfaisant les besoins multimédias des abonnés.

II.2.3. Architecture du système WLL :

Les composantes principales d'un réseau WLL (voir figure II.1) sont :

- La station mobile (MS) ;
- Le sous système radio (BSS) ;
- Le sous système réseau (MSS) ;
- Centre d'opération et de maintenance (OMC).

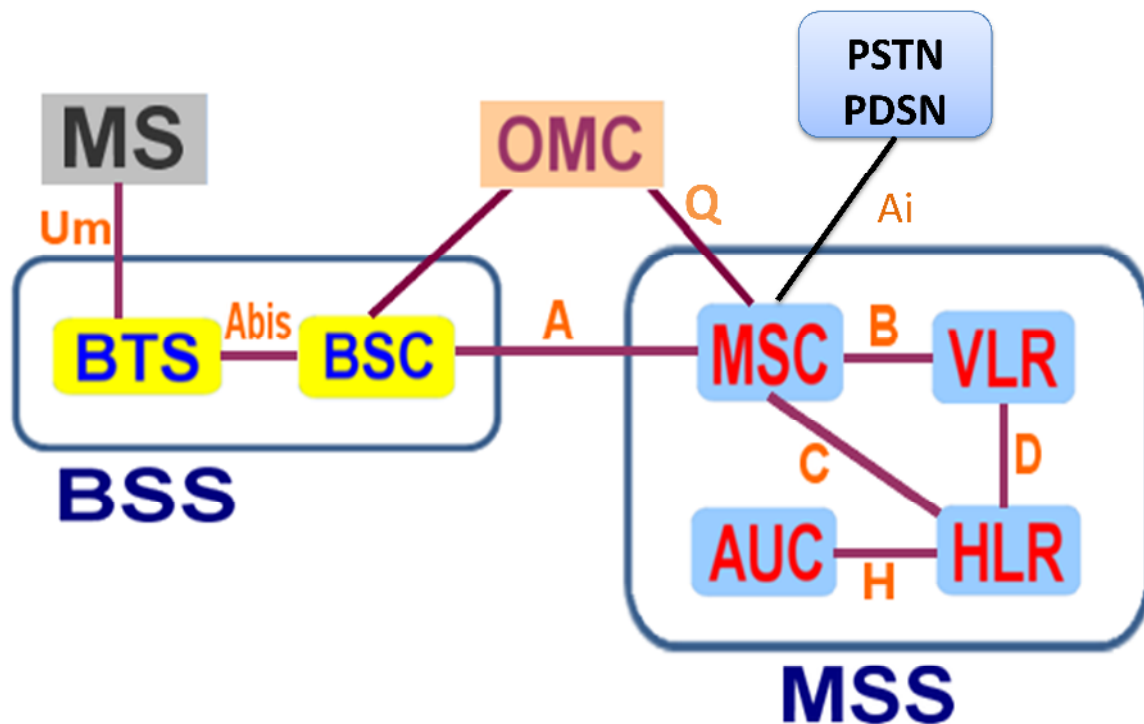


Figure II.2 : « architecture de la boucle locale radio ».

1. la station mobile (MS) :

Dans un système WLL, chaque abonné possède un terminal radio qui lui permet d'accéder au réseau de télécommunication, par l'intermédiaire d'une interface radio. Chaque terminal est muni d'une identité particulière.

Cet équipement assure les fonctions suivantes :

- protection des abonnements par réponse à la procédure d'authentification ;
- mesure des signaux émis par les cellules voisines, ce qui permet le handover ;
- conversion analogique/numérique de la parole ;
- protection et qualité de la transmission radio.

2. Le sous système radio (BSS) :

C'est la partie de communication radio du système de station de base. Elle est constituée de la station de base (BTS) et le contrôleur de station de base (BSC).

Ce sous système fournit une liaison entre la partie sans fil (radio) et la partie de commutation du réseau (fixe). Et a pour fonction la gestion des échanges des données par la voix hertzienne.

a) la station de base (BTS) :

La BTS est un ensemble d'émetteurs/récepteurs TRX. Elle gère les problèmes liés à la transmission radio (modulation, démodulation, codage correcteur d'erreur,...). Elle est aussi une station fixe qui gère simultanément plusieurs communications en même temps grâce au multiplexage. Elle fournit un point d'entrée dans le réseau aux abonnés. Elle est contrôlée par le BSC.

Le placement et le type des BTS déterminent la forme des cellules. La répartition géographique et le type de BTS utilisées jouent un rôle primordial pour évaluer la qualité du réseau.

Une station de base se compose de deux (02) parties essentielles :

➤ partie extérieure :

C'est l'ensemble des antennes fixées sur un pylône reliées par des câbles à la partie intérieure (le rack), qui ont pour rôle de transmettre et de recevoir des ondes électromagnétiques. On distingue différentes types d'antennes ; omnidirectionnelles et directionnelles.

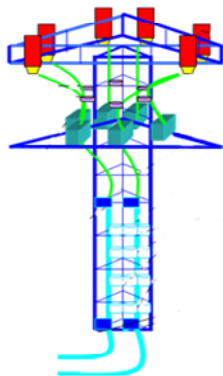


Figure II.2 : « la partie extérieure d'une station de base ».

➤ partie intérieure :

Appelée aussi rack de BTS, elle comporte plusieurs modules qui assurent la modulation, le codage et le multiplexage de l'information.

On peut distinguer trois types de station de base : rayonnante, ciblée et Micro BTS.

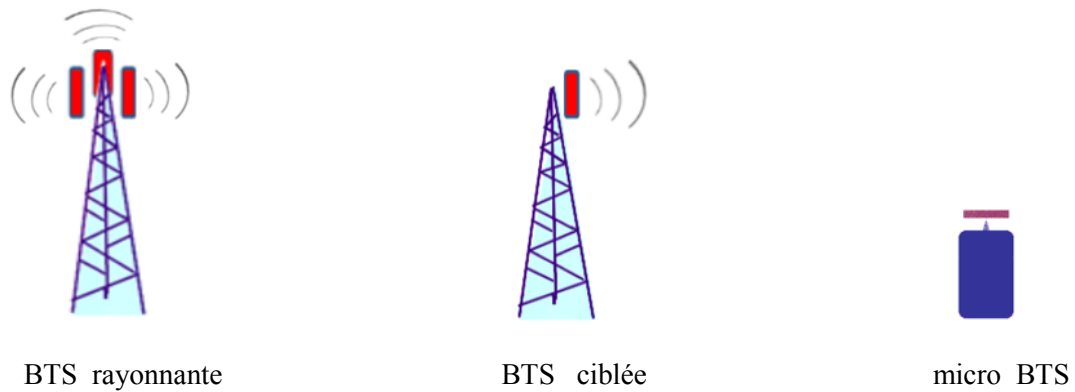


Figure II.3 : « différentes types de station de base ».

b) Contrôleur de station de base (BSC) :

Le contrôleur de stations de base est l'organe intelligent du sous-système radio. Il a pour fonction de gérer la ressource radio. Il contrôle la connexion et déconnexion des liens radio entre le MS et la BTS et fournit des fonctions telles que codage de la voix, transcoding, adaptation du débit et l'allocation des canaux. Le BSC utilise les mesures effectuées par la BTS pour contrôler la puissance d'émission du mobile de manière que la liaison soit toujours de bonne qualité. Il gère une ou plusieurs stations de base et alimente aussi leur base de données. Le BSC remplit le rôle de relais pour les différents signaux d'alarme destinés au centre d'exploitation et de maintenance.

En effet le contrôleur gère les transferts intercellulaires des utilisateurs dans sa zone de couverture en communiquant avec la nouvelle station de base qui va prendre en charge l'abonné pour lui communiquer les informations nécessaires, tout en avertissant la base de données locale (VLR).

3. Sous Système de Commutation Mobile (MSS):

Ce sous-système réseau est l'élément essentiel dans un réseau mobile et sans fil, le MSS et l'interface entre le réseau du CDMA et d'autres réseaux comme le PSTN. Il prend en charge toutes les fonctions de contrôle et d'analyse d'information contenus dans les bases de données.

Le sous système réseau est constitué des quatre unités suivantes :

- Centre de Commutation Mobile (MSC) ;
- Registre de Position du Visiteur (VLR) ;
- Registre de Position Locale (HLR) ;
- Centre d'Authentification (AuC).

a. Centre de Commutation Mobile(MSC) :

Le commutateur de service mobile est la partie cœur du réseau CDMA, il assure différentes tâches :

- l'interconnexion du réseau radio avec le réseau de télécommunication commuté public (RTCP) ;
- il est responsable de l'établissement, contrôlant et dégageant les connexions aussi bien que le routage des appels à l'utilisateur approprié ;
- il fournit les interfaces de réseau, la fonction de facturation et la fonction de traitement de signalisation ;
- MSC obtient des données pour la manipulation d'appel de 3 bases de données: VLR/HLR/AuC.

Pour acheminer un appel qui vient de l'abonné non-CDMA vers un abonné de CDMA, il faut d'abords passer par le GMSC (Gateway MSC). Ce dernier, interroge le HLR pour connaître le MSC où se trouve l'abonné de CDMA.

b. Registre de Position Locale (HLR) :

Ce registre est une base de données statique, quand un utilisateur adhère au service WLL, toutes les données concernant cet abonné (numéro de l'utilisateur, numéro réseau d'un abonné, profil de l'abonnement,...) seront sauvegardées dans le HLR. Cette base de données gère également la position courante de l'abonné puisqu'elle enregistre le numéro de la zone de localisation où il se trouve.

c. Registre de Position du Visiteur (VLR) :

Ce registre est une base de données dynamique utilisée par le MSC pour indexer les informations. Il contient temporairement des informations sur les abonnés qui visitent une région desservie par un MSC autre que celui auquel ils sont abonnés.

Ces informations proviennent du HLR auquel l'abonné est enregistré et indiquent les services auxquels l'abonné a droit.

On trouve aussi dans le VLR les paramètres suivants :

- Numéro d'abonné ;
- Identité de la zone de position ;
- Etat de l'utilisateur ;
- Les services que l'abonné peut utiliser.

Quand l'abonné quitte cette zone, il doit s'enregistrer dans un autre VLR, et l'ancien VLR effacera tous les données concernant cet abonné. Le VLR peut être construit ensemble avec le MSC ou être séparé.

d. Centre d'Authentification (AuC) :

Le centre d'authentification est un calculateur utilisé pour identifier les abonnés et empêcher les illégaux d'accéder au réseau du CDMA. Il peut générer un paramètre pour confirmer l'identité de l'abonné. Au même temps il peut coder les données de l'utilisateur selon une clé secrète.

L'AuC se compose de :

- Base de données sauvegarde (MIN, ESN, la clé d'authentification) ;
- Générateur d'un nombre aléatoire ;
- Algorithme.

L'AuC peut être construit avec ou séparé du HLR

e. Centre d'Opération et de Maintenance (OMC)

L'OMC fournit les services d'opération et de maintenance du réseau, il gère les informations des abonnés enregistrés et conduit la planification du réseau à améliorer l'efficacité et la qualité de service du système. Il gère notamment les alarmes, les pannes, la sécurité et le contrôle de la base de données.

L'OMC est basé sur les fonctions principales de maintenance, il existe deux types de centre d'opération et de maintenance: **OMC-S** et **OMC-R**. L'OMC-S est principalement Le responsable de la maintenance du MSS, par contre le OMC-R est principalement pour le BSS.

II.2.4. Les interfaces entre les différentes entités du système WLL :

Les interfaces sont les *points de connexion* entre deux entités adjacentes. Elles sont des composantes importantes du réseau, car elles assurent le dialogue entre les équipements et permettent leur inter fonctionnement. Elles sont citées comme suit :

a- interface air (Um) :

L'interface radio est localisée entre le terminal radio et la station de base (MS-BTS). Elle a pour fonction :

- Elle réalise la connexion physique entre le MS et le réseau de CDMA (c'est une liaison sans-fil), et transmet les informations de synchronisation ;
- Elle réalise la compatibilité entre tous types de MS et différente BTS.

b- interface Abis :

Elle permet de raccorder à distance une ou plusieurs BTS au BSC. Son rôle est de véhiculer les informations nécessaires au traitement des communications et à

c- Interface A :

C'est l'interface entre BSC et MSC, basée sur la liaison numérique 2.048 Mbps PCM. Elle est principalement utilisée pour transmettre les informations suivantes:

- Les informations de gestion du BSS ;
- L'exécution d'appel ;
- Gestion de mobilité.

d- Interface B :

Elle relie le MSC et le VLR, Le MSC transfère les informations de position de l'abonné en mouvement au VLR et obtient les données de l'abonné du VLR au moment d'installation d'appel via cette interface.

Généralement, le MSC et VLR sont construits ensemble, alors l'interface sera une interface interne et n'a pas de règles standards.

e- Interface C :

C'est l'interface entre le MSC et HLR. Elle est basée sur la liaison numérique 2.048Mbps PCM. Quand un MS est appelée, le MSC doit obtenir le message de routage du MS appelée du HLR à travers cette interface pour positionner le MS appelée, et selon les enregistrements, le HLR va faire retourner le message de routage (le numéro du MSC/VLR) au MSC.

f- Interface D :

C'est l'interface entre VLR le HLR, basée sur la liaison numérique 2.048Mbps PCM. Elle est utilisée pour échanger l'information de position de l'abonnée, l'information d'autorisation et donnée de service.

g- Interface E :

Cette interface relie deux MSC, c'est employé pour le changement de canal entre eux. Quand un abonné mobile transite d'un MSC à un autre durant la conversation, le MSC va exécuter le Handover pour maintenir la conversation des abonnés sans interruption. Dans ce cas, l'échange de donnée doit autre implémenter entre les deux MSCs.

h- Interface Q (X25) :

C'est l'interface qui relie d'une part l'OMC au sous système réseau (MSS) à travers le réseau de données. D'autre part, il relie le système OMC au sous système radio (BSS).

i- Interface Ai :

L'interface entre le MSC et le PSTN, utilisée pour le raccordement de voix d'établissement entre le PSTN et le PLMN.

II.2.5. Les modes du multiplexage :

Les trois principales méthodes utilisées pour se partager une même interface sont : la fréquence, le temps ou le code.

1. Mode multiplex :

Les méthodes multiplex sont employées pour diviser les ressources de fréquences limitées dans une cellule entre les différents abonnés et les stations mobiles à l'intérieur d'une cellule. On peut alors distinguer trois (03) différentes méthodes qui sont principalement employées aujourd'hui en citant :

- Accès multiple par répartition de fréquence (FDMA).
- Accès multiple par répartition dans le temps (TDMA).
- Accès multiple par étalement spectrale (CDMA).

a. Accès multiple par répartition de fréquences (FDMA) :

Divise la gamme de fréquences disponibles en canaux d'une largeur de bande spécifique (bande de fréquence). Durant toute la durée d'une communication, un abonné unique dispose d'une de ces bandes de fréquences sans restriction. Chaque abonné dans une cellule emploie donc une bande de fréquence différents des autres abonnés, de ce fait les bruits indésirables peuvent être évités.

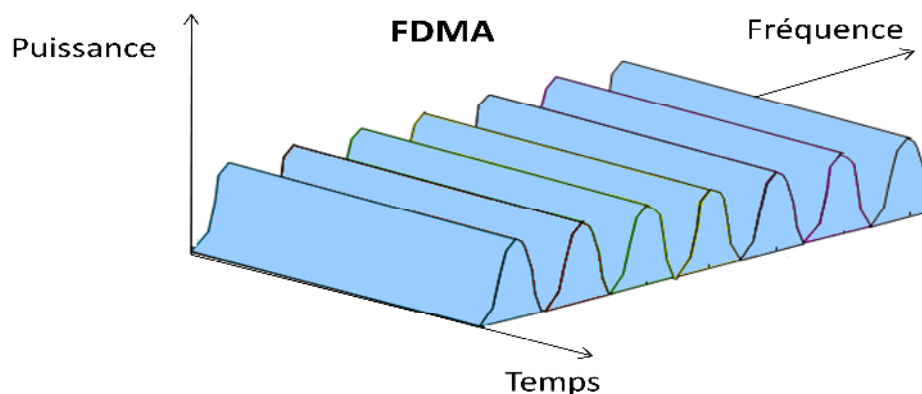


Figure II.4 : « Accès multiple par répartition de fréquences (FDMA) ».

b. Accès multiple par répartition dans le temps (TDMA) :

A la différence de la FDMA, une simple bande de fréquence est à la disposition d'un certain nombre d'abonnés avec TDMA. La bande de fréquences est divisée en trame de TDMA de longueur finie et chaque trame est divisée en n timeslots (T_s).

Chacun de ces n timeslots de la trame peut être assigné à un abonné différent. De cette façon une simple bande de fréquence peut contenir jusqu'à n abonnés.

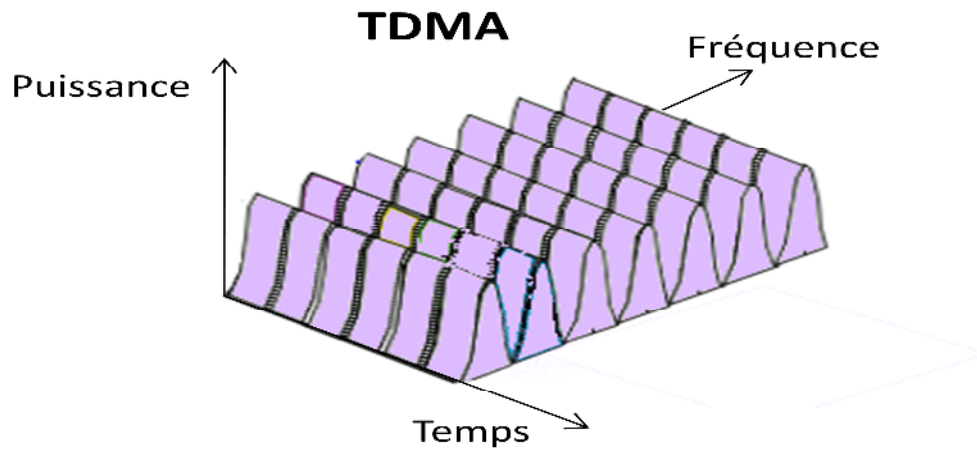


Figure II.5 : « Accès multiple par répartition dans le temps (TDMA) ».

c. Accès multiple par étalement spectrale (CDMA) :

Contrairement au TDMA et FDMA les abonnés différents peuvent employer la même bande de fréquence et en même temps avec le CDMA.

Chaque abonné possède un code unique dans la cellule et qui sera lié à l'information originale au niveau de l'émetteur.

L'information codée est alors transmise. Et de même l'information originale est régénérée dans l'unité du récepteur en utilisant le même code de l'émission de manière synchrone.

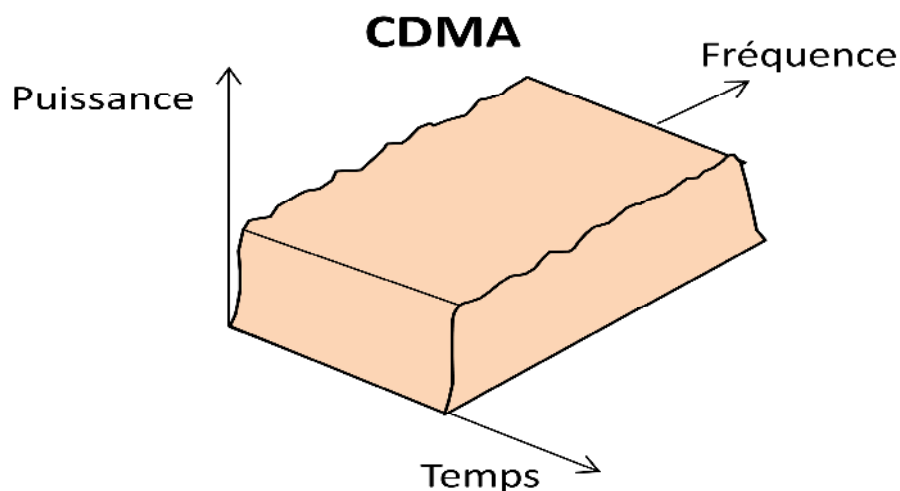


Figure II.6 : « Accès multiple par étalement spectrale (CDMA) ».

2. Mode duplex :

Il est défini par les liaisons entre unité mobile (UE) et une station de base (BTS), et on peut trouver :

- ❖ Transmission sur liaison montante UL (up Link) : entre l'unité mobile et la BTS.
- ❖ Transmission sur liaison descendante DL (down Link) : entre la BTS et l'unité mobile.

Dans ce mode on peut différencier deux méthodes principales :

a- Division duplex par fréquence (FDD) :

Avec la division duplex par fréquence FDD, les UL et DL utilisent chacune une bande de fréquence différente.

L'espace entre les deux bandes de fréquence pour UL et DL est appelé distance duplex ou écart duplex. Elle est constante pour toutes les stations mobiles dans une même norme.

D'une façon générale, la bande de fréquence de DL est placée à une fréquence plus élevée que celle de UL, et de cette manière on limite la consommation des équipements mobiles.

b- Division duplex par temps (TDD) :

Dans le cas de la division duplex par le temps TDD. L'UL et la DL se partagent la même bande de fréquence. Ceci est fait en divisant la bande en timeslots (Ts) et trame.

Un certain nombre des n timeslots sont réservés pour la transmission d'UL (moitié des Ts dans les systèmes 2G) et le restant pour la transmission de DL.

La transmission d'UL et de DL se produit quasi-simultanément et la durée d'une trame est de l'ordre de quelques ms.

II.2.6. Technique d'étalement du spectre :

L'étalement du spectre (spread Spectrum) est une technique qui consiste à répartir l'énergie d'un signal à émettre sur une bande de fréquence large que celle réellement nécessaire à la transmission (voir figure II.7). Il est utilisé pour combattre les interférences et le brouillage.

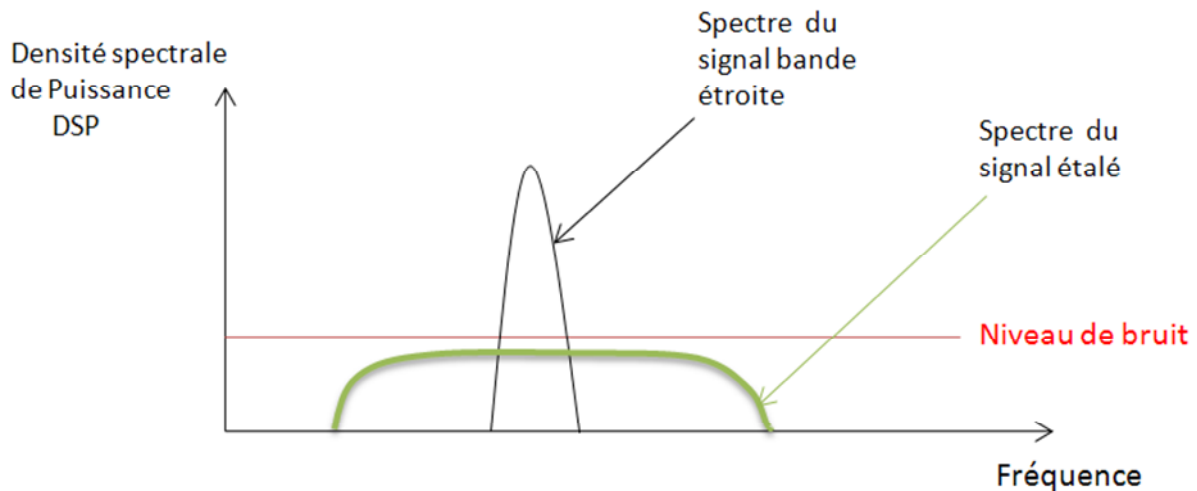


Figure II.7: signal bande étroite et signal étalé.

On distingue différentes techniques d'étalement du spectre à savoir :

1. Etalement du spectre par séquence directe :

A l'émission, la technique d'étalement du spectre par séquence directe s'agit de la multiplication mathématique de chaque bit d'information de durée T_b par une séquence pseudo-aléatoire (PN) propre à chaque utilisateur de durée $N \cdot T_c$ (voir figure II.8).

Le rythme de cette séquence est N fois plus grand que celui des données à transmettre ($T_b = N \cdot T_c$).

Le code d'étalement est un signal périodique de période $N \cdot T_c$ constitué de N éléments appelés CHIP de durée T_c . le spectre du signal d'information s'élargit avec un gain d'étalement N .

A la réception, le signal reçu sera multiplié par le même code pseudo-aléatoire que celui appliqué à l'émission. Dans un système CDMA, chaque usager possède un code qui est propre à lui.

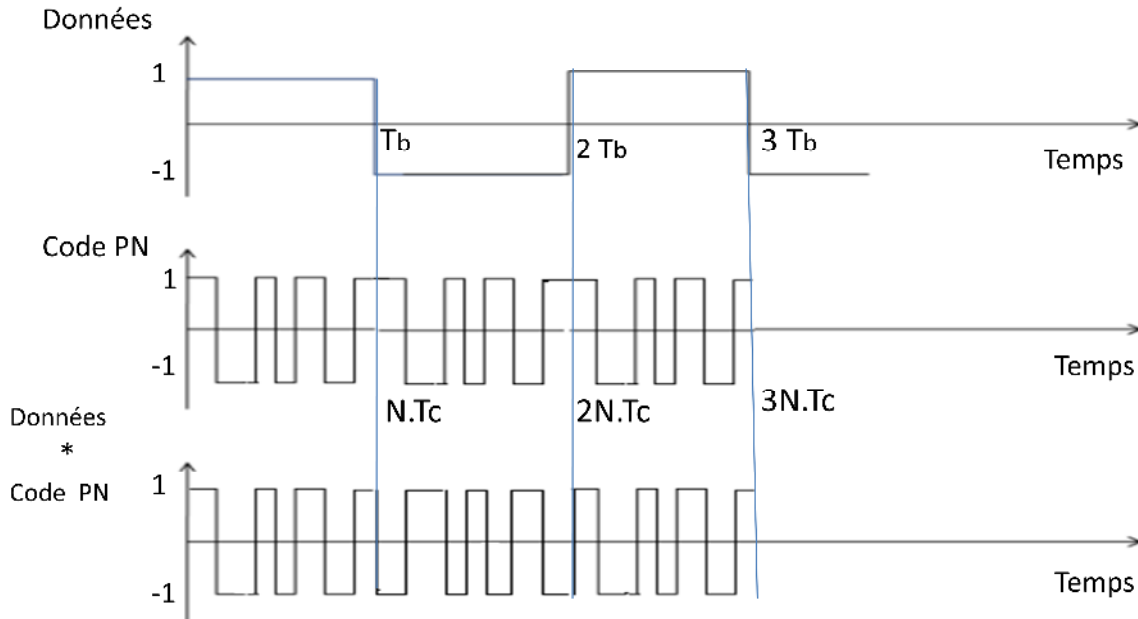


Figure II.8 : étalement de spectre par séquence directe

L'émission et la réception ou se déroule l'étalement et le désétalement respectivement sont illustrés dans les figure II.9 et II.10 :

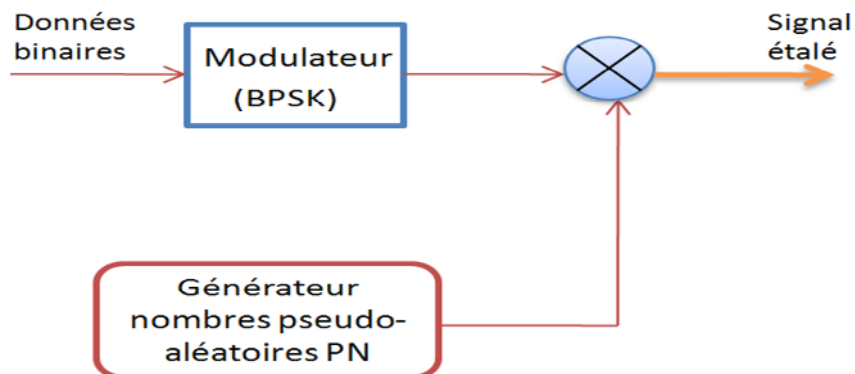


Figure II.9 : étalement du spectre dans l'émission DSSS

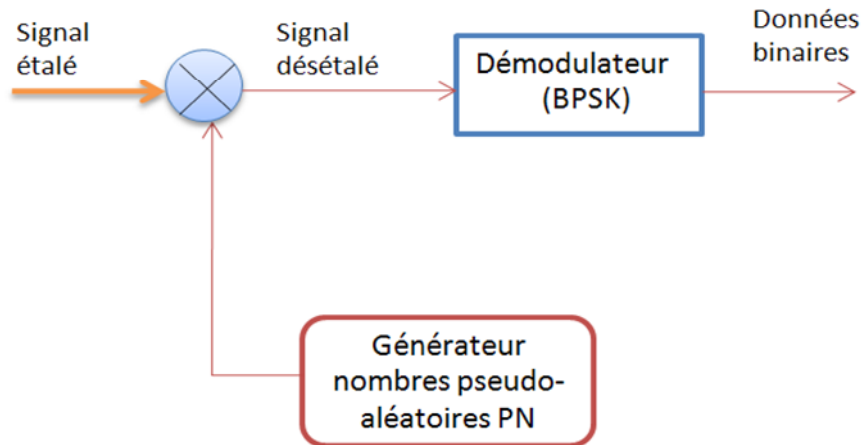


Figure II.10 : désétalement du spectre dans le récepteur DSSS.

2. Etalement de fréquence par saut e fréquence (FHSS) :

L'étalement du spectre par saut de fréquences a été développé pendant la seconde guerre mondiale. Le signal n'est pas émis sur une seule fréquence. Cette technique désigne une modulation à déplacement de fréquences de la porteuse par des sauts discrets pseudo-aléatoires selon un algorithme préétablit.

L'émetteur possède un synthétiseur de fréquences commandé par une séquence périodique pseudo aléatoire. Chaque porteuse est choisie parmi un ensemble de K fréquences espacées approximativement de la largeur de bande du signal modulé contenant l'information.

Les fréquences ainsi obtenues sont distribuées sur une large bande comme le montre la figure suivante, ce qui produit l'effet d'étalement.

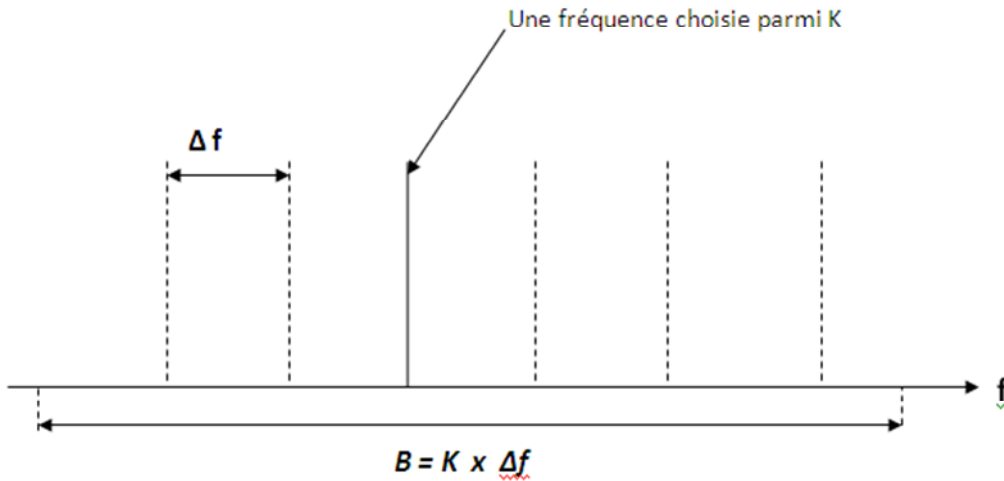


Figure II.11 : Spectre idéal d'une modulation à saut de fréquences

L'intervalle de temps entre chaque saut de la fréquence porteuse est défini par la durée chip T_c .

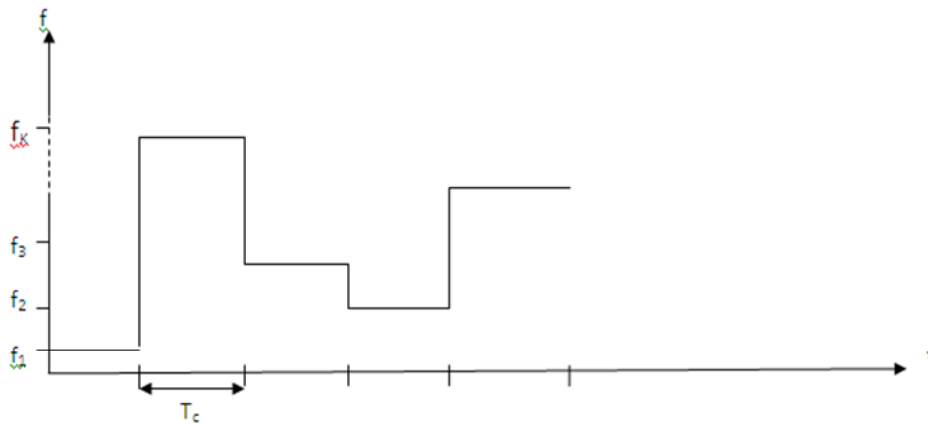


Figure II.12 : Durée chip et saut de fréquence

À l'émission avec la technique FHSS, chaque bit de l'information en NRZ est découpé dans le temps en morceaux et chaque morceau sera modulé (FSK, PSK). Un générateur de codes pseudo-aléatoires pilote un synthétiseur de fréquences codé sur P bits qui génère les fréquences porteuses.

Ce synthétiseur permet d'avoir différentes fréquences. La sortie du synthétiseur sera multipliée aux données modulées. Ce qui produit l'étalement du spectre.

3. Etalement du spectre par saut de temps (THSS) :

Par cette technique d'étalement du spectre, le temps de transmission est divisé en plusieurs intervalles appelés trames. Chaque trame est divisée à son tour en slots. Durant le temps d'une trame, un et un seul slot est modulé avec le message. Une fois l'ensemble des trames accumulant le contenu binaire du message est constitué, la transmission est effectuée.

Des signaux peuvent être étalés avec CDMA en utilisant un certain nombre de méthodes différentes. Les trois méthodes CDMA utilisées le plus généralement sont les suivantes: TH-CDMA, FH-CDMA et DS-CDMA. Cette dernière est utilisée dans le CDMA 2000 qui est de son tour employé par le WLL.

Dans DS-CDMA (Direct Séquence CDMA), l'information d'usage est étalée directement en joignant un code d'étalement (dans les systèmes digitaux 2G et 3G). Ceci a comme conséquence la transmission continue du signal à bande large dans la bande de fréquence entière. DS-CDMA est utilisé par exemple pour IS-95, le CDMA 2000 et l'UMTS.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a défini le système WLL en général ainsi que les différents blocs le constituant et les divers interfaces qu'il utilise. Avec cette technologie on a la possibilité d'atteindre des régions à accès difficile (montagne, désert...) avec un coût de déploiement faible et une rapidité d'installation.

En utilisant la technique CDMA, le système WLL devient assez performant. Les deux variantes du CDMA 2000 (1X et 1X EV-DO) sont souvent employées dans ce système. Vu les insuffisances que présente le standard CDMA 2000 1X du côté donnée (conçu réellement pour la voix), on a recours au standard CDMA 2000 1X EV-DO qui assure un débit important de données, qui sera détaillé dans le chapitre suivant.

Introduction :

Vu l'importance de la technique CDMA dans le domaine des télécommunications, les recherches sont multipliées pour améliorer le standard CDMA one (IS-95) de la deuxième génération.

III.1. Evolution du CDMA :

La norme CDMA 2000 est généralement considérée comme la voie de l'évolution la plus appropriée des réseaux CDMA one, en Amérique et en Asie. L'opérateur qui passe du CDMA one au CDMA 2000 1x EV-DV franchit les étapes du CDMA 1X RTT, puis du CDMA 1X EV-DO.

II.1.1. La norme IS 95 :

L'IS 95 est un système de deuxième génération issue de l'organisme Américain TIA (Telecommunication Industry Association). Il permet de grouper les utilisateurs dans une même bande de fréquences, mais avec des codes différents. Il fonctionne en séquence directe (sans changement de porteuse pour un terminal au cours d'une communication, sauf en cas du handoff).

L'IS-95 fournit des services relatifs au cellulaire, au PCS (système de communication personnel) et à la boucle locale radio (WLL). Il comporte deux (02) révisions ; IS-95 A et IS-95 B.

- **IS-95 A :** Les performances affichées par cette technologie assuraient des débits de l'ordre de 14.4 kbps.
- **IS-95 B :** cette technologie repose sur une technologie semblable à celle de l'IS-95 A. permet d'atteindre des débits de l'ordre de 115.2 kbps.

III.1.2. Le CDMA 2000 1X:

Cette technologie de troisième génération incarne le prolongement des réseaux de deuxième génération fondés sur le multiplexage par code. Le CDMA 2000 1x descend directement de l'IS-95, avec lequel il est entièrement compatible. La capacité de supporter des services de voix et de données sur la même porteuse rend cette technologie particulièrement rentable pour les opérateurs sans fil.

Le CDMA 2000 s'accommode des environnements piétonniers aussi bien que véhiculaires, et peut tout autant fonctionner comme boucle locale radio (WLL). Ces systèmes se caractérisent par une grande capacité de voix (environs 40 appels téléphoniques simultanés) et une transmission de données à haut débit (allant jusqu'à 153.6 kbps).

III.1.3. Le CDMA 2000 1X EV-DO :

La technologie 1X EV-DO (Evolution Data Only), constitue une version évoluée du standards CDMA 2000 1X. Optimisée pour la transmission de la donnée à haut débit et complètement compatible avec le système CDMA one.

III.1.4. Le CDMA 2000 1X EV-DV :

L'élaboration des spécifications de La technologie 1X EV-DV a été établi en deux révisions ; révision C et révision D. en incorporant une série d'éléments, qui une fois combinés permettent d'augmenter le débit offert pour atteindre un maximum théorique de 3.1 Mbps.

La révision C a mis les bases de la technologie dans sa version initiale, la révision D a apporté des améliorations du débit offert sur le lien montant. De plus cette technologie d'accès offre une flexibilité en adaptant différentes techniques de multiplexage qui permet la lecture des fichiers multimédia.

III.2. Etude de la technologie CDMA 2000 1X EV-DO :

La technologie 1xEV-DO (Evolution Data Only), connue aussi sous le nom de HDR (*High Data Rate*), constitue une version évoluée du standard *CDMA2000* et plus précisément de sa variante 1xRTT (*Single carrier 1x Radio Transmission Technology*). La technologie 1xEV-DO est fondée sur les mêmes caractéristiques de base de la couche physique des standards *CDMA One*, ce qui fait d'elle une version complètement compatible avec les standards antérieurs des systèmes à base d'étalement de spectre. Elle emploie les techniques de multiplexage (CDMA) aussi bien que (TDMA) pour maximiser la sortie de l'utilisateur individuel et la sortie de système global.

Le mode *1xEV* optimisé pour l'accès Internet et le trafic de données à haut débit. L'interface radio de la technologie 1xEV-DO est planifiée pour améliorer la gestion du trafic. Son efficacité spectrale est justifiée par le débit binaire supporté sur la même largeur de bande (1.25 Mhz).



Figure III.1 : Le terminal 1x EV-DO

III.2.1. Structure du réseau 1X EV-DO :

Le réseau cœur de 1X EV-DO se compose de domaines de commutation de paquets, indépendamment du domaine de commutation des circuits. L'AN AAA supporte l'authentification au lieu du HLR. Les nouvelles entités constituant le réseau 1X EV-DO sont les suivantes :

- **PDSN (Packet Data Serving Node) :**

Le PDSN occupe une position centrale. Une de ses fonctions principales est le routage des paquets vers le réseau de cœur IP ou directement vers le HA (Home Agent). Il regroupe les informations relatives à l'abonné pour l'authentification, les paramètres de la session et les indices de tarification. Il transfère ces informations vers le serveur AAA.

- **AAA (Authentication, Authorization, and Accounting):**

AAA exécute les requêtes d'authentification envoyées par le PDSN et renvoie en retour une autorisation ainsi que le profil de l'utilisateur mobile. Un serveur home AAA contient uniquement les données des utilisateurs enregistrés dans ce réseau. Quand un utilisateur se déplace dans un autre réseau d'accès radio, le AAA du réseau visité prend le relais.

- **PCF :**

Contrôleur de paquets, il établit et maintient les connexions avec le PDSN. Il communique avec le RCC (contrôle des ressources radio) pour disposer des ressources radio nécessaires au transfert des paquets sur les liaisons radio.

AT: Accès Terminal (MS).

AP: Accès Point (BTS).

AN: Accès Network, fournissant une connexion entre le terminal et le PDSN.

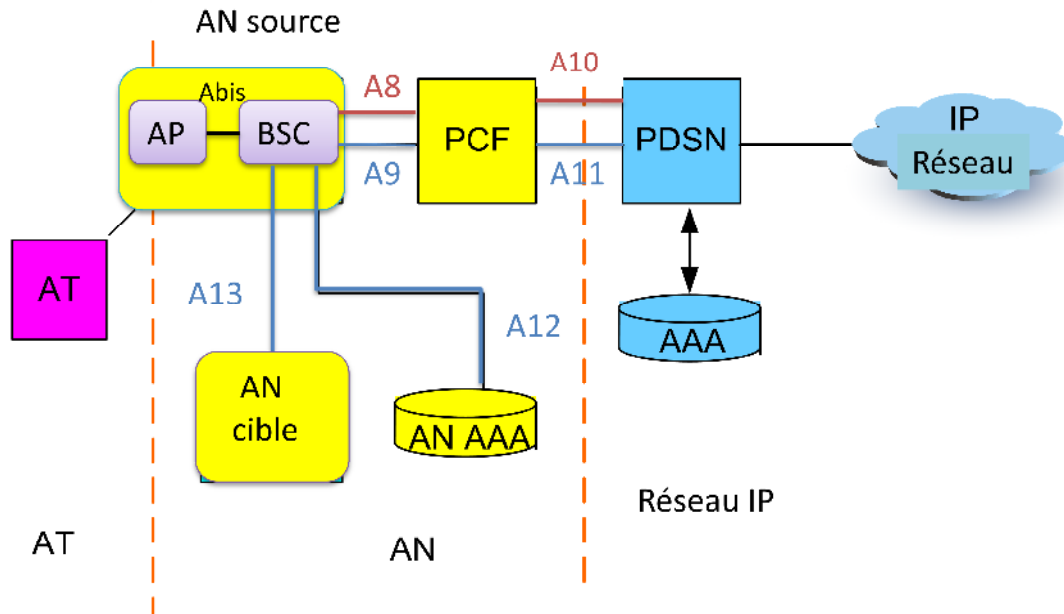


Figure III.2 : Structure du réseau 1X EV-DO.

III.2.2. Les différentes interfaces de EV-DO:

Cette interface est adoptée pour transporter le service de données entre BSC et le PCF.

- **L'interface A9 :**

Le transport de la signalisation entre le BSC et le PCF est assuré par l'interface A9.

- **L'interface A10 :**

Pour transporter le service de données entre le PCF et le PDSN.

- **L'interface A11 :**

Cette interface est adoptée pour assurer la signalisation entre le PCF et le PDSN.

- **L'interface A12 :**

C'est l'interface qui relie le réseau d'accès AN avec le AN-AAA. Elle a pour fonction d'implémenter l'authentification d'accès au niveau de AN pour les AT et une fois le terminal est identifié l'interface donne accès pour l'établissement des interfaces A8/A9 et A10/A11.

- L'interface A13 :

Elle relie deux (02) AN différents, pour supporter l'échange de messages durant le handoff inter-AN et l'échange des messages du AT et du PDSN entre AN source et AN cible.

III.2.3. Structure des canaux 1X EV-DO :

La communication entre un terminal mobile et une station de base est assurée par des canaux physiques et logiques. Ces canaux sont en mesure de véhiculer des données utiles ou des informations de contrôle. L'ensemble de ces canaux est communément appelée canaux CDMA.

➤ Les canaux physiques :

Le canal physique est défini par une porteuse et un code. Il ignore le contenu des informations qu'il achemine, d'où la nécessité d'instaurer un niveau supérieur pour gérer les canaux physiques ; c'est le canal logique.

➤ Les canaux logiques :

Ils sont définis par le type d'information transportée, on peut distinguer deux (02) classes de canaux logiques :

- **Les canaux de trafic** : sont utilisés pour le transfert des informations dans le plan usagers.
- **Les canaux de contrôle** : sont utilisés pour le transfert des informations dans le plan de control.

Ces canaux sont regroupés en des canaux de lien montant et d'autres de lien descendant.

Afin de mieux analyser les performances offertes par la méthode d'accès *1X EV-DO*, il est impératif d'étudier les caractéristiques de la couche physique de cette technologie à travers les structures des liens montant et descendant.

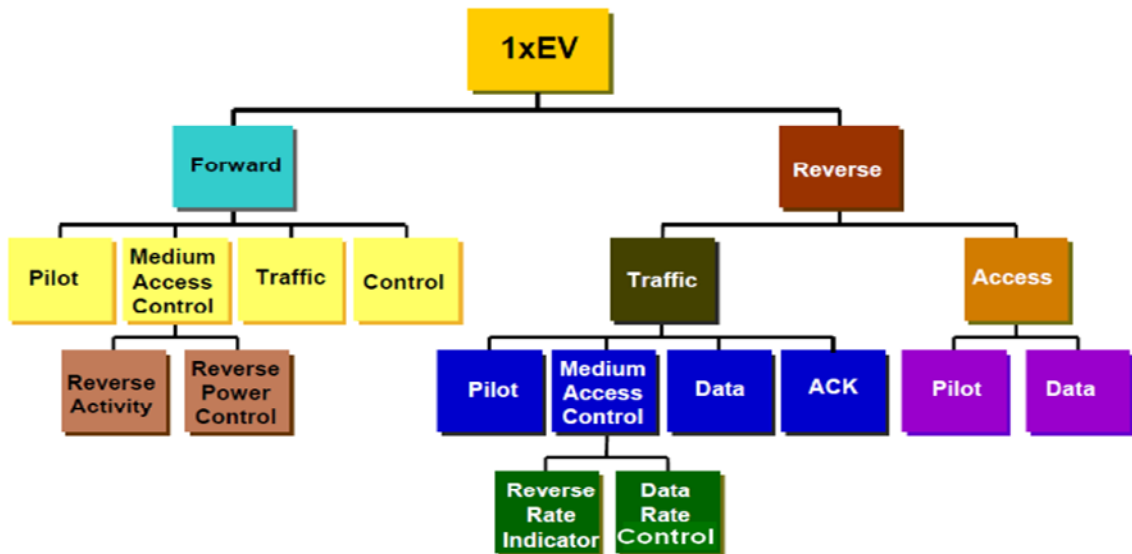


Figure III.3 : structure des liens montant et descendant du réseau EV-DO

1. Le canal descendant :

Le canal descendant de 1x EV emploie un lien commun et il peut servir un utilisateur à tout instant. Quant un utilisateur est servi, le terminal d'accès AT reçoit la puissance maximale transmise par la cellule (diagramme1).

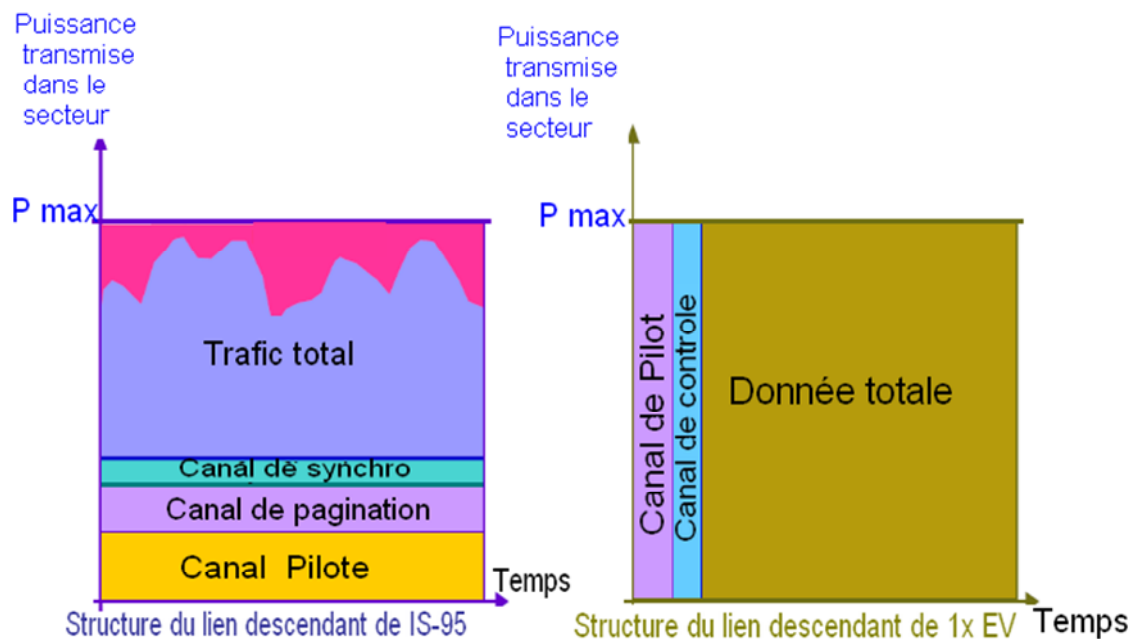


Figure III.4 : la comparaison de la réception de données entre IS-95 et 1x EV

Le terminal AT calcul son C/I et dit au point d'accès AP qu'il peut recevoir des données. Cela autorise l'AP pour opérer toute la puissance, ainsi transmettre les données.

Un maximum de 60 utilisateurs simultanés dans l'état connecté (c.-à-d demander et recevoir des paquets) peuvent être servis par un secteur 1x EV à tout instant donné. Le nombre représente des utilisateurs connectés et non dormants.

Par exemple, si les utilisateurs dans un secteur utilisent des applications avec un facteur de 10% de l'activité, alors dans cet effet, 600 utilisateurs peuvent être servis dans ce secteur.

1x EV peut supporter les hautes vitesses ainsi que les hautes applications de la capacité, dans ce cas, un secteur peut avoir une dizaine d'utilisateurs actifs à tout temps donné, ces utilisateurs assurent l'arrivée de haut débit. Dans le cas de basses données, les utilisateurs reçoivent des petites quantités d'informations, alors ils n'utilisent pas le canal pour une longue période de temps.

Les usagers vont recevoir leur courte burst d'information, ensuite ils libèrent le canal du lien descendant. Ce canal se compose de canaux multiplexés en temps : Pilote, MAC, Control et Trafic.



Figure III.5: structure du canal descendant.

a) Canal pilote :

Le canal pilote est le signal qui doit guider les utilisateurs dans leur démarche d'attachement à tel ou tel point d'accès. Il assure les fonctions suivantes :

- Dirige la station mobile pour se connecter au réseau par la location des canaux de trafic ;
- Traite les recherches de multi-trajets ;
- Fourni la référence de phase pour la démodulation cohérente et aide le terminal à estimer la puissance d'émission.

b) Le canal MAC (Medium Access Control):

Le canal MAC se compose du sous canal RA (Reverse Activity) et du sous canal RPC /DRCLock (Reverse Power Control/Data Rate Control Lock) ; ces deux sous canaux utilise le mode de division en code. Les sous canaux RPC et DRCLock partage le même code en mode de division en temps.

- **Le sous canal RA** : est utilisé pour contrôler la surcharge du canal montant. RA=1 quand le canal montant est surchargé, sinon il est égal à 0. Le terminal supervise le canal RA pour ajuster dynamiquement le débit montant de transmission du terminal.
- **Le sous canal DRCLock** : indique si le réseau d'accès AN a alloué le sous canal DRC au terminal. C'est un paramètre important qui représente la qualité du canal montant.
- **Le sous canal RPC** : contrôle la puissance de transmission montante du terminal. On appelle Le bit de contrôle de puissance ; DRCLock bit. Il faut ajuster soigneusement la puissance du sous canal RPC, pour s'assurer que le terminal actif reçoit correctement. La puissance totale des canaux RPC doit être cohérente avec la puissance descendante.

c) Le canal de trafic :

Ce canal assure le transport des données. Il offre une gamme de débits allant de 38.4 Kbps à 2.4 Mbps selon le type de modulation utilisé, et on trouve :

- QPSK : pour les débits variant entre 38.4 kbps et 1228.8 kbps (sauf le débit 921.6 kbps).
- 8PSK : pour les débits 921.6 kbps et 1843.2 kbps.
- 16QAM : pour les débits 1228.8kbps et 2457.6 kbps.

Le débit est ajusté rapidement selon la qualité du lien descendant. Les classes des taux de codages (au nombre de 13, de 0 à 12) sont indiquées au niveau des spécifications de la révision 0 de la technologie 1xEV-DO. Pour chaque classe, le débit binaire offert, le nombre de *slots* utilisées, le nombre de bits par trame (*Bits per Packet*), le taux de codage et le schéma de modulation sont attribués et illustrés dans le tableau suivant :

Débit de données (kbps)	Slot par paquet	Taille de paquet	Taux de codage	Modulation
38.4	16	1024	1/5	QPSK
76.8	8	1024	1/5	QPSK
153.6	4	1024	1/5	QPSK
307.2	2	1024	1/5	QPSK
307.2	4	1024	1/3	QPSK
614.4	1	1024	1/3	QPSK
614.4	2	2048	1/3	QPSK
921.6	2	3072	1/3	8PSK
1228.8	1	2048	1/3	QPSK
1228.8	2	4096	1/3	16QAM
1843.2	1	3072	1/3	8PSK
2457.6	1	4096	1/3	16QAM

Tableau III.1 : caractéristiques du canal de trafic sur le lien descendant.

d) Le Canal de Contrôle :

Porte des messages de contrôle, et il peut porter aussi le trafic de l'utilisateur.

Structure en Slot du canal descendant :

La trame du canal descendant a une longueur de 26.67 ms, dans une trame il y a 16 slot, chacun de longueur 2048 chips de durée 1.67 ms. Chaque trame est divisée en deux demi-trames de 08 slots comme indiqué sur la figure suivante.

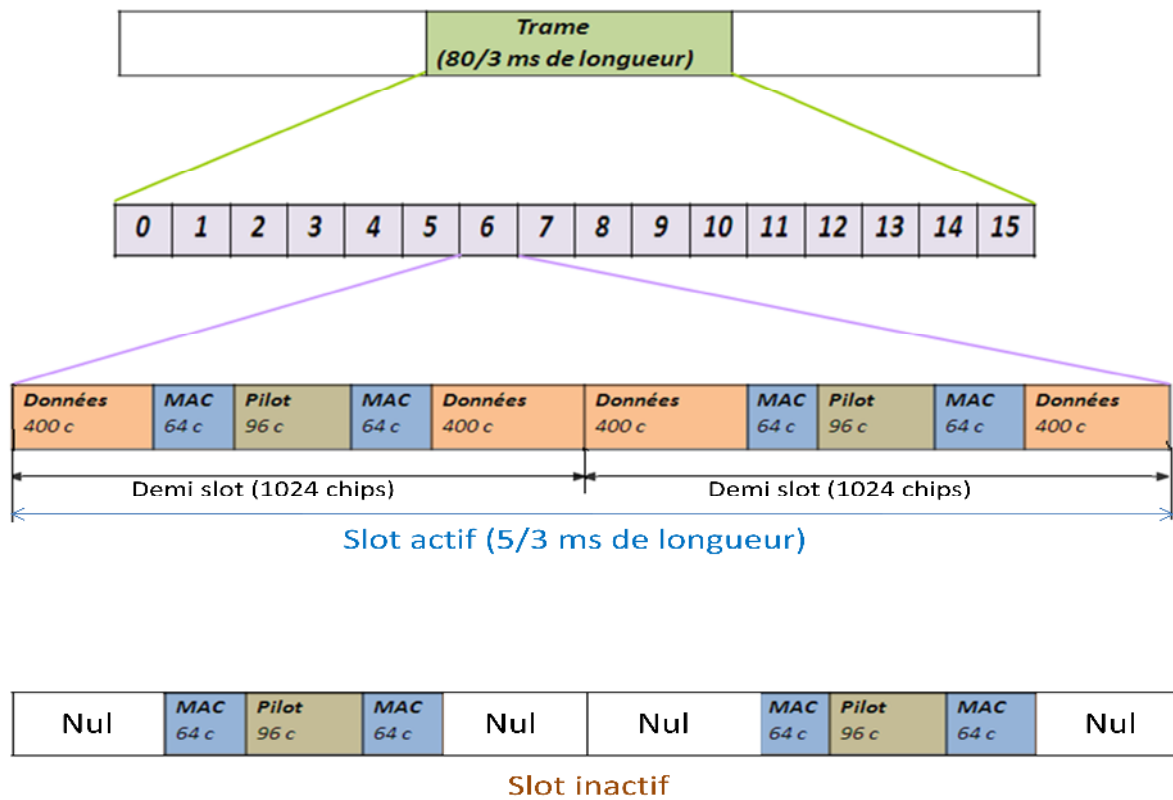


Figure III.6 : Structure en Slot du canal descendant

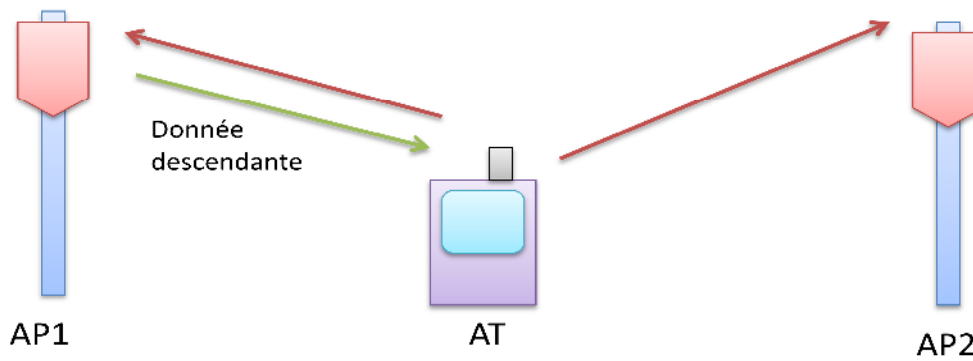
Le lien descendant de 1x EV supporte des taux de données dynamiques. AP mesure constamment C/I (Puissance du canal pilot/Interférence) et demande le taux de données approprié aux conditions du canal chaque 1.67 ms. Le point d'accès AP reçoit la demande du terminal d'accès AT pour un taux de données particulier, et il code les données du lien descendant au plus haut taux que le canal sans fil peut supporter à l'instant demandé.

Dans ce lien descendant les conditions du canal pilot varient, alors le taux de données optimum est déterminé et servi à l'utilisateur dynamiquement.

Le résumé des étapes de sélection du meilleur secteur serveur :

- A. Mesure exact et rapide du C/I reçu de l'ensemble des meilleurs secteurs serveur.
- B. Sélection du meilleur secteur serveur.
- C. Demande de transmission du plus haut taux de la donnée possible qui peut être reçu avec haute précision de mesure de C/I.
- D. Transmission du secteur sélectionné seulement avec le taux de données demandé.

C/I : Puissance du canal Pilote/Interference



AT mesure $(C/I)_2 > (C/I)_1$ et demande les données de AP2 avec un débit R.

Figure III.7 : Sélection du meilleur secteur serveur en se basant sur le C/I mesuré.

Le canal de control est transmis chaque 413.17 ms pour une urée de 13.33 ms. Les canaux de trafic et de control peuvent être transmis dans une durée de 1 à 16 slots. Quand plus d'un slot utilisé, le transmetteur de slot utilise la technique d'entrelacement pour chaque quatre (04) slots.

Exemple :

Si on a un débit de 153.6 kbps, les données sont envoyées dans quatre (04) slots et chaque slot de données est envoyé deux (02) fois pour augmenter la probabilité de recevoir les données. Avec l'entrelacement des données de chaque quatre (04) slots, le terminal peut notifier le point d'accès pour chaque donnée de slot qu'il reçoit.

Si le AT est capable de décoder les données sur la première tentative, alors il transmet un Ack au point d'accès AP, ce dernier annule le deuxième slot si la Ack est reçu avant la transmission de ce slot.

2. Structure du canal montant :

Par analogie à la diffusion de la station de base du signal radio, les terminaux transmettent leurs signaux respectifs vers la station de base. La transmission de chaque terminal est identifiée par un code unique d'étalement de spectre. Cette distinction permet à la station de base d'interagir, sans confusion, avec l'ensemble des terminaux qui se trouvent dans sa zone de couverture.

Le lien montant est constitué de canal d'accès et de trafic.



Figure III.8 : Structure du canal montant.

a. Le canal d'accès :

Le canal d'accès se compose d'un canal pilote et de données. Il est utilisé par le Terminal pour établir une communication avec le réseau d'Accès ou pour répondre à un message.

b. Le canal de trafic :

Il se compose d'un canal pilote, un canal moyen de control d'accès (MAC : Medium Access Control), un canal de Reconnaissance (ACK : Acknowledgement Channel :) et un canal de données.

Dans le système 1xEV-DO, le canal de trafic adopte les débits suivants : 9.6 kbps, 19.2 kbps, 38.4 kbps, 76.8 kbps et 153.6 kbps. La structure de la trame est 26.66 ms (subdivisée en 16 slots).

	Paramètres de la couche physique				
Débit de données (kbps)	9.6	19.2	38.4	76.8	153.6
Type de modulation	BPSK	BPSK	BPSK	BPSK	BPSK
Nombre de bits par trame	256	512	1024	2048	4096
Taux de codage	1/4	1/4	1/4	1/4	1/2
Nombre de Slot	16	16	16	16	16

Tableau III.2 : caractéristiques du canal de trafic sur le lien montant.

Le canal MAC contient un indicateur de débit montant (RRI : Reverse Rate Indicator) et un Canal de Contrôle de débit de Données (DRC : Data Rate Control). Le canal RRI indique le débit des paquets de données transmit et aide le réseau cœur à démoduler les trames de données. Le terminal adopte le canal DRC pour reporter rapidement l'état du canal descendant au réseau d'accès. Le canal DRC contient deux types d'informations :

- Valeur du DRC : indique au réseau d'accès le débit de réception attendu.
- couverture du DRC : indique au réseau d'accès la qualité du lien descendant disponible sur le groupe actif.

Le réseau d'accès ajuste dynamiquement le débit descendant de transmission et le secteur serveur pointé au terminal.

Le Canal ACK est utilisé par le Terminal de l'Accès pour informer le Réseau d'Accès si le paquet de la donnée transmit sur le Canal de trafic a été reçu avec succès ou pas. Si le terminal accomplit la démodulation correctement il envoie un bit ACK, sinon il envoie un bit NCK. Le réseau d'accès arrête l'envoi des paquets courants en recevant le bit ACK et commence à envoyer le nouveau paquet.

III.2.4. Demande de retransmission automatique Hybride (HARQ) :

Parmi les méthodes de contrôle et de correction d'erreur sur un lien radio lors d'une transmission de données, on peut citer : d'abord la Correction de l'Erreur descendante FEC (*Forward Error Correction*), ensuite la demande de répétition automatique *ARQ (Automatic Repeat Request)*. La combinaison de ces deux techniques désignée par *H-ARQ (Hybrid Automatic Repeat Request)*.

Utilisation Hybride d'ARQ du canal ACK :

Un paquet de données peut être envoyé sur un ensemble de slots et chaque quatre slots sont entrelacés. Ceci permet au terminal de finir la transmission à l'avance. Quant le terminal démodule correctement l'information envoyée sur les quatre slots, il envoie l'acquittement ACK (envoyé sur le canal ACK montant) suite à la réception du dernier slot pour arrêter la transmission des données, ceci minimise les données descendantes transmises, ce qui améliore le débit.

La présence des erreurs est vérifiée grâce à l'adoption d'un code de détection d'erreur *Error Detecting Code*. Lors de la détection des erreurs, une demande de retransmission ou un acquittement négatif *Negative Acknowledgement (NAck)* est renvoyé à l'émetteur.

III.2.5. Modulation et codage adaptifs (AMC) :

Le flux de données échangé dans un système mobile ne diffère en rien de celui d'Internet. La réception et l'envoi des données sont toujours disproportionnés. C'est pourquoi l'attention est portée beaucoup plus au débit du lien descendant qu'à celui du lien montant. L'intégration de nouvelles techniques de codage et de modulation, pour une gestion plus efficace des ressources radio en fonction des conditions de transmission, ont permis à la technologie 1xEV-DO d'offrir des débits binaires exemplaires sur le lien descendant mais aussi sur le lien montant malgré la limite du contrôle de puissance imposée aux terminaux.

La particularité de 1xEV-DO est le changement des schémas de codage et de modulation pour permettre la transmission de données avec des débits au-delà de 2.4 Mbps. Cette technologie dispose aussi d'une structure de canaux de trafic de données et de contrôle évoluée, ce qui lui permet de supporter aussi bien les transmissions en rafale (*burst*) que les transmissions en mode continu des données.

La caractéristique des transmissions à travers le lien radio est le manque de fiabilité. Les conditions de transmission fluctuent en fonction des obstacles et des perturbations observés. Dans un cas favorable, présentant de bonnes conditions de transmission, un taux de codage relativement grand ($R = 1/3$). Le terminal assure le choix de la classe de taux de codage à adopter en fonction de son évaluation de la condition de transmission.

La technologie 1xEV-DO profite de la puissance des aspects de codage (parallèle) et de décodage (turbo). Puisque les *Trames* utilisées au sein de cette technologie sont plus larges que celles du standard *IS-95* et *1xRRT*, les taux de codage ($R = 1/4$ et $1/2$) sont utilisés sur le lien montant et les taux de codage ($R = 1/5$ et $1/3$) sont utilisés sur le lien descendant.

Le débit qu'offre cette technologie EV-DO varie en fonction du rayon de couverture de la cellule. Ce débit diminue lorsque le rayon augmente comme illustré dans la figure III.9.

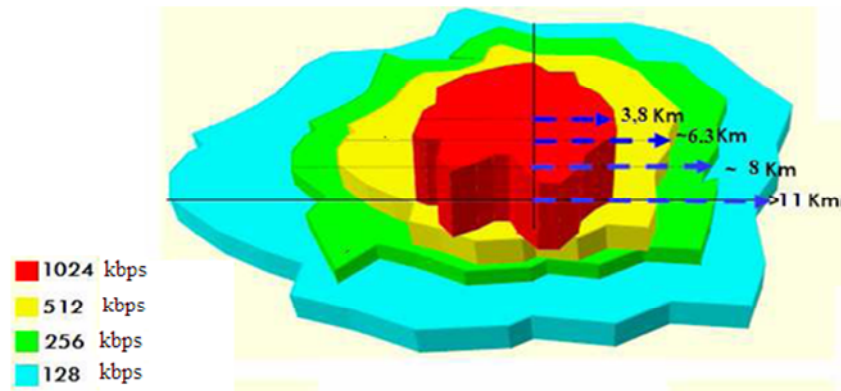


Figure III.9 : Le débit offert en fonction du rayon de couverture.

Le protocole du point au point (PPP : Point -to-Point Protocol) :

Le PPP ne fait pas partie de la spécification de 1X EV-DO, cependant c'est un protocole clé que les technologies de troisième génération adoptent pour fournir la connexion de bout en bout entre le PDSN et chaque terminal d'accès AT.

Le PPP est un protocole tunnel solide. Ce protocole construit un tunnel entre le PDSN et le AT. Le PDSN maintient l'état du tunnel PPP de chaque utilisateur et envoie le trafic vers les utilisateurs à travers ce tunnel assigné. Ce PDSN fournit toujours un tunnel fiable.

III.2.6. Acheminement du service dans le système 1X EV-DO :

Le service donné d'EVDO couvre les étapes suivantes :

- Allocation d'adresse pour le terminal AT ;
- Installation de l'appel ;
- Fermeture de l'appel.

1) Allocation d'adresse pour le terminal AT :

Pour se connecter au réseau EVDO, la première chose à faire c'est l'allocation de l'adresse pour AT.

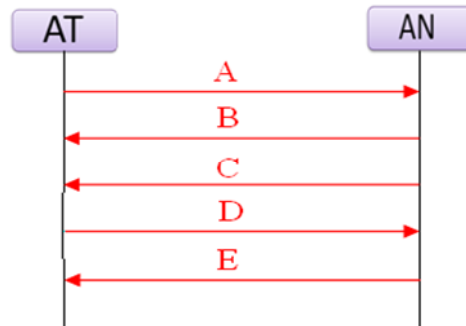


Figure III.10 : allocation d'adresse pour le AT

Description pas à pas du chemin pendant l'allocation de l'adresse :

- A** : AT envoie une demande au réseau d'accès AN pour allouer un UATI (Access Unicast Identification Terminal) qui est utilisé pour identifier les différents abonnés sur l'interface Um.
- B** : AN reconnaît qu'un message du canal d'accès est envoyé à AT.
- C** : AN alloue un UATI au terminal AT.
- D** : AT finit l'allocation d'UATI et met à jour l'acheminement.
- E** : AN reconnaît qu'un message du canal d'accès est envoyé au terminal AT.

2) Installation de l'appel :

Le flux de l'appel provenant de AT s'installe différemment de celui provenant de l'AN.

a) L'appel provenant de AT :

Supposant que le terminal AT a fini l'inscription de la session et réussi dans la certification de l'accès.

La figure suivante illustre les étapes suivies pendant l'installation de l'appel :

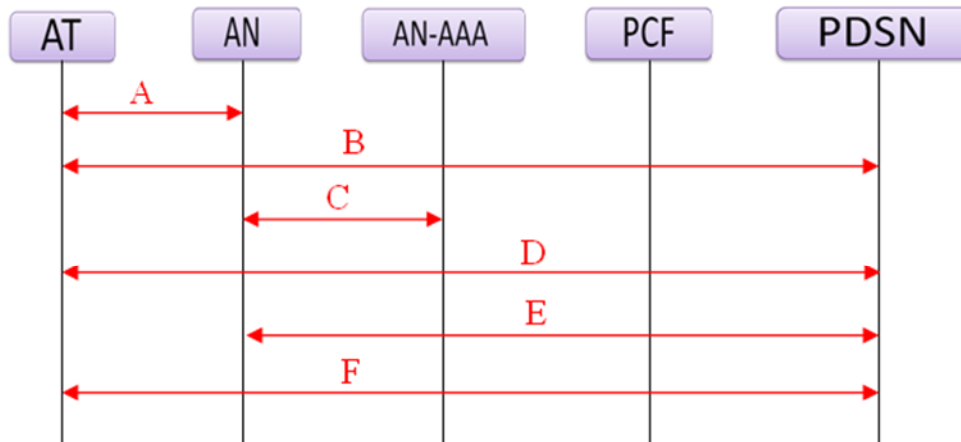


Figure III.11 : installation d'un appel provenant de AT

Description des étapes suivie:

A : AT établit le lien radio au réseau d'accès AN.

B : AT se prépare pour échanger les données dans le ruisseau d'accès.

C : AN exécute la demande d'accès passant par A12 ; l'interface entre AN et AN-AAA.

D : AT se prépare pour échanger les données dans le ruisseau d'accès.

E : Etablissement du canal de données entre AN, PCF et PDSN.

F : Une connexion PPP s'établit entre le terminal AT et le PDSN pour la transmission de la donnée.

b) Appel provenant d'AN :

Supposant qu'AT a terminé l'inscription de la session et le rapport PPP disponible entre AT et PDSN. La transmission de données se déroule comme suit :

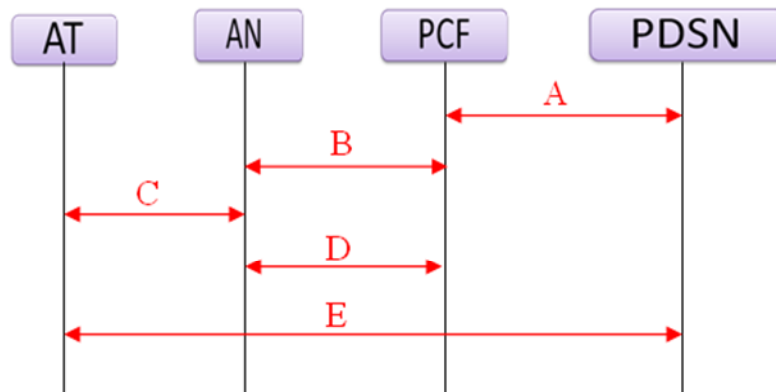


Figure III.12 : installation d'un appel provenant de AN

A : Les paquets de données atteignent le PCF et leur destination c'est le terminal AT.

B : Le PCF notifie AT pour établir le lien radio.

C : AN envoie le message d'appel et établit le lien radio entre AT et AN.

D : Le canal de données de l'interface A8 est établi entre le réseau d'accès AN et le PDSN.

E : La transmission et la réception de données entre AT et PDSN.

3) Fermeture de l'appel :

Soit AT ou AN peut être à l'origine de la fermeture de l'appel. Dans l'exemple si dessous, AT est à l'origine de la fermeture.

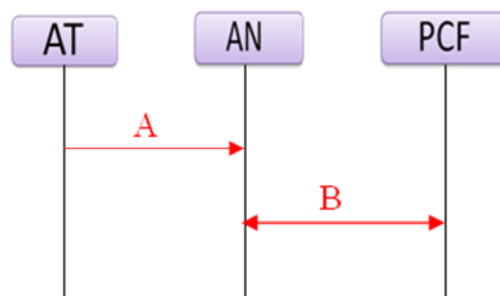


Figure III.13 : fermeture d'appel.

A : AT envoie une demande de fermeture du lien à AN.

B : AN libère la ressource de l'interface air utilisée par AT et notifie le PCF pour libérer son correspondant lien de la donnée.

III.2.7. Le Handoff en EV-DO :

Le système 1x EV-DO accepte plusieurs types du handoff à savoir :

1. Handoff dormant entre AN-AN :

Supposant que le réseau d'accès source et le réseau d'accès cible ont le même PDSN et AT a fini l'inscription de la session au réseau d'accès source.

Le AN source va envoyer les informations spécifique de ce AT à AN cible. Le handoff dormant AN-AN est représenté dans la figure suivante :

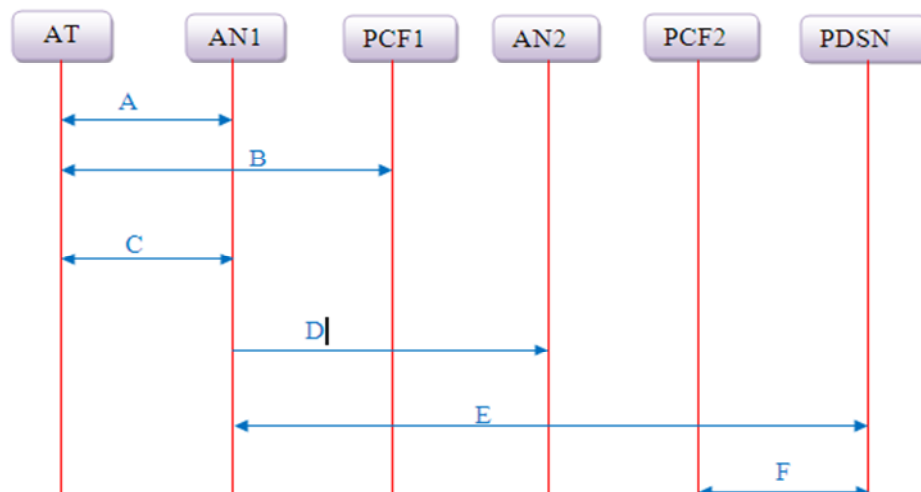


Figure III.14: Le handoff dormant AN-AN.

AN1: AN cible.

AN2: AN source.

PCF1: PCF cible.

PCF2: PCF source.

Description de flux du service :

- A** : AT détecte un appel allant à AN cible, AT envoie le message de la demande et reçoit le message ACK.
- B** : AN cible obtient des informations sur cet AT envoyées par AN source.
- C** : Le AN cible attribut une adresse à cet AT et obtient l'information sur l'emplacement de AT.
- D** : le AN cible informe AN source qu'il a obtenu les informations de ce AT. Le AN source efface les informations concernant ce AT.
- E** : le nouveau lien de la donnée est établi et le PDSN finit l'inscription au PCF cible.
- F** : le PDSN met à jour l'information de l'inscription au PCF source, et déconnecte ce dernier pour finir le handoff.

Le système 1x EV-DO supporte plusieurs types du handoff selon l'état du terminal (actif ou dormant).

2. Le terminal AT est à l'état dormant (inactif):

a. handoff de 1X EV-DO vers IS 2000:

Supposant que le terminal AT a enregistré une session dans le réseau 1x EV-DO, et a établi une connexion PPP avec le PDSN. Les deux systèmes travaillent dans le même PDSN.

Dans l'état inactif du terminal AT, le flux du handoff de 1 X EV-DO vers l'IS 2000 est schématisé dans la figure suivante :

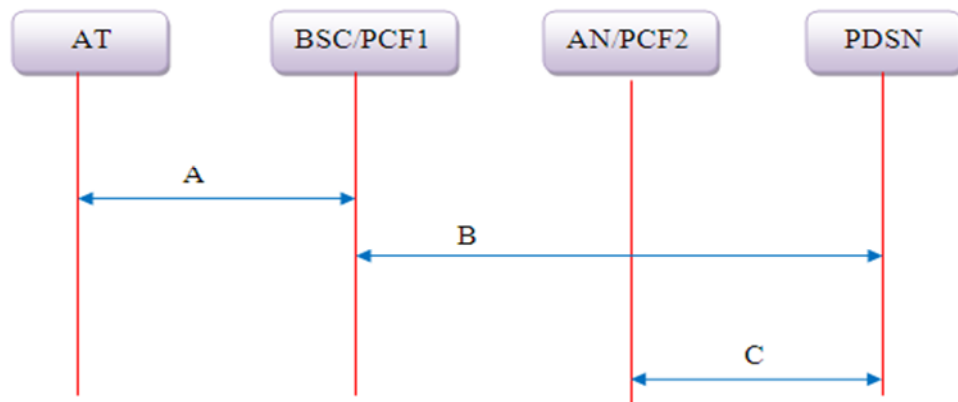


Figure III.14 : handoff de 1X EV-DO vers IS 2000 lorsque AT est inactif

Les différentes étapes suivies sont :

A : AT exécute un handoff de 1X EV-DO vers IS 2000, et envoie un message de correction d'appel, DRS=0, et reçoit Ack.

B : le système IS 2000 établit un canal de données au PSDN.

C : le PDSN fait une mise à jour du lien qui le relie avec AN, et se déconnecte de la source AN/PCF.

b. handoff de IS 2000 vers 1X EV-DO:

Le terminal AT travaille dans le système IS 2000, et on suppose qu'il a enregistré une session dans le système 1X EV-DO.

Les deux systèmes utilisent le même PDSN, le handoff étudié est illustré dans la figure suivante :

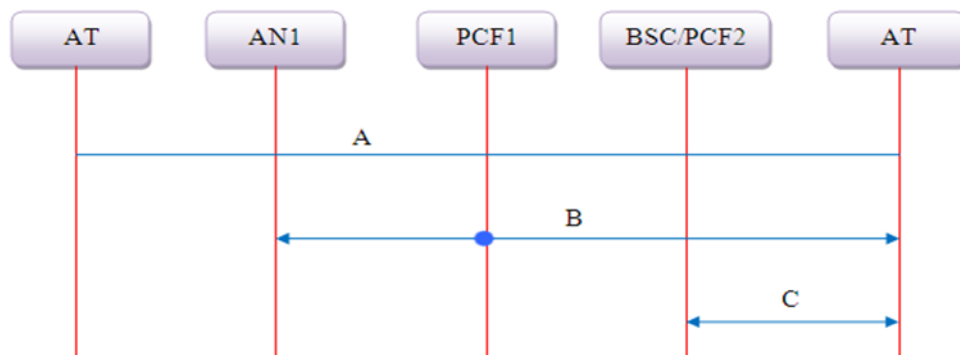


Figure III.15 : handoff de IS 2000 vers 1X EV-DO lorsque AT est inactif

Le flux du handoff est décrit suivant ces différentes étapes :

- A** : le terminal AT exécute le handoff de l'IS 2000 vers le 1X EV-DO, et possède son emplacement de mise à jour.
- B** : le AN ciblé établit un canal de données avec le PDSN à travers la source PCF.
- C** : le PDSN se déconnecte de la source BSC/PCF2.

3. Le terminal AT est à l'état actif :

a. handoff de l'IS 2000 vers 1X EV-DO :

Supposant que AT a enregistré une session dans le système 1X EV-DO, et a établi une liaison PPP avec le PDSN. Les deux systèmes 1X EV-DO et IS 2000 utilisent le même PDSN.

Le flux du handoff du système IS 2000 à l'état actif (au mode paquet de données) vers le système 1X EV-DO à l'état actif est schématisé dans la figure suivante :

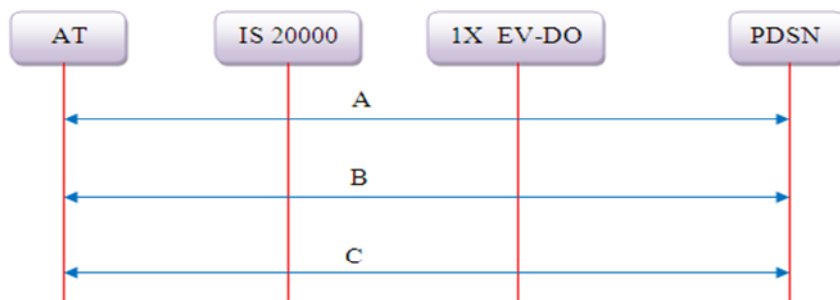


Figure III.16: handoff de IS 2000 vers 1X EV-DO lorsque AT est actif.

Le flux du service est défini dans les étapes suivantes :

- A :** dans le système IS 2000, le terminal AT transite (commute) d'un état actif vers un autre dormant.
- B :** AT est à l'état dormant, et exécute² le handoff de l'IS 2000 vers le 1X EV-DO.
- C :** dans le système 1X EV-DO le terminal AT commute de l'état dormant vers l'état actif

b. handoff de 1X EV-DO vers IS 2000 :

Supposant toujours que AT a enregistré une session dans le 1X EV-DO, et a établi un lien PPP avec le PDSN. Les deux systèmes utilisent le même PDSN. Le flux du handoff est décrit selon la figure suivante :

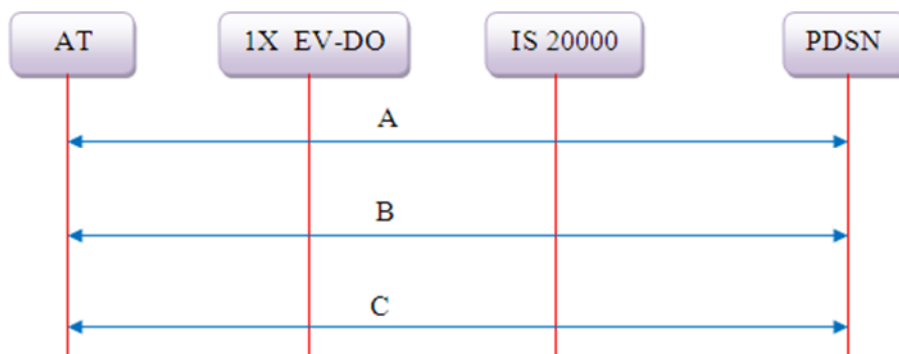


Figure III.17 : handoff de 1X EV-DO vers IS 2000 lorsque AT est actif.

Les étapes du déroulement du handoff sont comme suit :

A : le terminal passe de l'état actif à celui inactif dans le système 1X EV-DO.

B : AT dans l'état dormant, exécute le handoff de 1X EV-DO vers l'IS 2000.

C : une fois passé au système IS 2000, le terminal transite d'un état dormant vers un autre actif.

Après avoir cité quelques exemples sur les handoff supportés, les deux tableaux suivant résumant le handoff sur les liens montant et descendant.

Type du handoff	Supporter ou pas	
	descendant	montant
Soft handoff	Softer handoff virtuel	Oui
Soft handoff intra-BSC	Soft handoff virtuel	Oui
Soft handoff inter-BSC	Non	Non
Hard handoff	Non	Non
Handoff dormant intra-PDSN	Oui	

Tableau III.3: handoff intra-1X EV-DO

Type du handoff	Supporté ou pas
Handoff dormant	Oui
DO-1X	Oui (complété indirectement par le handoff dormant)

Tableau III.4 : le handoff entre 1X et EV-DO.

III.2.8. Différence entre CDMA 2000 1X EV-DO et CDMA 2000 1X :

	CDMA 2000 1X EV-DO	CDMA 2000 1X
Mode d'accès multiple	Descendant : division en temps + division en code. Montant : division en code.	Montant et descendant : division en code
Caractéristiques des services	Supporte le service paquet de données	Supporte le service voix et le service paquet de données.
Débit descendant maximal	2.4576 Mbps	307.2 Kbps.
Débit chip/porteuse	1.2288Mcps/ 1.25 MHz	1.2288Mcps/ 1.25 MHz
Le codage	Codage Turbo	Codage convolution et codage Turbo
La modulation	Descendant : QPSK, 8-PSK et 16-QAM Montant : BPSK	Descendant : QPSK. Montant : HPSK
Longueur de la trame	26.667 ms.	5 ms, 20 ms, 40 ms et 80 ms
Control de puissance	Descendant : transmission avec maximum de puissance et pas de control de puissance. Montant : control de puissance à boucle ouverte et à boucle fermée.	Descendant : control de puissance à boucle fermée et rapide. Montant : control de puissance à boucle ouverte et à boucle fermée

Tableau III.5 : différence entre CDMA 2000 1X EV-DO et CDMA 2000 1X

Conclusion :

1xEV-DO est un réseau offrant un grand débit de données sur une bande passante de 1.25 MHz FDD seulement. Les spécifications 1xEV-DO originales peuvent réaliser le débit 2.4 maximal de Mbps DL et un débit moyen qui est significativement plus haut que le système de base CDMA2000-1x. En effet 1xEVDO a été conçue pour soutenir seulement des services de données de paquet et non des services conversationnels (voix).

Introduction :

La planification d'un système WLL nécessite la réalisation d'un travail préliminaire en vue d'obtenir les informations relatives à la zone à couvrir, pour cela il faut d'abords connaître les caractéristiques des systèmes cellulaires numériques et aussi en se basant sur des données géographiques afin de permettre de desservir tous les abonnés en service et les demandes en instance.

Avant de réaliser le travail de planification, de dimensionnement et d'optimisation d'un réseau WLL il faut citer quelques notions de bases sur les transmissions

IV.1. Couverture cellulaire :**IV.1.1. Présentation des cellules :**

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

Pour couvrir une zone vaste et avoir une grande capacité, on introduit le concept cellulaire. Un réseau cellulaire est formé par un ensemble de cellule dont la taille dépend de la puissance d'émission des émetteurs et surtout de la nature de l'environnement (Urbain, Suburbain, Rural).

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

Dans un autre côté, la forme hexagonale, par contre, permet de dépasser ces problèmes tout en simplifiant le processus de planification du réseau cellulaire. De même cette forme est imaginaire, dans la pratique on ne peut pas réaliser ce type de motif vu les conditions de propagation des ondes radios dans l'espace.

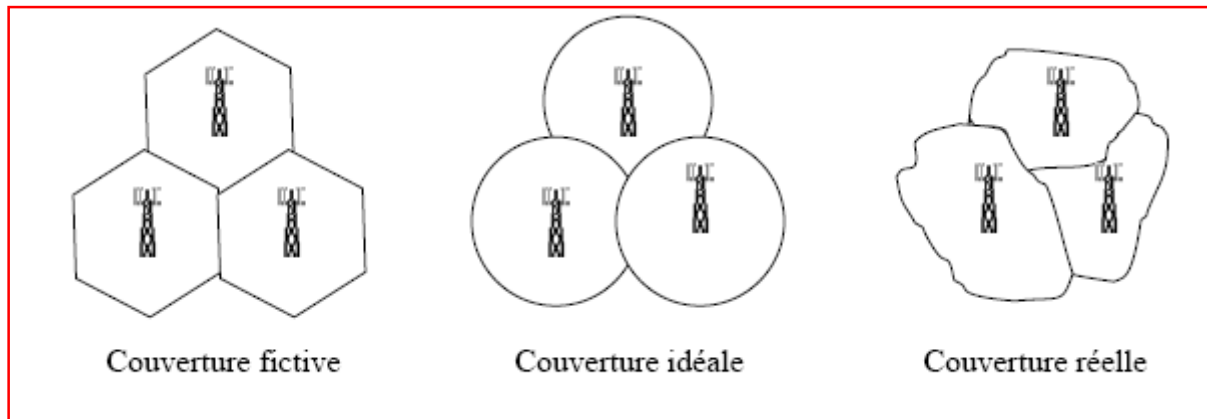


Figure IV.1 : Différence entre couverture théorique et celle réelle.

En résumé, une cellule correspond à la zone couverte par la BTS : c'est à dire la zone où le champ radioélectrique émis a un niveau suffisant pour maintenir une qualité de communication acceptable.

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

IV.1.2. Paramètres fondamentaux :

Pour la couverture cellulaire on doit d'abords définir le niveau de sensibilité de l'unité usagers et de la station de base (BTS), mais aussi inclure différentes marges d'atténuation pour obtenir la couverture désirée.

On définit alors les différents paramètres qui rentrent dans la planification.

a. Puissance du signal requise :

A un niveau de sensibilité d'un équipement usager, des marges doivent être ajoutées pour compenser les pertes (Rayleigh fading, body loss et interférences), permettant ainsi d'obtenir le niveau du signal requis pour effectuer un échange d'informations en situation réelle.

Le niveau du signal requis est indépendant de l'environnement, et s'écrit :

$$SS_{req} = MS_{sens} + RF_{marg} + IF_{marg} + BL.$$

MS_{sens} : sensibilité de la station mobile.

RF_{marg} : Rayleigh fading margin.

IF_{marg} : interference margin.

BL : Body Loss.

b. Niveau du signal désiré :

Des marges supplémentaires sont ajoutées au signal requis. Ces marges sont dépendantes de l'environnement et de la couverture désirée. La puissance du signal obtenue est celle qui devrait être utilisée lors de la planification du système.

Cette puissance du signal est la valeur qui doit être obtenue à la limite d'une cellule.

c. 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. On peut citer certaines spécifications particulières qui touchent directement les performances affichées par les techniques d'accès tels que : spécification des performances du flux.

-La spécification des performances du flux :

C'est la capacité de garantir les exigences des flux supportés. Des paramètres tels que : le débit binaire, les délais et le taux de perte sont déterminants pour le bon fonctionnement des futurs services multimédias. Ces spécifications permettent de définir les besoins ainsi que les exigences avec une approche métrique quantitative.

Nous présentons les paramètres fondamentaux qui caractérisent les services et les applications évoluées :

- le débit ;
- la fiabilité ;
- le délai.

- **Le débit** : Il exprime le taux binaire de réception de données lors d'une connexion. En termes de débit dans le contexte d'une qualité de service est définie par l'expression suivante :

$$W \geq W_{\min}$$

W : il correspond au débit assuré par le service.

W_{\min} : est la limite inférieure du débit spécifié par le client.

- **La fiabilité** : La fiabilité découle du rapport des trames erronées par l'ensemble des trames émises.

Ce rapport est appelé FER (*Frame Error Rate*) = taux de frames erronées. Ce taux est défini comme le démontre l'équation suivante :

$$\text{FER} = \text{totTrames(Err)} / \text{totTrames (Rec)}$$

totTrames(Err) = Nombre total des trames erronées.

totTrames(Rec) = Nombre total des trames reçues.

$$\text{FER} \leq \text{FER}_{\max}$$

La fiabilité est souvent synonyme de *BER* (Bit Error Rate) qui correspond au taux de bits erronés lorsqu'on restreint l'étude de la transmission à la couche physique.

- **Le délai** : c'est une contrainte spécifiée par le client, c'est-à-dire le temps entre le début de transmission d'une trame et la fin de sa réception par le même niveau de couche. La limite de délai tolérée peut être exprimée par :

$$D_i \leq D_{\max}$$

D_i est le délai correspondant à toute *Trame(i)* et D_{\max} sa limite supérieure. Le délai de bout en bout regroupe les aspects suivants :

- Délai de traitement ;
- Délai de transmission ;
- Délai d'attente ;
- Délai de propagation.

IV.1.3. Les différentes atténuations :**- *Body Loss (BL):***

Lorsqu'un mobile est placé près de la tête de l'utilisateur, on introduit une marge de sécurité correspondante à l'atténuation due à la présence de celle-ci. On parle alors des pertes dues à la présence du corps (Head affect ou body loss). Cette marge peut varier entre 3 dB et 6 dB.

- *Car Pénétration Loss (CPL) :*

Atténuation due à la pénétration dans un véhicule, de ce fait on introduit une marge supplémentaire pour parer ce problème. Cette marge est recommandée à 6dB.

- *Building Pénétration Loss (BPL) :*

C'est l'atténuation due à la pénétration dans un bâtiment. Lorsque le terminal se trouve à l'intérieur d'un bâtiment, le signal est atténué différemment suivant sa position ainsi que la forme et la nature du bâtiment (façade vitrée, béton, brique,...).

La marge BPL ajoutée est la différence entre le niveau du signal à l'extérieur du bâtiment et le signal qu'on a à l'intérieur du bâtiment. Elle est déterminée selon la position de l'unité usager :

- *Windows indoor* : l'utilisateur est situé à proximité d'une fenêtre ou d'un accès à l'extérieur, l'atténuation est de l'ordre de 5 à 10dB.
- *daylight indoor* : l'utilisateur est situé loin des ouvertures mais en vue de la lumière du jour. L'atténuation est de 10 à 15 dB.
- *Deep indoor* : l'utilisateur est situé loin des ouvertures et à l'abri de la lumière du jour. L'atténuation est de 10 à 20 dB.

IV.1.4. Les modèles de propagation :

En se basant sur l'environnement radio, les modèles de prédictions peuvent être classés en deux principales catégories: Outdoor et Indoor modèles. Outdoor, en respectant les dimensions de la zone à couvrir les modèles de propagation pour l'Outdoor se subdivisent en deux classes: les modèles de propagation pour les macrocellules et les modèles de propagation pour les microcellules. Parmi ces modèles existants on trouve le modèle HATA qui est le plus utilisé aujourd'hui.

Le modèle HATA- Okumura :

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 a été définie par Hata en fonction de mesures réalisées par Okumura dans les environnements de Tokyo.

La formule d'Okumura -Hata prend en compte les paramètres suivants :

- ✓ fréquence $150 \text{ Mhz} \leq f \leq 2000 \text{ Mhz}$.
- ✓ hauteur de la station de base $30\text{m} \leq h_b \leq 300\text{m}$.
- ✓ 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 qui se calcul selon le milieu dont on se trouve (urbain, suburbain et rural).

- **En milieu urbain :**

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

$$L_u (db) = C1 + C2 \log(f) - 13,82 \log(h_b) - A(h_m) + [44,9 - 6,55 \log(h_b)] \log(d) + C0$$

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

- Pour les villes de taille moyenne ou petite :

$$A(\text{hm}) = [1,1 \log(f) - 0,7] \text{ hm} - \{1,56 \log(f) - 0,8\}$$

- Pour des villes de grande taille :

$$A(\text{hm}) = 3,2 [\log\{11,75 \text{ hm}\}]^2 - 4,97$$

C1 = 69,55 pour les fréquences $150 \text{ Mhz} \leq f \leq 1000 \text{ Mhz}$.
 = 46,3 pour les fréquences $1500 \text{ Mhz} \leq f \leq 2000 \text{ Mhz}$.

C2 = 26,16 pour les fréquences $150 \text{ Mhz} \leq f \leq 1000 \text{ Mhz}$.
 = 33,9 pour les fréquences $1500 \text{ Mhz} \leq f \leq 2000 \text{ Mhz}$.

C0 = 0 dans une ville de petite taille.
 = 3 dB dans une ville de grande taille.

- **En milieu suburbain :**

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

$$L_{su} (dB) = L_u - a(\text{Hr}) - 2 \left[\log \left(\frac{f}{28} \right) \right]^2 - 5,4$$

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

- **En milieu rural :**

Dans un espace quasi ouvert, la perte de propagation $L_{r_{qo}}$ est donnée par la formule suivante :

$$L_{r_{qo}} = L_u - 4,78 [\log (f)]^2 + 18,33 \log (f) - 35,94$$

Dans un espace ouvert, où le masque est très peu, alors la formule est comme suivante :

$$L_{ro}(dB) = L_u - 4,78 [\log (f)]^2 + 18,33 \log (f) - 40,9$$

IV.2. La planification cellulaire :

IV.2.1. Définition de la planification :

La planification c'est l'idée de rassembler les informations nécessaires pour la conception du réseau locale d'abonné tout en garantissant le bon fonctionnement des équipements, l'optimisation des investissements et une bonne qualité de service sans oublier la prévision de l'état future du réseau.

IV.2.2. Importances et objectifs de la planification :

- *importances :*

Planifier c'est définir la structure du réseau, la nature et la quantité des équipements à installer afin de satisfaire les demandes des usagers avec le moindre coût et une bonne qualité de service, dans le présent et aussi dans l'avenir.

La planification d'un réseau cellulaire est un processus très délicat et le résultat conditionne le succès de l'opérateur au niveau durée de vie et performance (qualité de communication, taux de blocage, couverture,...).

Elle est la partie la plus importante avant l'implantation du système, sans laquelle le réseau risque d'avoir une qualité de communication médiocre.

- **objectifs :**

Tout réseau cellulaire doit faire l'objet d'une planification de ses cellules afin d'assurer la couverture radio et d'éviter le brouillage. Il faut minimiser le coût d'infrastructure radio et réseau en fonction de la couverture radio, de la taille des cellules, des plans de fréquence et de la topologie du réseau.

D'une façon générale, La planification suivra des objectifs différents en fonction de la zone à planifier (contexte urbain, suburbain ou milieu rural) :

- en zone urbaine ou sub-urbaine : l'objectif est d'assurer une capacité en trafic suffisante (desservir un nombre important d'abonnés).
- En zone rurale ou des zones à faible densité d'abonnés : l'objectif est d'assurer la couverture la plus complète possible (rayons de cellule de plusieurs dizaines de kilomètres typiquement).

IV.2.3. Résultat du processus de planification :

Le résultat de la planification répond à un cahier de charge bien particulier
Ce processus doit aboutir à :

- Un plan de stations de base (emplacement, capacités et puissances principales).
- Un plan de fréquences associées.
- Un plan des équipements du réseau fixe.
- Un réseau de connexion entre toutes ces entités.

IV.2.4. Etapes du processus de la planification :

La planification d'un réseau dépend fortement de son architecture. Les réseaux WLL sont une combinaison d'un réseau radio et d'un réseau fixe, la procédure de planification sera également la combinaison de deux phases : la planification radio et la planification fixe qui suivent les étapes suivantes :

- Précision de la zone à couvrir.
- Acquisition de données (caractéristiques des abonnés à desservir).
- Découpage de la zone en cellules.
- Dimensionnement des cellules.
- Dimensionnement des sous-systèmes réseau.

Avant de commencer la planification on doit connaître la technologie utilisée dans le système WLL à savoir ; DECT, GSM, CDMA 2000...

1. Planification de la partie radio :

Cette phase de planification est la plus importante lors de l'implantation du système. Elle est basée sur la partie comprise entre la station de base (BTS) et le terminal. Mais c'est la plus délicate, car elle tient compte de nombreux paramètres tels que les conditions de trafic et de propagation qui sont difficiles à évaluer.

Cette planification consiste à :

- Etudier la couverture radio.
- Déterminer l'emplacement et le nombre de stations de bases.
- Dimensionner les liens entre le différent équipement.
- Minimiser le coût de l'infrastructure radio en respectant la qualité du service.

Le processus de planification radio doit suivre les étapes suivantes :



Figure IV.2: Processus de planification de la partie radio

a. Analyse du trafic et de la couverture :

Le processus de la planification des cellules commence lorsqu'une analyse du trafic et de la couverture montre qu'un réseau cellulaire est nécessaire. Cette analyse doit également fournir des informations concernant la zone géographique concernée et la capacité prévue (charge de trafic).

b. collecte des données de base :

Après exécution de cette analyse, la tâche suivante consiste à recueillir les données de base.

Parmi les données de base importantes, on observe :

- Les coûts
- La capacité
- La couverture
- La qualité de service
- Les fréquences disponibles
- La qualité d'écoute
- Les possibilités d'extension du système

Le volume du trafic, c'est-à-dire le nombre d'utilisateurs qui s'abonneront au système et la qualité de trafic qu'ils généreront, constituent la base de l'étude technique du réseau cellulaire.

La distribution géographique du volume du trafic peut être calculée au moyen de données socio-économiques telles que :

- Répartition de la population
- Répartition des niveaux de revenus
- Les types d'activités de la localité
- Densité sur l'utilisation du téléphone
- Autres facteurs, comme les taxes d'abonnement, les taxes d'appel et le prix de l'unité usagers.

c. Calcul de trafic :

Les données de base des calculs de trafic sont indiquées ci-dessus. Les résultats de ces calculs doivent permettre de déterminer le nombre de sites et de cellules nécessaires.

d. Plan nominal des cellules :

Arrivés à ce stade du processus de planification des cellules, il faut à présent élaborer le plan nominal des cellules. Ceci est un premier plan théorique, réalisé sans l'aide d'outils avancés de planification ou informatiques.

Le plan nominal des cellules présente l'aspect d'un schéma de cellules superposé à une carte mais de nombreuses tâches ont dû être effectuées pour en arriver là.

Un plan nominal des cellules, avec un ou deux exemples de prévisions de couverture, est souvent compris dans les propositions remises en réponse à des appels d'offres.

e. Prévision de couverture et de brouillage

Les plans nominaux ne constituent qu'une première base théorique pour des actions de planification plus avancées. Les étapes successives de la planification doivent prendre en compte les caractéristiques de propagation radio dans l'environnement réel considéré. Ceci exige des moyens puissants de mesure et des outils d'analyse assistée par ordinateur pour effectuer les études de propagation radio.

Les outils de planification comportent un ensemble de prévision pouvant réaliser :

- ❖ Les prévisions de couverture.
- ❖ La synthèse des couvertures composites.
- ❖ Les prévisions de brouillage dans la même voie.
- ❖ Les prévisions de brouillage entre canaux adjacents.

Ces prévisions théoriques sont complétées par des mesures utilisées pour optimiser les paramètres du modèle de propagation.

f. Relevés des sites et mesures radio :

Après élaboration du plan nominal des cellules et un premier contrôle approximatif par rapport aux prévisions de couverture et de brouillage, il faut passer à la visite de la zone concernée.

❖ Relevés des sites :

Des relevés sont réalisés sur tous les emplacements proposés de sites. De nombreux points doivent être contrôlés et vérifiés, par exemple :

- Localisation précise.
- Espace disponible pour les équipements radio, batteries et système de climatisation, y compris les antennes.
- Cheminements des câbles.
- Possibilités d'alimentation électrique.
- Contrat avec le propriétaire des lieux.

L'environnement radio doit également être contrôlé, pour s'assurer que le site ne comporte aucun autre équipement radio risquant de provoquer des problèmes d'intermodulation, ou que le site n'est pas entouré d'immeubles (ou autres structures) d'une hauteur excessive.

❖ Mesures radio :

Les mesures radio sont réalisées pour permettre d'adapter les paramètres utilisés dans les outils de planification à l'environnement réel, c'est-à-dire au climat et à la topographie de la zone concernée, car chaque région a des caractéristiques de propagation qui lui sont propres.

Un émetteur d'essai est installé et l'intensité du signal est mesurée en se déplaçant dans la zone.

g. Evaluation des mesures

De retour dans les bureaux, les résultats de ces mesures peuvent être comparés aux valeurs délivrées par l'outil de planification en simulant le même type d'émetteur et les paramètres de planification sont adaptés à la situation réelle.

h. Plan final des cellules

Il est maintenant temps d'élaborer le plan final des cellules, sachant que nous pouvons à présent faire confiance aux prévisions délivrées par l'outil de planification. Comme son nom l'indique, ce plan est utilisé pour l'installation du système. De nouvelles prévisions de couverture et de brouillage sont réalisées.

2. Planification de la partie fixe :

La planification de la partie fixe consiste à dimensionner les équipements nécessaires pour le réseau fixe. On entend par réseau fixe, dans le cas des systèmes WLL, les contrôleurs de station de base (BSC), les équipements nécessaires pour connecter les sites radio aux BSC et les BSC au réseau téléphonique ainsi que les supports de transmission utilisés.

Le procédé de dimensionnement repose essentiellement sur les données de départ telles que le nombre d'abonnés à desservir, leurs emplacements et la qualité de service exigée.

a- Installation des équipements :

Après ajustage des paramètres de planification pour approcher la réalité, à l'implantation des équipements :

- Installation du centre MSC et du BSC.
- Installation des équipements radio.
- Implantation des pylônes.
- Installation des antennes sur des pylônes.
- Raccordement au réseau de distribution d'énergie et installation des batteries.
- Installation des liaisons hertziennes, fibre optique et filaire.

b- Réglage du réseau :

Après l'installation de l'ensemble d'équipements, des réglages de différents paramètres sont effectués avant la mise en service du réseau. Le réglage est basé sur des testes de contrôle de fonctionnalité effectués pendant l'inspection de l'environnement radio. Les principaux tests de contrôle et réglages sont pour :

MSC/BSC :

Vérification de la table d'analyse des abonnés, la table de routage du trafic et la vérification due à l'acheminement de service, ainsi que la taxation des abonnés et le traitement de différents types de trafic.

BSS (sous système radio) :

Le contrôle de puissance d'émission et le changement de paramètres de communication.

c- Réglage fin du système :

Un certain temps après la mise en service du système, il faut de nouveau contrôler la manière dont il est adapté à son environnement réel. Ceci est appelé « réglage fin du système ».

Ces opérations englobent :

- Contrôle de la réalisation correcte du plan final des cellules.
- Evaluation des réclamations éventuelles des usagers.
- Contrôle du niveau correct des performances du système.
- Le cas échéant, modification des paramètres et exécution d'autres mesures.

La plupart des réseaux WLL installés à ce jour ont connu des extensions significatives. L'augmentation du nombre d'abonnés et du trafic dans le réseau et le besoin éventuel d'élargir la zone de couverture, ce qui nous conduit à recommencer la procédure décrite ci-dessus. Les travaux de planification des cellules ne sont jamais finis.

IV.2.5. Optimisation et maintenance du système :

Comme tout les autres cas e »s systèmes cellulaires, le système 1X EV-DO nécessite une optimisation continue. L'optimisation du réseau correspond au processus qui a pour but d'améliorer globalement la qualité du réseau et de s'assurer que les ressources du réseau sont utilisées de façon efficace. Il convient durant cette phase d'analyser le réseau ainsi que d'améliorer ses performances.

IV.2.6. Dimensionnement du réseau :

Le dimensionnement d'un réseau cellulaire permet d'assurer la minimisation du coût de la liaison radio et de l'infrastructure du réseau, en tenant compte de la couverture radio et de la taille des cellules sous réserve de contraintes de la qualité du service (QoS). Le dimensionnement par la couverture d'un réseau cellulaire permet essentiellement de calculer la taille et l'emplacement des cellules.

La figure présente le processus de dimensionnement par couverture :

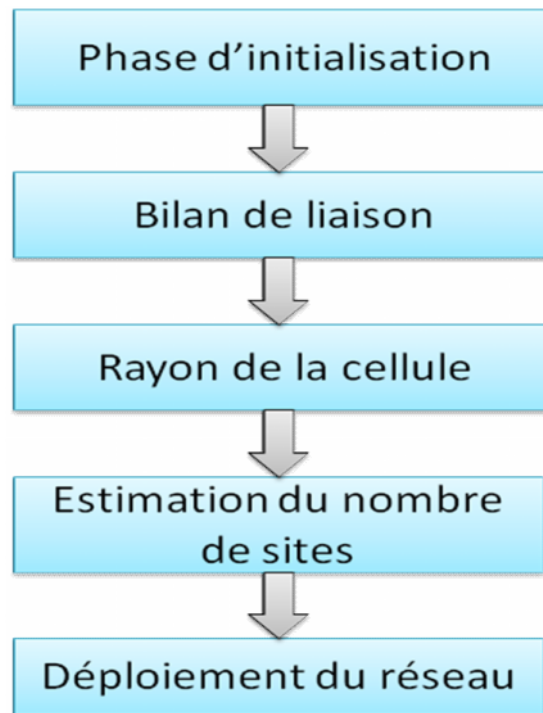


Figure IV.3 : Processus dimensionnement

a. phase d'initialisation :

Le dimensionnement d'un réseau 1x EV-DO est un processus qui permet d'estimer à partir des besoins et des exigences de l'opérateur, le nombre d'équipements nécessaires ainsi que leurs configurations. Selon des exigences, On distingue trois (03) catégories définies chacune par différents paramètres :

➤ La couverture :

- Zone de couverture ;
 - Type d'environnement,
 - Propriétés de propagation.
-
- Spectre disponible ;
 - Qualité de service :
- Probabilité de couverture ;
 - Taux de blocage ;
 - Débit utilisateur.

A partir de la phase d'initialisation, on peut estimer les paramètres du lien radio (le débit des données, le rapport E_b/N_0), les paramètres des équipements (puissance du terminal, type d'antennes...).

b. Le bilan de liaison :

La réalisation d'un bilan de liaison RLB (Radio Link Budget) permet de déterminer l'affaiblissement maximal alloué MAPL (Maximum Allowable PathLoss). Cette valeur servira pour le modèle de propagation afin de déterminer le rayon de cellule. Sachant la taille de la cellule, on pourra donc déterminer pour la zone à planifier le nombre de stations de base nécessaires.

Les critères technique liés aux services (type de service, débit), aux types d'environnement, aux comportements des terminaux utilisés (puissance, gain), à la configuration du réseau (gain d'antenne, les pertes dues aux câbles) devraient étre pris en considération lors de ce calcul.

- ❖ **Paramètres du bilan de liaison :** La réalisation du bilan de liaison repose principalement sur les paramètres suivants :

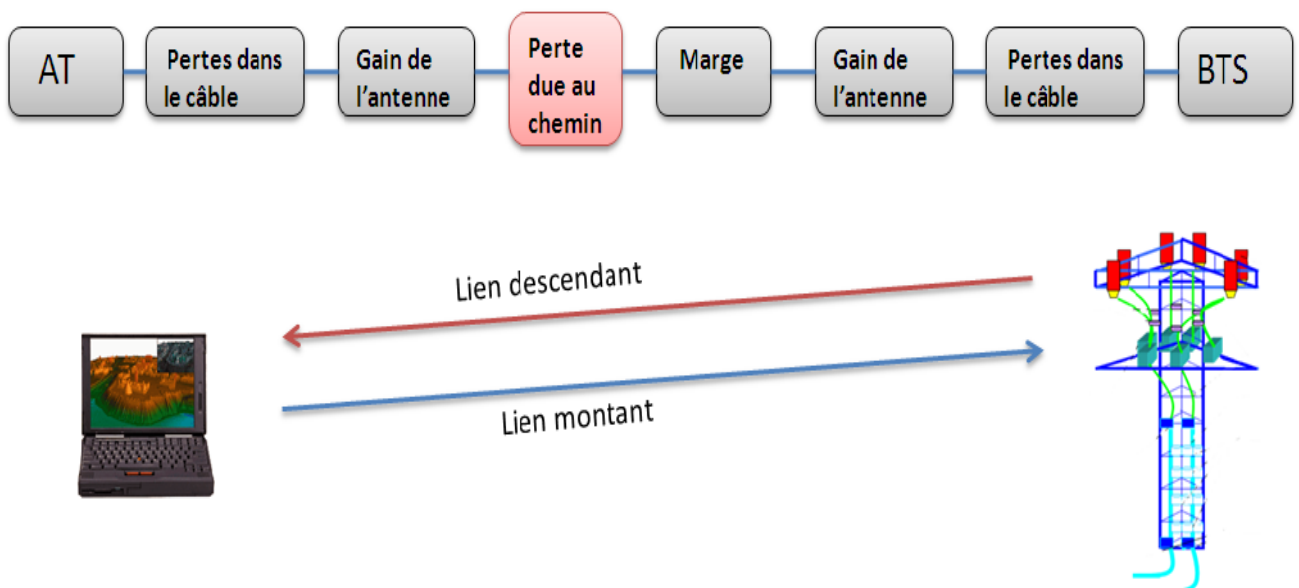


Figure IV.4 : Paramètres du bilan de liaison.

✓ **Paramètres de transmission :**

- **Bruit thermique**: sa puissance N_{th} est donnée par $k \cdot T_0$ avec k est la constante Boltzmann ($k = 1.38 \cdot 10^{-20}$ mW/Hz/K) et $T_0 = 293$ K : $N_{th} = -174$ dBm/Hz.
- **Débit Chip T_c** : fixé à 1.2288 Mchips/s.
- **Marge de fading de masquage (Shadowing margin)**: elle est due aux effets de masquage. Elle est en fonction de la probabilité de couverture de la cellule, localisation du terminal et du Gain de *Soft handover*.

✓ **Paramètres de l'équipement utilisateur :**

- **Puissance maximale (PUE)** : elle varie selon la classe des mobiles. Pour les mobiles de classe 3, elle est de 24 dBm. Pour les mobiles de classe 4, elle est de 21 dBm.
- **Gain d'antenne du mobile** : G_{UE}
- **Pertes dans les câbles d'alimentation de l'antenne du mobile** : L_{fMS}
- **Perte due au corps de l'utilisateur** : L_{Body} .

✓ **Paramètres de la BTS :**

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

✓ **Autres paramètres :**

- **Gain de traitement (Processing Gain)** : $G_p = 10 \cdot \log(\text{débit chip} / \text{débit service})$
- **(E_b/N_0) requis (dB)** : cette variable caractérise la qualité de service à atteindre pour le service considéré, ou E_b présente l'énergie par bit du signal et N_0 représente la puissance totale du bruit et interférences. Elle varie en fonction de la mobilité de l'utilisateur, du débit, du service, du profil des multi trajets et

da la structure des antennes de la station de base. En effet, plus les exigences en terme de E_b/N_0 sont élevées, plus faible serait la capacité du système et plus faible serait le nombre d'utilisateurs qui pourrait être servis simultanément.

- ***Gain de Virtual/Soft handover (GSHO)*** : il correspond au gain que le mobile réalise dans une situation de soft handover. Dans cette situation, le mobile est connecté à plus qu'une station de base et donc utilise une puissance minimale.
- ***Marge d'interférence (NRUL: Noise RiseUL)*** : Ce paramètre correspond au niveau d'augmentation du bruit du à l'augmentation de la charge dans la cellule. Cette marge d'interférence est liée au facteur de charge (η_{ul}) qui mesure la charge de chaque lien (montant ou descendant). La marge d'interférence est importante si la capacité et donc la charge autorisée dans la cellule sont importantes. Ainsi, dans les zones urbaines, cette marge doit être importante alors que dans les zones rurales, la marge d'interférence est faible. Le réseau doit être planifié de façon à pouvoir supporter une certaine marge d'interférence afin de garantir un rayon minimum pour la cellule.
- ***Constante de slow fading*** : selon l'environnement choisi (indoor, outdoor), on laisse une marge décrivant les effets de masque.
- ***Marge de Fading rapide ou fast Fading*** : cette marge correspond au contrôle de puissance. Elle varie de 2 à 5 dB.

❖ **Bilan de liaison du lien descendant :**

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

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

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

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

$$\text{NBTS} = - N_{th} + NF + 10 * \log (T_c)$$

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

$$TO_{int} = 10 * \log [10 * ((NBTS + NRul) / 10) - 10 ^ (NBTS / 10)]$$

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

$$TO_{int_bruit} = 10 * \log [10 ^ (TO_{int} / 10) + 10 ^ (NBTS / 10)]$$

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

$$SRx = (Eb / N0) + TO_{int_bruit} - Gp$$

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

$$L = EIRP - SRx + GUE - LfMS + GSHO - MFad_shadow$$

❖ Bilan de liaison du lien montant:

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

$$EIRP (dBm) = PUE + GUE - LBody - LfMS$$

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

$$LMax_UL = EIRP + GBTS - LfBTS + GSHO - MFad_shad$$

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

c. Estimation du rayon de la cellule :

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

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

$$S = K r^2$$

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

Configuration de site	Omni	2-secteurs	3-secteurs	6-secteurs
Valeur de K	2.6	1.3	1.95	2.6

Tableau IV.1 : Les valeurs de K par type d'antenne.

Le nombre de sites requis pour la couverture est obtenu en divisant la surface totale de la zone à planifier par la surface couverte par un site. La figure résume le processus de calcul du nombre de sites suivant les deux liens montant et descendant.

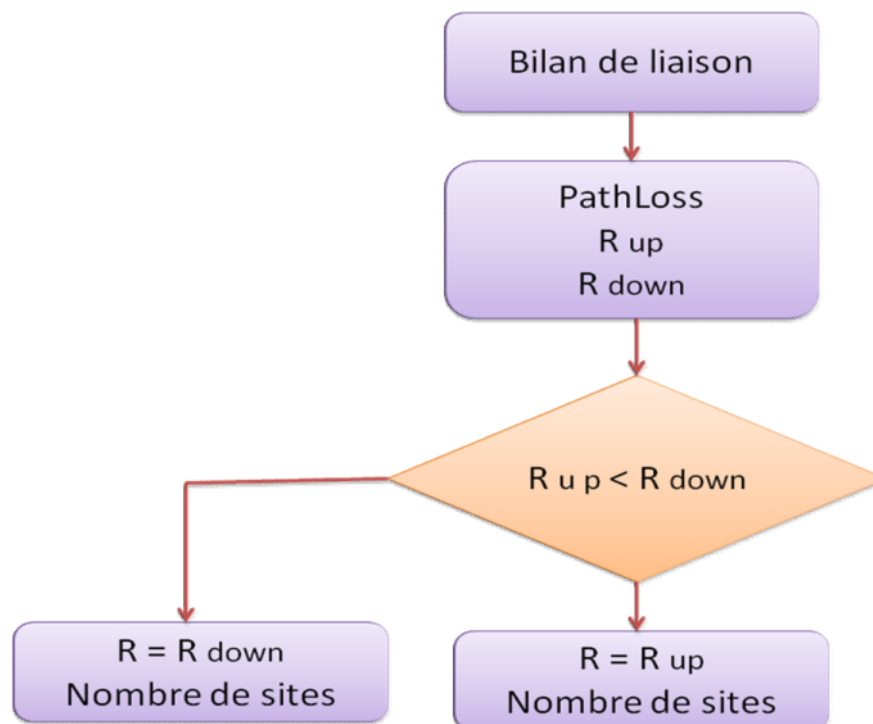


Figure IV.5 : Processus de calcul du rayon de couverture.

d. Déploiement du réseau :

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

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté la méthodologie de planification d'un réseau EV-DO. Pour cela trois parties ont été évoquées. Dans la première, nous avons commencé par introduire des concepts généraux relatifs à la partie radio du réseau. Dans la deuxième partie, nous avons étudié le processus de planification du réseau WLL en présentant ces différentes phases. Enfin, nous avons détaillé la phase de dimensionnement. Cette dernière consiste à déterminer le nombre de station de base à déployer afin d'assurer une couverture optimale.

Pour mettre en pratique le processus de dimensionnement en tenant compte des contraintes réelles de planification, nous allons étudier dans le chapitre suivant le déploiement du réseau 1X EV-DO sur une zone géographique sous le logiciel ATTOL.

V.1. Description du projet :

Notre projet consiste à planifier un réseau CDMA 2000 1X EV-DO. Il se décompose en trois (03) étapes : la première est consacrée à l'étude théorique qui nous permet de faire le dimensionnement du réseau, puis le déploiement de ce système sur une zone géographique donnée (région de Beni Douala dans notre cas). Enfin, le prélèvement des paramètres du réseau en utilisant un logiciel de planification cellulaire ATTOL.

Cette étude doit répondre à des exigences ou un cahier des charges qui définit les moyens techniques et les objectifs à atteindre pour l'opérateur.

V.2. Description de la région :

La région de Beni Douala est une zone montagnarde située à 17 Km au sud de la ville de Tizi-Ouzou sur une altitude qui varie entre 200 et 900 m. La zone de couverture dans cette région à étudier comporte trois (03) communes ; Ait Mahmoud, Beni Douala et Beni Aissi, qui sont toutes des zones suburbaines.

V.3. Description du logiciel :

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

Le logiciel permet de choisir le type de projet à réaliser à savoir GSM, CDMA 2000, GPRS et UMTS ainsi que leurs différents paramètres constitutifs. On peut définir le modèle de propagation, le type d'antennes, les caractéristiques des sites...

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

- couverture par le niveau du champ ;
- couverture par émetteur ;
- zone de recouvrement ;
- couverture par niveau de E_c/I_0 .

La figure suivante représente l'interface graphique du logiciel ATOLL :

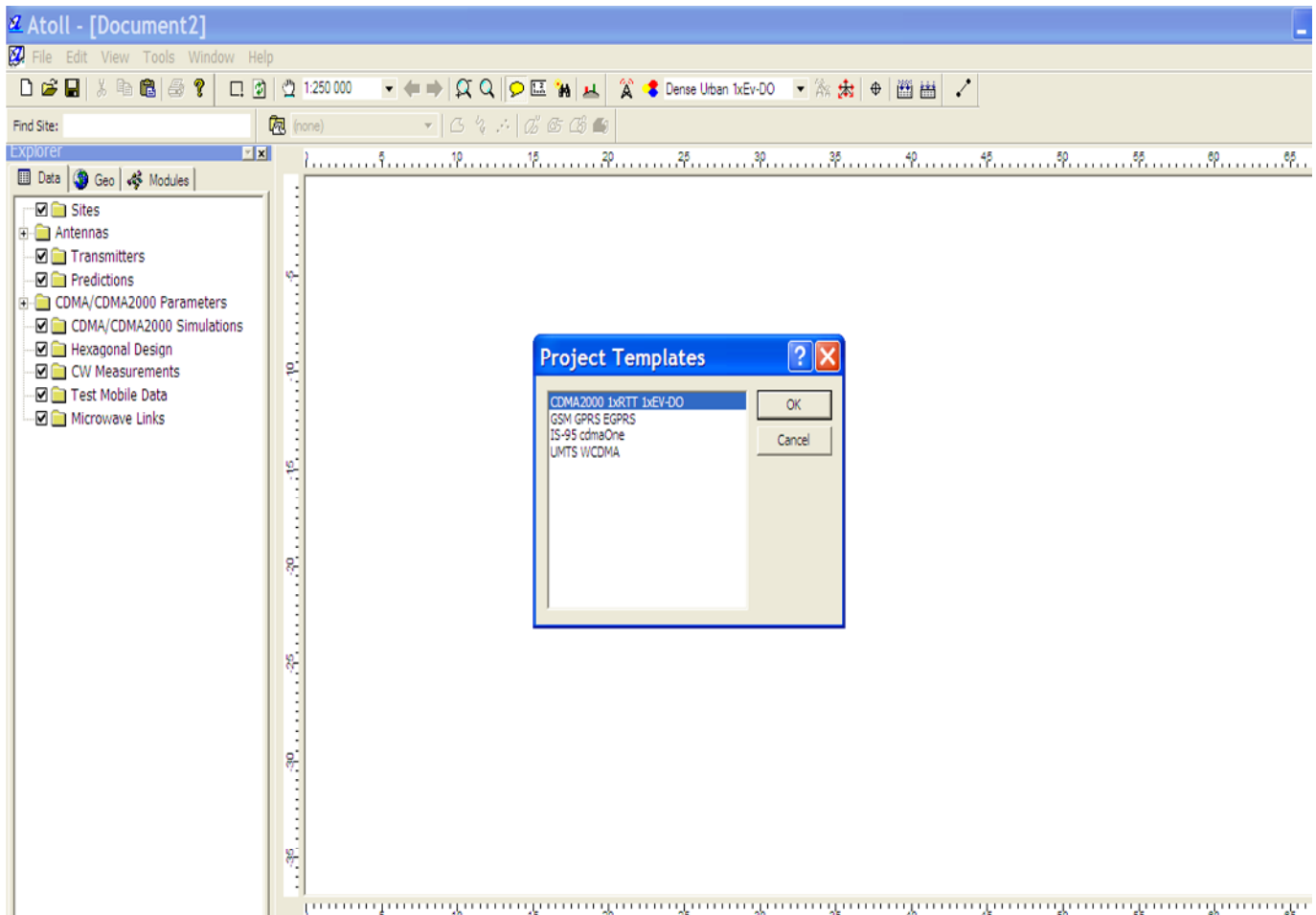


Figure V.1 : l'interface du logiciel ATOLL.

V.4. Calcul de la superficie de la zone à couvrir :

Après avoir choisi le projet à réaliser (CDMA 2000 1X EV-DO), on doit calculer la superficie de la zone à couvrir afin de déterminer la distribution des cellules. Pour se faire, on doit d'abord importer une carte géographique de la zone avec une échelle qui convient à celui du logiciel, ensuite délimiter la zone et le logiciel calcul automatiquement la superficie de cette région.

Dans notre cas la zone d'étude s'étend sur une superficie de 67.25 Km² comme indiqué dans la figure V.2 :

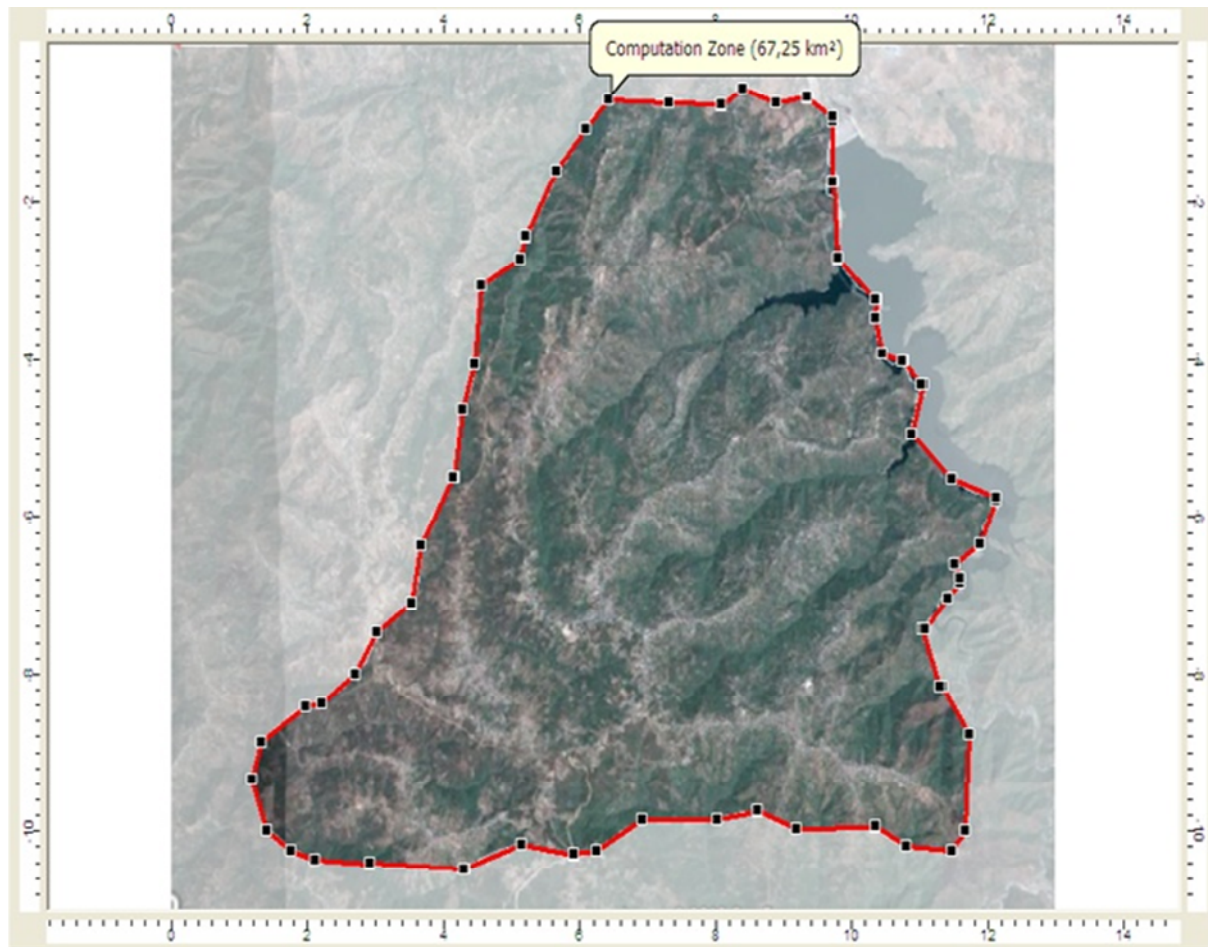


Figure V.2 : calcul de la superficie de la zone d'étude.

V.5. Processus de dimensionnement du réseau :

Il comporte plusieurs étapes principales citées ci-dessous :

V.5.1. Phase d'initialisation :

Avant de passer au calcul des bilans de liaison du réseau, on doit d'abord définir quelques paramètres de base comme :

a. La couverture :

- La zone de couverture est la région de Beni Douala. Elle a une superficie de 67.25km^2 .
- Type d'environnement : la région de Beni Douala est considérée comme une zone suburbaine.
- Le modèle de propagation : le modèle utilisé dans ce système est celui d'Okumura-Hata.

b. Spectre disponible :

- La fréquence porteuse est $F_p = 800$ Mhz.

c. Qualité de service :

- Probabilité de couverture : 70 %.
- Taux de blocage : 2 %.
- Débit utilisateur : jusqu'à 2.4 Mbps.

V.5.2. Bilan de liaison :

Le bilan de liaison est le calcul de toute la chaîne de transmission. Il permet de déterminer l'affaiblissement maximal alloué MAPL (Maximum Allowable Path Loss), qui est utilisé dans les modèles de propagation afin de déterminer le rayon maximal de la cellule et par la suite le nombre de sites requis.

Pour calculer le bilan de liaison l'opérateur doit estimer certains paramètres illustrés dans les tableaux suivants :

a. Bilan de liaison pour le lien descendant :

débit			
Paramètre du bilan de liaison	unité	formule	Valeur
Emetteur (station de base).			
Puissance d'émission (P_{BTS})	dBm	A	43.01
Gain de l'antenne (G_{BTS})	dB	B	15.7
Perte corps humain (L_{BODY})	dBm	C	3
PIRE (puissance isotrope rayonnée équivalente)	dBm	$d = a + b - c$	55.71
Récepteur (Terminal)			
Densité de bruit thermique (Nth)	dBm/H z	E	-166
Bruit du récepteur (NF)	dB	F	8
Densité de bruit du récepteur	dBm/H z	$g = e + f$	-158
Puissance du bruit du récepteur	dBm	$h = g + 10 \log(T_c)$	-188.89
Marge d'interférence	dB	i	12
Puissance d'interférence au récepteur	dBm	$j = 10 \log(10^{(i+h)/10} - 10^{h/10})$	-177.17
Total bruit et interférence	dBm	$K = 10 \log(10^{h/10} + 10^{j/10})$	-176.90
E_b/N_0	dB	m	3.24
Sensibilité du récepteur (SRX)	dBm	n	-112.11
Gain de l'antenne (G_{UE})	dB	o	0
Perte de câble (L_{FMS})	dB	p	0
Marge de fading rapide	dB	q	5.40
Path loss maximal (MAPL)	dB	r	161.42
Exigence de l'opérateur			
Probabilité de couverture	%		80
Marge de fading lent	dB	s	5.6
Gain du handoff virtuel	dB	t	4
Pénétration dans les bâtiments (BPL)	dB	u	16
Pertes de propagation permises	dB	$v = r - s + t - u$	143.82

Tableau V.1 : bilan de liaison du lien descendant.

b. Le bilan de liaison pour le lien montant :

débit			
Paramètre du bilan de liaison	unité	formule	Valeur
Emetteur (terminal).			
Puissance d'émission (P_{UE})	dBm	a	23
Gain de l'antenne (G_{UE})	dBi	b	0
Perte corps humain (L_{BODY})	dBm	c	3
PIRE (puissance isotrope rayonnée équivalente)	dBm	d= a+b-c	20
Récepteur (station de base)			
Densité de bruit thermique (Nth)	dBm/Hz	e	-174
Bruit du récepteur (NF)	dB	f	5
Densité de bruit du récepteur	dBm/Hz	g = e+f	-169
Puissance du bruit du récepteur	dBm	h = g+ 10log(T_c)	-175.08
Marge d'interférence	dB	i	3.01
Puissance d'interférence au récepteur	dBm	j = 10log($10^{(g+h)/10} - 10^{h/10}$)	-170.31
Total bruit et interférence	dBm	K=10log($10^{h/10} + 10^{j/10}$)	-169.06
E_b/N_0	dB	m	3.24
Sensibilité du récepteur (SRx)	dBm	n	-122.93
Gain de l'antenne (G_{BTS})	dBi	o	15.70
Perte de câble (L_{BTS})	dB	p	6
Marge de fading rapide	dB	q	5.40
Path loss maximal (MAPL)	dB	r	152.23
Exigence de l'opérateur			
Probabilité de couverture	%		80
Marge de fading lent	dB	s	5.6
Gain du soft handover (GSOH)	dB	t	4
Pénétration dans les bâtiments (BPL)	dB	u	16
Pertes de propagation permises	dB	v=r-s+t-u	134.63

Tableau V.2 : bilan de liaison du lien montant.

V.5.3. Calcul du rayon de la cellule :

Le rayon de cellule est obtenu suite à la réalisation d'un bilan de liaison qui permet de déterminer l'affaiblissement maximal alloué MAPL (Maximum Allowable PathLoss). Cette valeur servira pour le modèle de propagation afin de déterminer le rayon de cellule. Sachant la taille de la cellule, on pourra donc déterminer pour la zone à planifier le nombre de stations de base nécessaires.

On détermine d'abord la portée (d) de la cellule par l'application du modèle de propagation Hata-Okumura :

$$Lu = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log Hb + (44.9 - 6.55 \log Hb) \log(d) - a(Hm) - K.$$

$$a(Hm) = (1.1 \log f - 0.7) Hm - (1.56 \log f - 0.8).$$

$$K = 2 \log^2(f/28) + 5.4.$$

Lu : perte de propagation (Path loss) (dB).

a(Hm) : facteur de correction.

Hb : hauteur de la station de base(m).

Hm : hauteur du terminal(m).

d : diamètre de la cellule(m).

f : fréquence du lien (Mhz).

Application numérique :

Les paramètres	Lien montant	Lien descendant
<i>f</i> (MHz)	870	870
Hm (m)	1.5	1.5
Hb (m)	40	40
a (Hm)	0.02	0.02
K	9.85	9.85
Path loss (dB)	152.23	161.42
d (km)	12.53	19.88
R = d/2 (km)	6.26	9.94
comparaison	R up < R down	

Tableau V. 3: calcul du rayon de la cellule.

Pour que le rayon satisfait la liaison montante et descendante on doit choisir le plus petit des deux rayons calculés R_{up} et R_{down} . D'où on aura $R = 6.26$ Km.

V.5.4. Estimation du nombre de sites :

Après avoir calculé la surface totale (S_t) de la région d'étude et le rayon d'une cellule, on doit passer au calcul de la surface d'une seule cellule pour déterminer le nombre de cellules, sachant qu'on utilise des sites tri sectoriel et chaque secteur est considéré comme une cellule.

- $S = K * R^2$ avec $K = 1.95$ pour les antennes trisectorielle.
 $S = 76.41 \text{ Km}^2$
- Nombre de cellule : $N = S_t / S = 67.25 / 76.41 = 0.88$.

V.6. Déploiement du réseau EV-DO :

Après calcul des bilans de liaison et détermination du rayon et nombre de cellule. On passe à l'utilisation du logiciel ATTOL, qui simule le découpage que nous avons proposé et d'ajuster quelques paramètres en fonction du besoin.

Les différentes étapes du déploiement sont indiquées dans l'organigramme suivant :

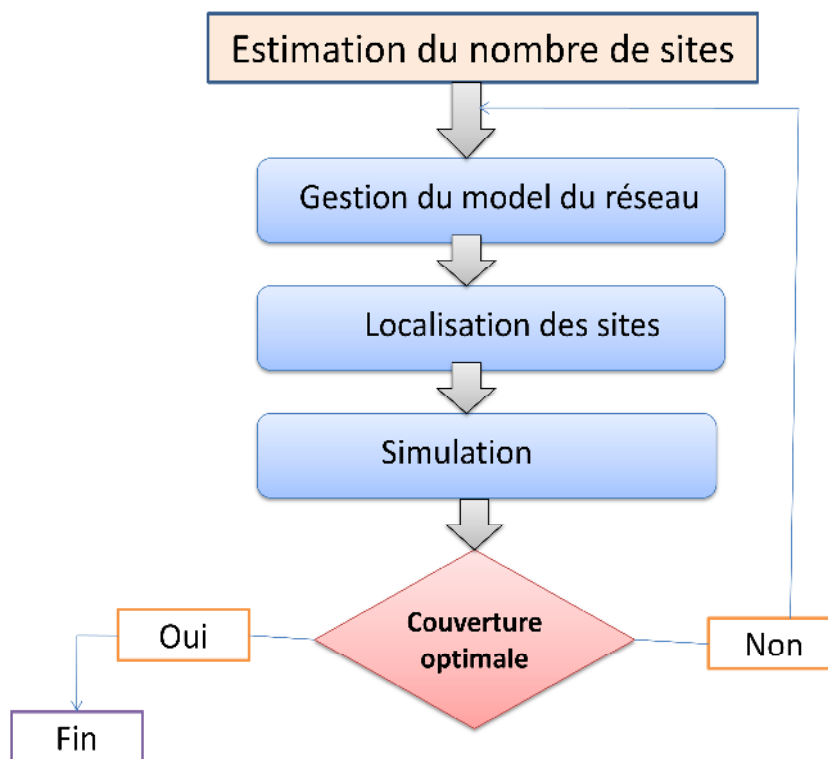


Figure V.3 : processus de déploiement du réseau EV-DO.

V.6.1. Gestion du modèle CDMA 2000 EV-DO :

Après avoir dimensionné le réseau on passe au déploiement du réseau avec le logiciel ATTOL, en paramétrant les caractéristiques des sites. Nous définissons :

- Le rayon de la cellule ;
- Le type de l'antenne, dans notre cas on choisira une antenne de 120 degré 14.5 dBi ;
- Le tilt ;
- Le modèle de propagation (Okumura-Hata).

La figure V.4 illustre les différents paramètres à définir :

The screenshot shows a software window titled "sub urbain evdo properties". It has three tabs: "General", "Transmitter", and "CDMA/CDMA2000". The "General" tab is active. It contains the following fields:

- Name: sub urbain evdo
- Sectors: 3
- Hexagon Radius: 2000 m
- Main Antenna Model: 120deg 14.5dBi 0Tilt
- 1st Sector Azimuth: 0 °
- Mechanical Downtilt: 0 °
- Height: 40 m

The "CDMA/CDMA2000" section is also visible, containing two sub-sections:

- Main Matrix: Propagation Model: Okumura-Hata, Radius: 4000 m, Resolution: 100 m
- Extended Matrix: Propagation Model: (none), Radius: m, Resolution: m

At the bottom, there are three buttons: "OK", "Annuler", and "Appliquer".

Figure V.4 : propriétés des sites

V.6.2. Localisation des sites :

Après avoir géré les modèles, défini les caractéristiques des antennes et des cellules, on lance une planification automatique sur la zone de calcul, comme on peut le faire manuellement.

La distribution des sites est présentée sur la figure

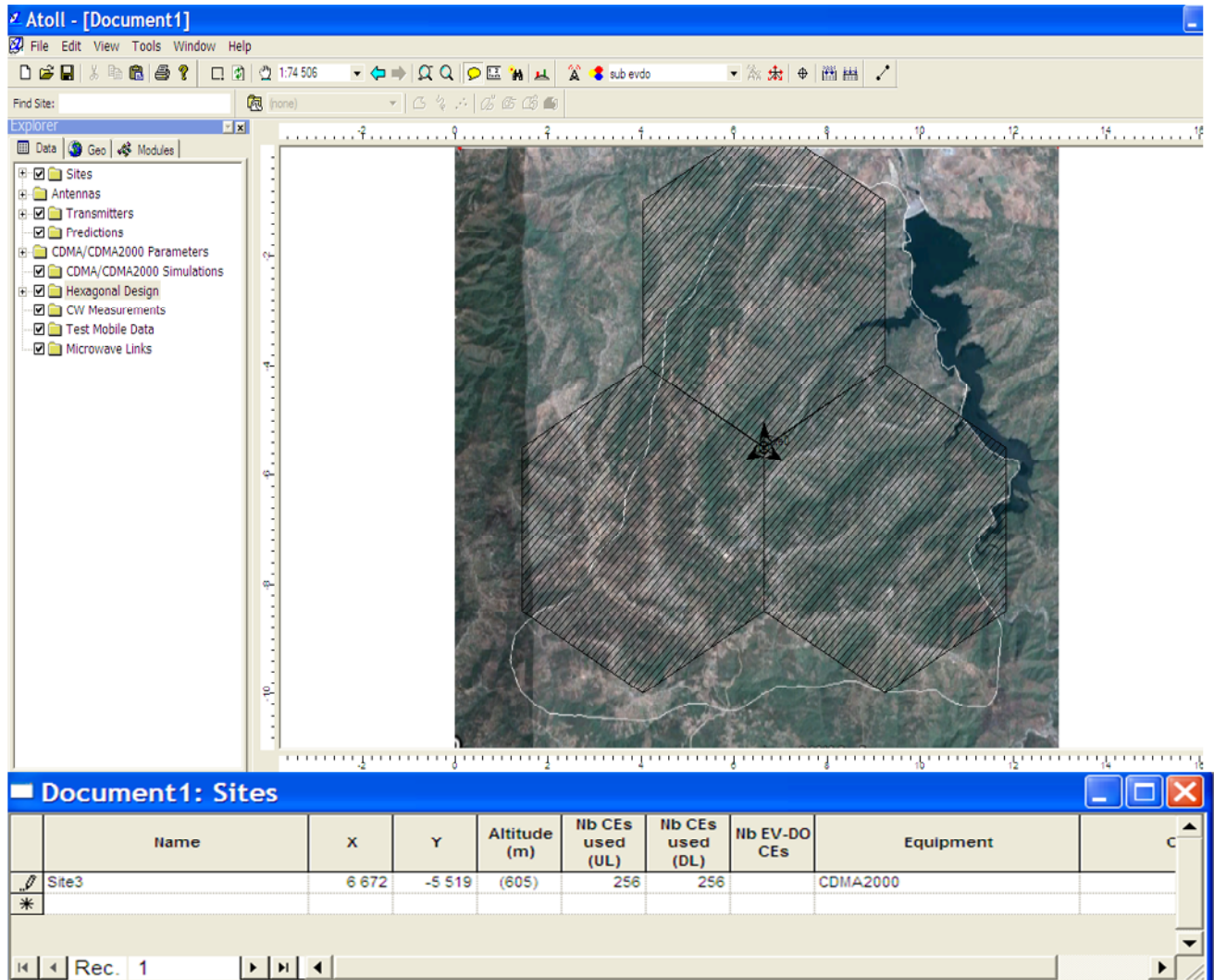


Figure V.5 : localisation des sites sur la zone de calcul

Après localisation des sites avec un rayon de couverture de 6.26 Km, on constate qu'on a un seul site. Du point de vue que le logiciel ne prend pas en charge les reliefs de la région, de ce fait on pas une couverture optimale. Alors on a recours à augmenter le nombre de site en diminuant le rayon e couverture à 4 Km.

La figure V.6 schématise la nouvelle distribution des sites après correction du rayon :

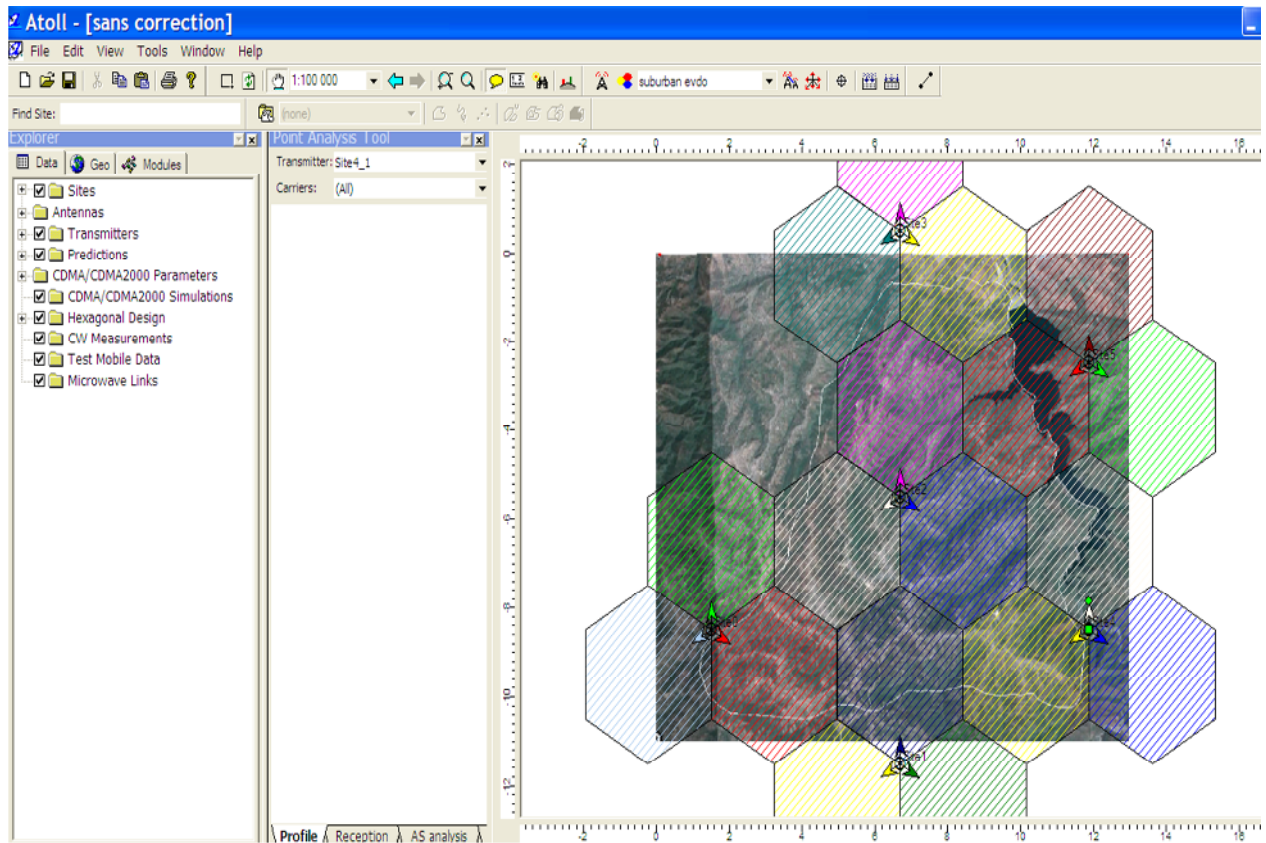


Figure V.6 : présentation de la nouvelle localisation des sites

Avec ce rayon de 4 km, on a trouvé 6 sites. En analysant la carte obtenue, nous avons décidé de supprimer trois sites qui correspondent aux sites 1,5,3 et de relocaliser les sites 0,2,4 afin d'optimiser la couverture.

Vu la nature de la région (montagneuse) ainsi que la distribution de la population et les différents reliefs la constituant, on relocalise les sites vers des endroits stratégiques de hauteur importante et jouant sur l'azimut des émetteur. La nouvelle carte est définie dans la figure V.8.

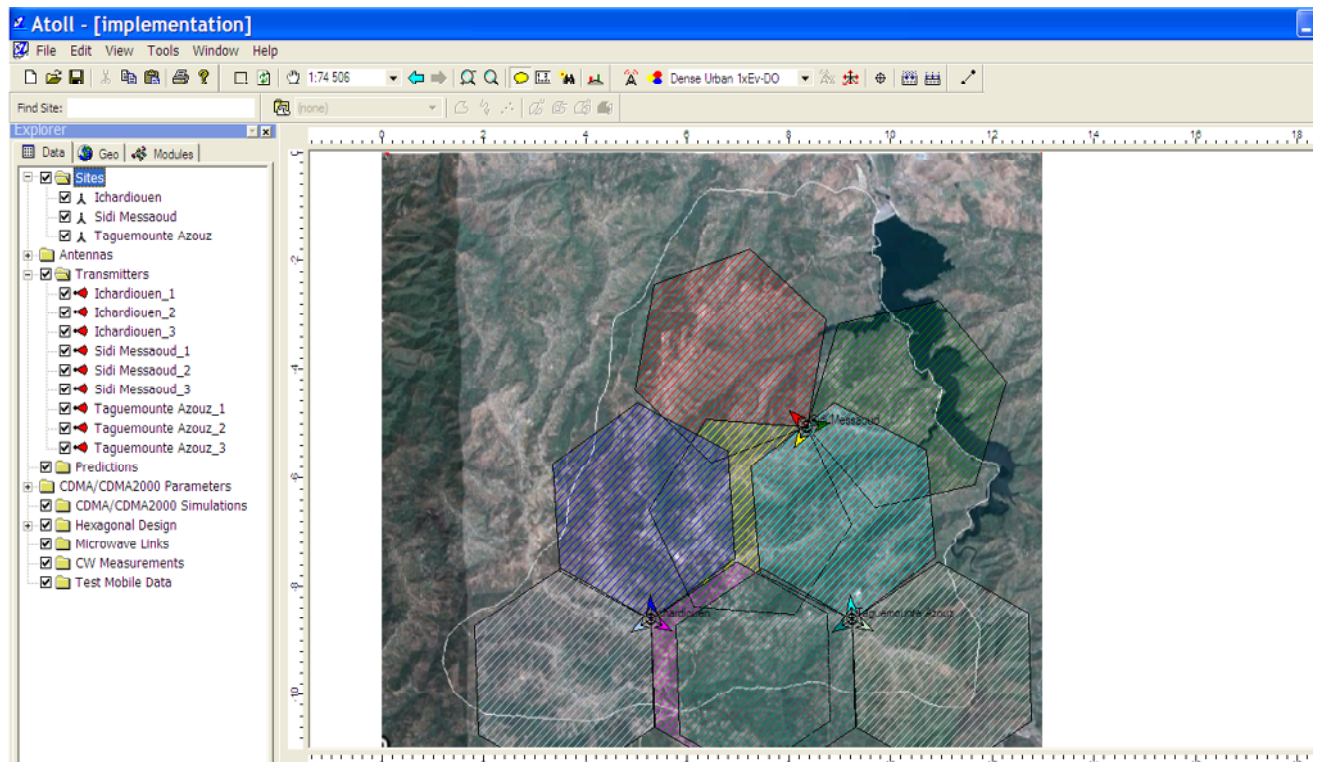


Figure V.7 : carte de distribution des cellules après correction

Les nouvelles caractéristiques des sites sont les suivantes :

Sites	Altitude (m)	X	Y	secteur	azimut
Site Sidi Messaoud	588	8358	-5066	Sidi Messaoud 1	311
				Sidi Messaoud 2	78
				Sidi Messaoud 3	214
Site Taguemount Azouz	804	9245	-8614	Taguemount Azouz 1	355
				Taguemount Azouz 2	118
				Taguemount Azouz 3	238
Site Ichardiouene	834	5283	-8614	Ichardiouene 1	356
				Ichardiouene 2	118
				Ichardiouene 3	238

Tableau V.4 : nouvelles caractéristiques des sites.

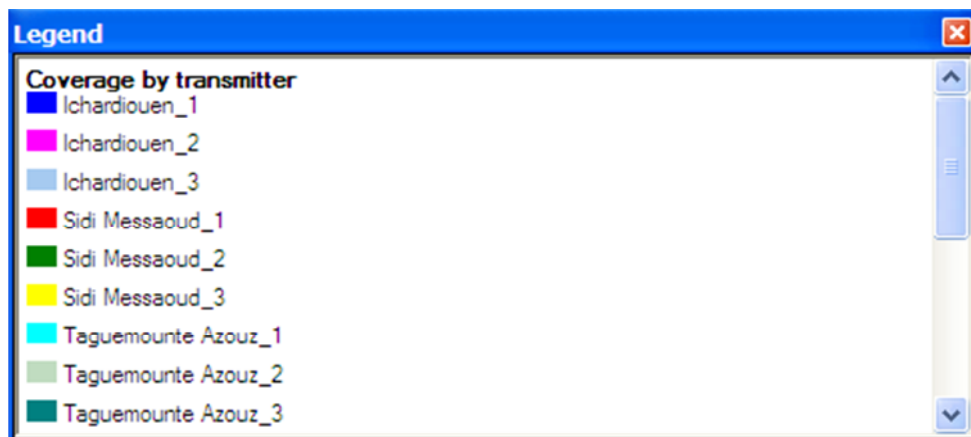
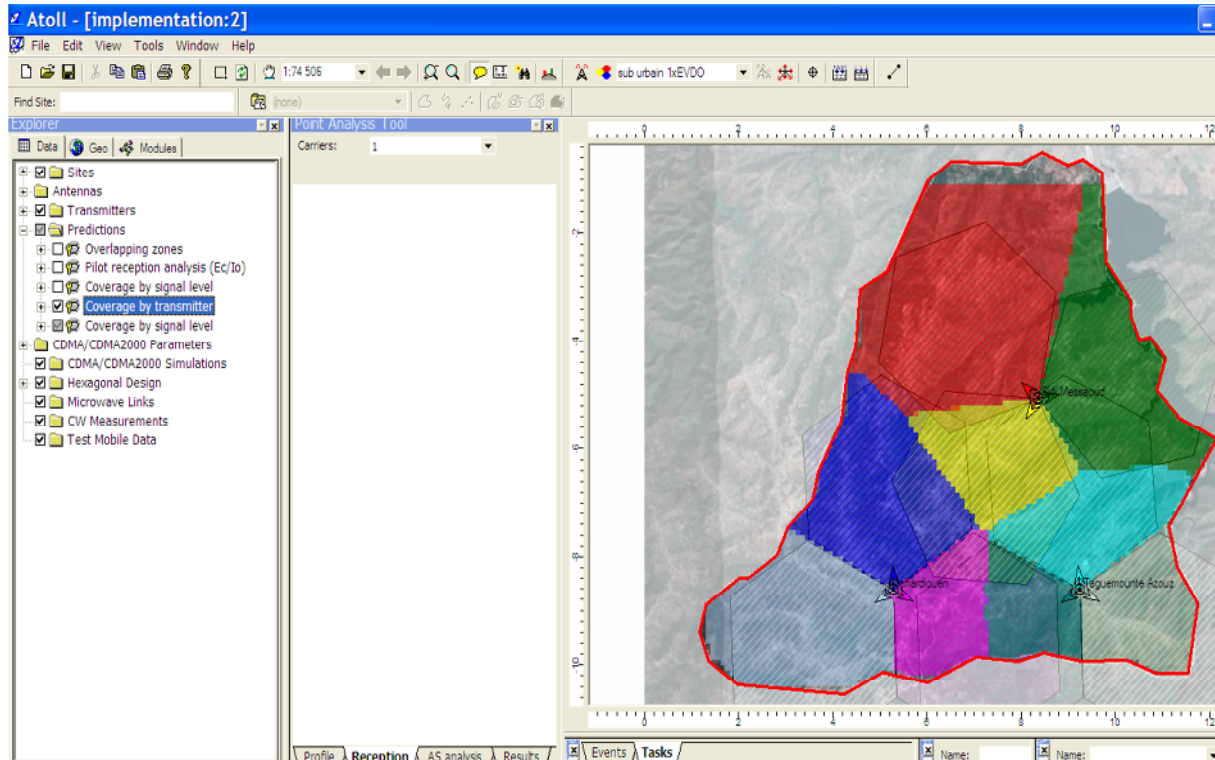
V.6.3. Prédiction et simulation des paramètres du réseau:**a- Carte de couverture par émetteur :**

Figure V.8 : Carte de couverture par émetteur

b- Carte d'analyse de réception pilote (Ec/I0) :

Avec la fonction « Pilot reception analysis » du logiciel on peut visualiser le niveau d'interférence entre les cellules.

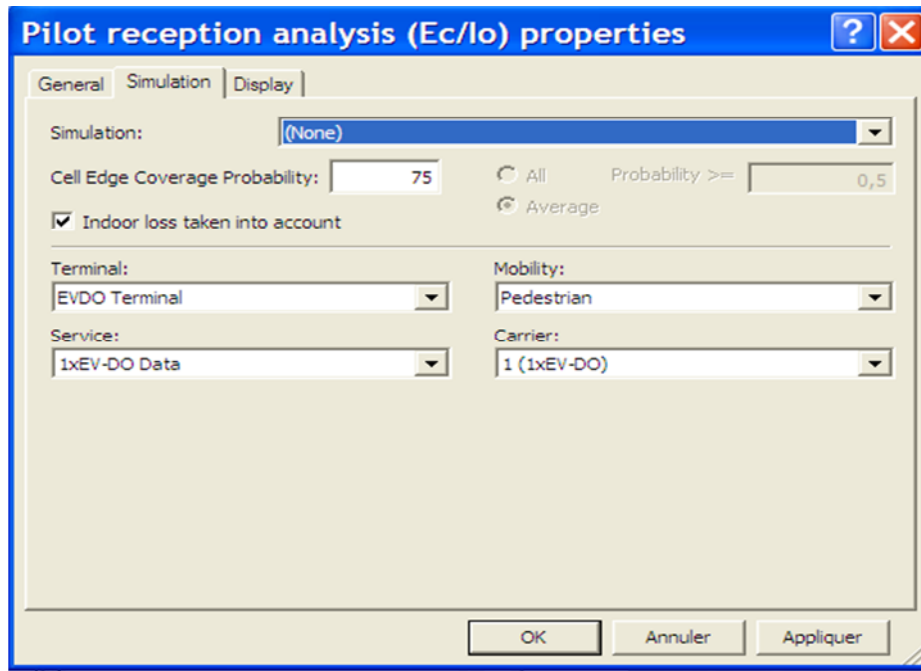


Figure V.9 : paramètres d'analyse de réception pilote.

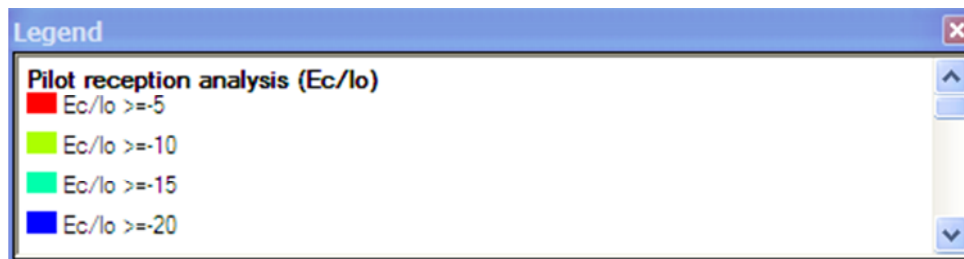
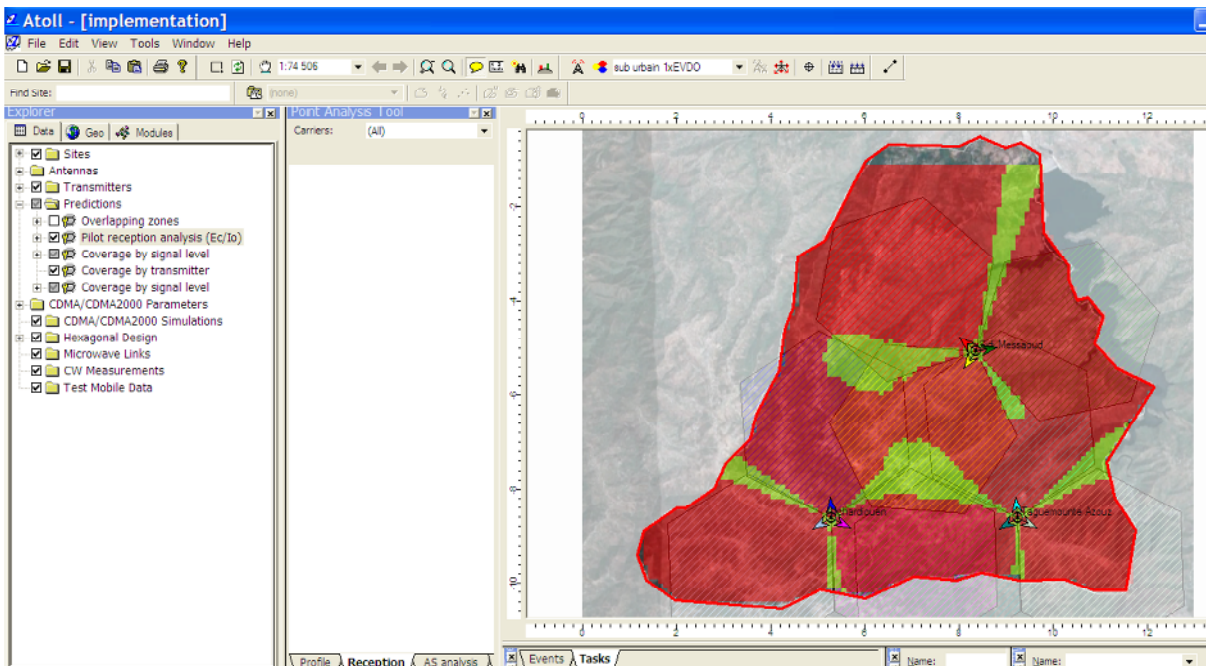


Figure V.10 : Carte d'analyse de réception pilote (Ec/I0)

Malgré qu'on a ajusté l'azimute des émetteurs pour avoir une bonne couverture dans la région de calcul on observe un niveau d'interférence de -10dB aux bordures des cellules, et un niveau de -5dB à l'intérieur.

c- Carte de zone de recouvrement (zone overlapping) :

La prédiction de zone de recouvrement permet d'estimer le nombre de cellules disponible pour servir un utilisateur. Cette prédiction nous permet de localiser les zones où s'effectue le handoff.

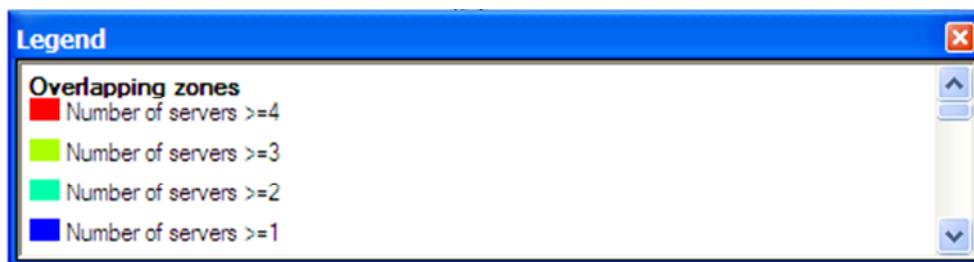
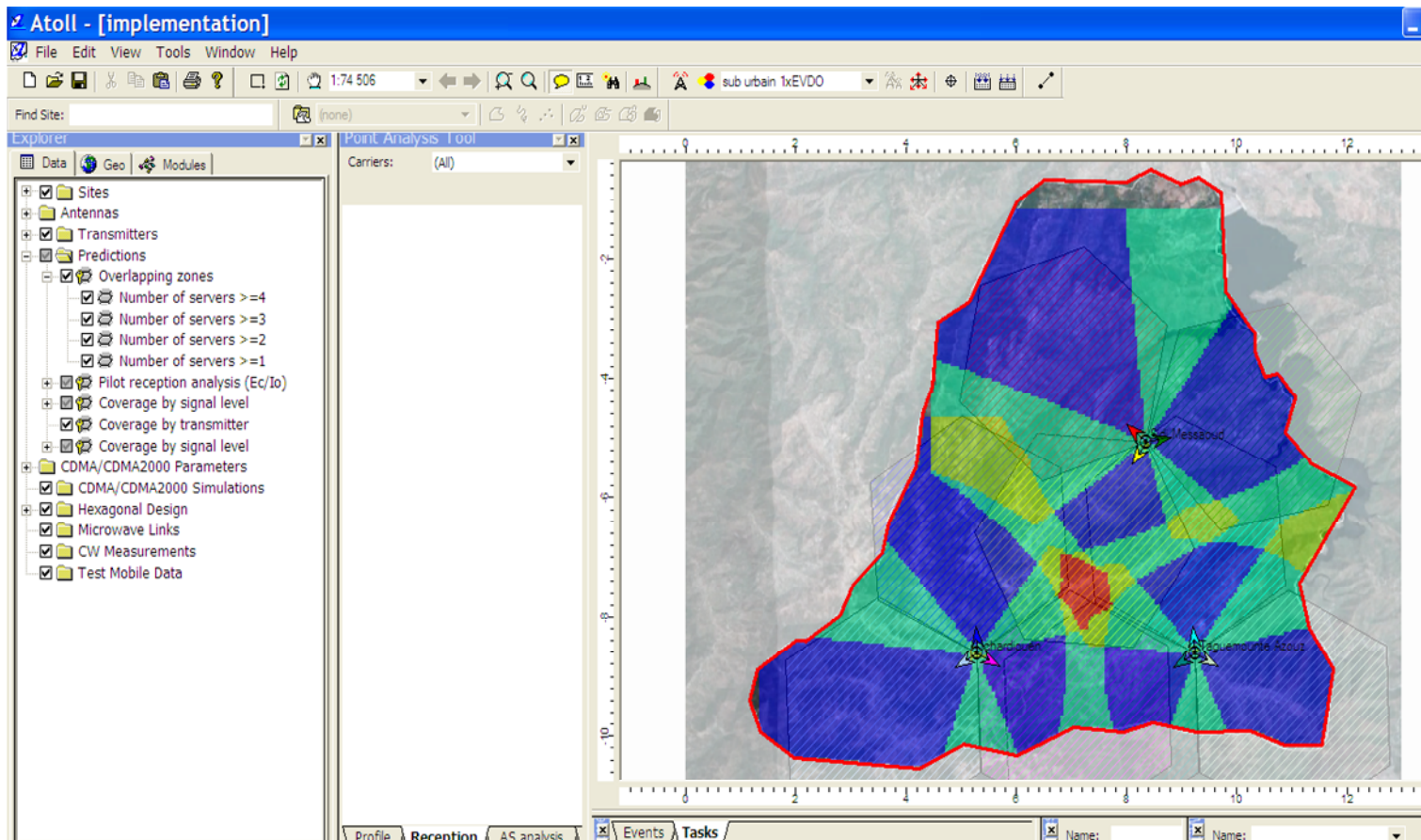
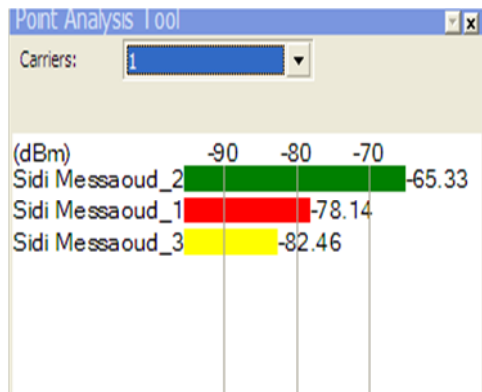


Figure V.11 : carte de zone de recouvrement.

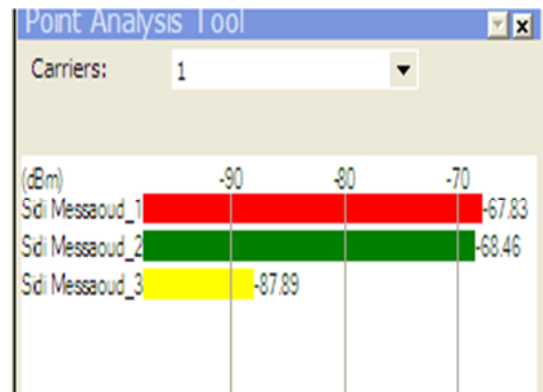
On remarque qu'un point de la zone d'étude est couvert dans la majorité des cas par un seul serveur. Aux bordures des cellules on a deux. Certaines zones 'intersection des cellules présente trois serveurs ou plus. Pour simplifier la procédure de sélection de cellule il est préférable de limiter la couverture à trois serveurs maximum.

Le point de reception est couvert par le serveur ou la puissance est la plus grande, comme il peut etre servi par un ou plusieurs.

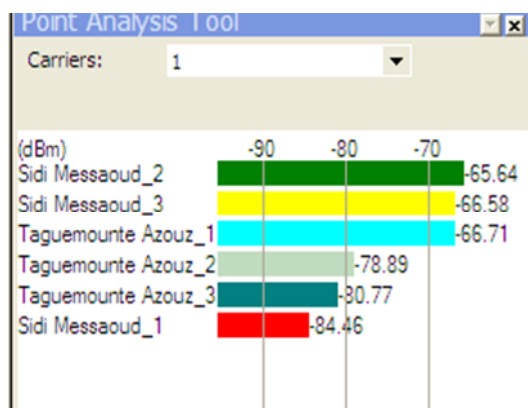
Exemple de couverture :



Couverture par un seul serveur
(Sidi Messaoud_2).

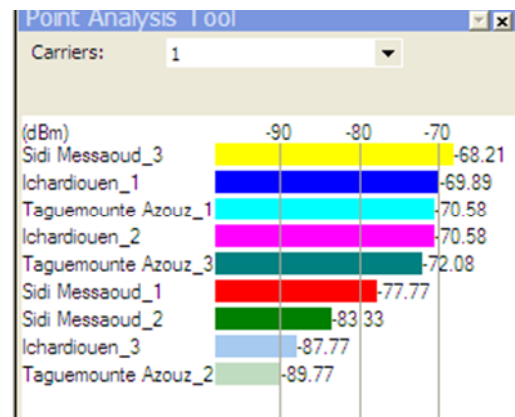


Couverture par deux serveurs :
(Sidi Messaoud_1 et Sidi Messaoud_2).



Couverture par trois serveurs

- Sidi Messaoud_2,
- Sidi Messaoud_3,
- Taguemount Azouz_1



couverture par quatre serveurs

- Sidi Messaoud_3
- Ichariouene_1
- Taguemount Azouz_1
- Ichariouene_2

Figure V.12 : exemples de couverture par serveurs.

V.7. Rattachement des cellules vers le BSC :

Après avoir estimé les résultats obtenus de la couverture du réseau déployé, on passe au rattachement des cellules vers le BSC de Tizi Ouzou via Belloua en utilisant le faisceau hertzien comme support de transmission comme l'indique la figure V.13.

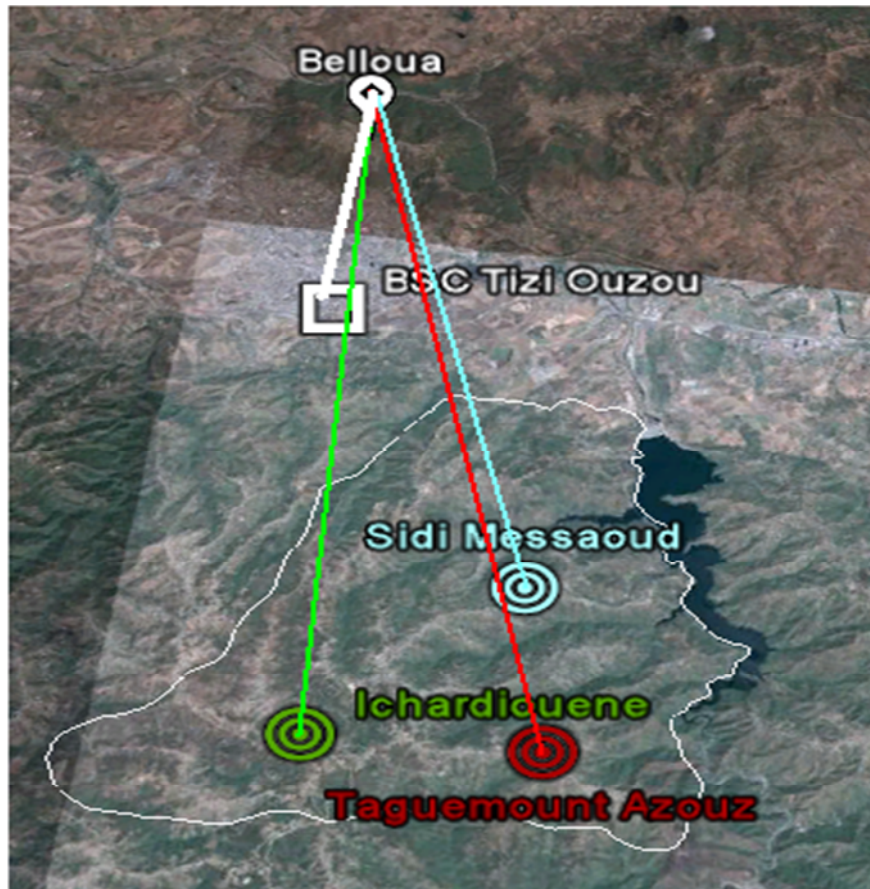


Figure V.13 : rattachement des cellules par les liaisons FH.

Conclusion :

Dans cette partie nous avons dimensionné et déployer le réseau EV-DO sur une zone géographique choisie (région de Beni Douala).

On a entamé le travail par un calcul théorique du bilan de liaison afin de déterminer le rayon et le nombre des cellules à déployer. Ensuite l'emplacement des ces cellules sur la zone d'étude après correction. Et enfin, la réalisation de quelques prédictions et simulations de différents paramètres afin d'évaluer les performances du réseau.

Conclusion générale :

Dans ce mémoire, nous avons tout d'abord présenté les caractéristiques des réseaux sans fil. Ensuite, nous avons développé une étude de la boucle locale radio WLL, en mettant l'accent sur celles qui sont basées sur la technique d'étalement de spectre. L'évaluation des performances a commencé par l'élaboration de notre approche qui repose sur une étude détaillée des caractéristiques fondamentales de la technologie 1xEV-DO

L'implémentation de ce modèle grâce à l'outil de planification et de simulation radio Atoll a permis de profiter du caractère flexible de cet outil pour concrétiser notre modélisation et notre configuration de base ainsi que l'exécution des différents scénarios à savoir ; gestion des modèles, localisation des sites et prédiction des paramètres (couverture par émetteur, analyse de réception pilote et zone de recouvrement).

D'après nos résultats, la capacité de la technologie 1xEV-DO à satisfaire les exigences de qualité de service des applications évoluées confirme le potentiel de cette future méthode d'accès radio. En effet, ces résultats montrent que cette technique d'accès radio est capable de garantir une meilleure satisfaction (débit et couverture).

D'une part Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les réseaux cellulaires. Ainsi il nous a permis d'étudier la phase de dimensionnement qui est la plus importante dans le déploiement du réseau.

D'autre part, le stage effectué au sein d'Algérie Telecom avec l'équipe technique nous a permis d'avoir un aperçu réel sur les différents équipements mis en jeu dans les systèmes de télécommunication, leur maintenance et l'importance de la supervision des équipements. Aussi nous nous sommes familiarisés avec le logiciel professionnel ATOLL.

En perspective nous souhaitons que cette solution soit implémentée réellement dans cette région.

Annexe :

Les modulations discrètes :

Les modulations discrètes consistent à moduler un signal numérique par une porteuse analogique. Comme dans la modulation analogique trois possibilités sont offertes :

- ASK (Amplitude Shift Keying), modulation par déplacement d'amplitude (MDA).
- FSK (Frequency Shift Keying), modulation par déplacement de fréquence (MDF).
- PSK (Phase Shift Keying), modulation par déplacement de phase (MDP).

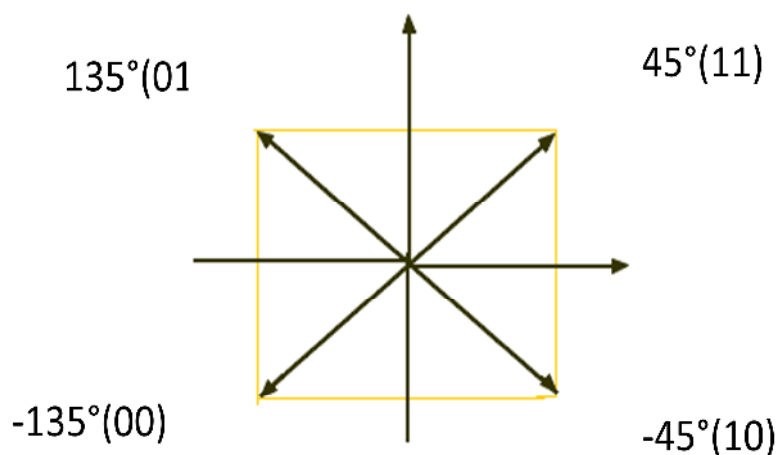
La modulation par déplacement de phase (PSK) :

Binary Phase Shift Keying (BPSK):

Le principe utilisé est d'associer aux éléments binaires 0 et 1 des phases différentes, à la même fréquence. Ainsi la phase modulée prend soit la valeur 0° soit la valeur 180° . Ce type de modulation donne une porteuse présentant des sauts de phase de π à chaque changement de l'information binaire comme le montre la figure suivante :

Quaternary Phase Shift Keying (QPSK):

La modulation QPSK possède quatre états de phase équidistants de 90° . Contrairement à la BPSK où un bit d'information correspond à un état de phase, la QPSK présente deux bits d'information pour un état de phase.



Annexe :

Définition de certains termes :

Bit = (Binary Information element) la plus petite quantité d'information représentable en informatique (0 ou 1), représentant le signal d'information en bande de base.

Symbole = c'est l'unité utilisée en modulation et démodulation. L'information est désignée en Bits, mais une fois codée ou encore lorsqu'elle subit une transformation tels que Répétition, ajout de code de correction, son unité devient : Symbole.

Chip = Peut être vu comme concept de durée de temps.

dBm : est le niveau absolu de puissance par rapport à un 1 mW.

Exemple : pour $P = 10 \text{ W}$, sa conversion en dBm :

$$10 \text{ Log} (10 \text{ W} / 1\text{mW}) = 10 \text{ Log} (10000) = 40 \text{ dBm}$$

dBW : est le niveau absolu de puissance par rapport à un 1 W.

Exemple : si $P = 1 \text{ W}$, sa conversion en dBW

$$10 \text{ Log} (1 \text{ W} / 1 \text{ W}) = 10 \text{ Log} 1 = 0 \text{ dBW}$$

dB : (décibel) : exprime le rapport de deux grandeurs de champs (tensions, courants .), il exprime aussi le rapport lié à la puissance.

Exemple : pour calculer en dB combien une puissance A à de plus ou de moins qu'une puissance B, on applique la formule : $10 \text{ Log} (P_A / P_B)$

Le bruit thermique :

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

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

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

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

Paquet : c'est la plus petite unité d'information pouvant être envoyée sur le réseau. Un paquet contient en général l'adresse de l'émetteur, l'adresse du récepteur et les données à transmettre.

Annexe :

Protocole : est un langage standard de communication entre deux machines de type différent permettant le transfert des fichiers sur un réseau.

Le protocole IP (internet Protocol) :

Le IP est le protocole utilisé à l'internet, il se charge de transmettre les données sous forme de paquets. L'envoi de ces paquets est réalisé en fonction des adresses des réseaux ou des sous-réseaux qu'il contient. L'IP a été inventé par Vinton Cerf et Bob Kahn en 1973 dans le cadre d'un projet de recherche de la défense Américaine ; il s'agit de trouver des technologies permettant de relier des réseaux transportant des paquets de données.

Le protocole TCP (Transport Control Protocol):

La plupart des applications qui emploient la suite du protocole TCP/IP s'appuient sur le TCP au niveau transport et sur IP pour la gestion de l'adressage et du routage. Parmi les différentes fonctionnalités du TCP ; le control du flux.

- Différents types du handoff :

Il existe plusieurs sortes du handoff à savoir :

- Soft handoff :

C'est le processus d'établissement d'un lien avec un secteur voisin avant de couper le lien avec le secteur en service (courant).

- Softer handoff :

C'est comme le soft handoff, sauf qu'il se déroule entre secteurs appartenant à la même BTS.

- Hard handoff :

Le hard handoff se déroule quand deux secteurs ne sont pas synchronisés ou ne sont pas sur la même fréquence. Il y a interruption dans la communication de voix et de données mais celle-ci est de courte durée et n'affecte pas la communication.

- Le handoff virtuel :

Dans le système de téléphonie cellulaire CDMA conventionnel, le trafic descendant est transporté par tous les secteurs dans l'ensemble actif du mobile pour améliorer la fiabilité particulièrement pendant les handovers.

Dans les systèmes EV-DO, le trafic descendant est assuré par un seul secteur choisi par le terminal à partir de son ensemble actif. Etant donné que le terminal reçoit le trafic d'un seul secteur à la fois, il n'y a aucune perte de débit due au soft handover

Annexe :

dans les systèmes IS-856. D'autre part, le terminal peut rapidement resélectionner son secteur de service pour s'adapter à de nouvelles conditions de canal. Dans le meilleur des cas, le secteur de service choisi parmi l'ensemble actif devrait être celui qui maximise le débit de lien descendant comme perçu par le terminal. Ainsi, un secteur avec la puissance pilote la plus forte est généralement préféré.

Commutation par circuit :

La commutation par circuit est fondée sur la négociation et la construction d'un chemin unique entre deux équipements. Les données sont envoyées sur la même route, donc le délai est fixe.

Le système téléphonique emploie le plus souvent cette technique

Commutation par paquet :

C'est une méthode de transmission de messages à travers un réseau de communication. Avec cette technique, les messages sont découpés en paquets, et chaque paquet comporte l'adresse nécessaire pour son routage. Dans les nœuds du réseau, les paquets sont reçus dans une file d'attente, ensuite transmis après l'analyse des adresses sur la voie de transmission. A l'arrivée, les messages sont reconstitués à partir des paquets reçus.

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

La commutation de paquets supporte la commutation à débit variable.

Glossaire :

1X EV-DO: 1X Evolution Data Only.

1xEV-DO: 1x evolution Data Optimized.

AAA: Authentication Authorization Accounting.

ACK: Acknowledgement.

AN: Access network.

AP: Access Point.

ARQ: Automatic Repeat Request.

AT: Access terminal.

ATM: Asynchronous Transfer Mode.

AUC: Authentication Center.

BER: Bit Error Ratio.

BPSK: Binary Phase Shift Keying.

BS: Base Station.

BSC: Base Station Controller.

BSS: Base Station System.

BTS: Base Transceiver System.

CDMA: Code Division Multiple Access.

CN: Core Network.

DECT: Digital Enhanced Cordless Telecommunications.

DL: Data Rate Control.

DL: Downlink (Forward Link).

DS-CDMA: Direct-Sequence Code Division Multiple Access.

EDGE: Enhanced Data rates for GSM Evolution.

FDD: Frequency Division Duplex.

FDMA: Frequency Division Multiple Access.

GPRS: General Packet Radio Service.

GPS: GPS Timing Module.

GSM: Globe System for Mobil Communication.

HDR: High Data Rate.

HLR: Home Location Register.

Glossaire :

MAC: Message authentication code.

MHz: Mega Hertz.

MS: Mobile Station.

MSC: Mobile Switching Center.

NSS: Network Sub System.

OMC: Operation Maintenance Centre.

PCS: Personal Commutation System.

PDSN: Packet Data Serving Node.

PN: Pseudo Noise.

PPP: Point-to-Point Protocol.

PSTN: Public Switched Telephone Network.

QoS: Quality of Service.

QPSK: Quaternary Phase Shift Keying.

RF: Radio Frequency.

CDMA: Code Time Division Multiple Access.

TCP: Transmission Control Protocol.

TD-CDMA: Time Division-Code Division Multiple Access.

TDD: Time Division Duplex.

TDMA: Time Division Multiple Access.

UATI : Unicast Access Terminal Identification.

VLR : Visitor Location Register.

WCDMA : Wide band Code Division Multiple Access.

Liste des figures :

Figure I.1 : Classification des réseaux sans fil selon l'étendue géographique.....	2
Figure II.1 : architecture de la boucle locale radio.....	20
Figure II.2 : la partie extérieure d'une station de base.....	21
Figure II.3 : les différents types de stations de base.....	22
Figure II.4 : l'accès multiple par répartition de fréquences (FDMA).....	27
Figure II.5 : l'accès multiple par répartition du temps (TDMA).....	28
Figure II.6 : l'accès multiple par répartition de codes (CDMA).....	28
Figure II.7: signal bande étroite et signal étalé.....	30
Figure II.8 : étalement de spectre par séquence directe.....	31
Figure II.9 : étalement du spectre dans l'émetteur DSSS.....	31
Figure II.10 : désétalement du spectre dans le récepteur DSSS.....	32
Figure II.11 : Spectre idéal d'une modulation à saut de fréquences.....	33
Figure II.12 : Durée chip et saut de fréquence.....	33
Figure III.1 : Le terminal 1x EV-DO.....	36
Figure III.2 : Structure du réseau 1X EV-DO.....	38
Figure III.3 : structure des liens montant et descendant du réseau EV-DO.....	40
Figure III.4 : la comparaison de la réception de données entre IS-95 et 1x EV.....	40
Figure III.5: structure du canal descendant.....	41
Figure III.6 : Structure en Slot du canal descendant.....	44
Figure III.7 : Sélection du meilleur secteur serveur en se basant sur le C/I mesuré....	45
Figure III.8 : Structure du canal montant.....	46
Figure III.9 : Le débit offert en fonction du rayon de couverture.....	49
Figure III.10 : allocation d'adresse pour le AT.....	50
Figure III.11 : installation d'un appel provenant de AT.....	51
Figure III.12 : installation d'un appel provenant de AN.....	52
Figure III.13 : fermeture d'appel.....	52
Figure III.14: Le handoff dormant AN-AN.....	53

Liste des figures :

Figure III.14 : handoff de 1X EV-DO vers IS 2000 lorsque AT est inactif.....	55
Figure III.15 : handoff de IS 2000 vers 1X EV-DO lorsque AT est inactif.....	56
Figure III.16: handoff de IS 2000 vers 1X EV-DO lorsque AT est actif.....	57
Figure III.17 : handoff de 1X EV-DO vers IS 2000 lorsque AT est actif.....	57
Figure IV.1 : Différence entre couverture théorique et celle réelle.....	62
Figure IV.2: Processus de planification de la partie radio.....	70
Figure IV.3 : Processus dimensionnement	76
Figure IV.4 : Paramètres du bilan de liaison.....	77
Figure IV.5 : Processus de calcul du rayon de couverture.....	81
Figure V.1 : l'interface du logiciel ATOLL.....	84
Figure V.2 : calcul de la superficie de la zone d'étude.....	85
Figure V.3 : processus de déploiement du réseau EV-DO.....	90
Figure V.4 : propriétés des sites.....	91
Figure V.5 : localisation des sites sur la zone de calcul.....	92
Figure V.6 : présentation de la nouvelle localisation des sites.....	93
Figure V.7 : carte de distribution des cellules après correction.....	94
Figure V.8 : Carte de couverture par émetteur	95
Figure V.9 : paramètres d'analyse de réception pilote.....	96
Figure V.10 : Carte d'analyse de réception pilote (Ec/I0)	97
Figure V.11 : carte de zone de recouvrement.....	98
Figure V.12 : exemples de couverture par serveurs.....	99
Figure V.13 : rattachement des cellules par les liaisons FH.....	100

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Les réseaux WPAN.....	2
Tableau I.2 : Les réseaux WLAN.....	4
Tableau I.3 : Les réseaux WMAN.....	6
Tableau I.4 : Les réseaux WWAN.....	10
Tableau II.1 : les normes utilisées dans le WLL.....	19
Tableau III.1 : caractéristiques du canal de trafic sur le lien descendant.....	43
Tableau III.2 : caractéristiques du canal de trafic sur le lien montant.....	46
Tableau III.3: handoff intra-1X EV-DO.....	58
Tableau III.4 : le handoff entre 1X et EV-DO.....	58
Tableau III.5 : différence entre CDMA 2000 1X EV-DO et CDMA 2000 1X.....	59
Tableau IV.1 : Les valeurs de K par type d'antenne.....	81
Tableau V.1 : bilan de liaison du lien descendant.....	87
Tableau V.2 : bilan de liaison du lien montant.....	88
Tableau V. 3: calcul du rayon de la cellule.....	89
Tableau V.4 : nouvelles caractéristiques des sites.....	94

Résumé :

Au cours de ces dernières années, l'essor des communications cellulaires a été spectaculaire avec le nombre d'abonnés croissants et les exigences techniques (débit, service,...). Les technologies radio sont apparues comme des solutions alternatives intéressantes à la boucle locale filaire traditionnelle. Actuellement cette technologie devient une solution de rechange aux raccordements filaires, en permettant un déploiement rapide et une offre de services perfectionnée ; voix, internet haut débit et vidéo conférence.

Nous avons réparti notre travail comme suit :

Nous commençons dans le premier chapitre à présenter en général les réseaux sans fils ainsi que leur classification selon l'étendu géographique, pour bien illustrer la notion sans fil.

Dans le deuxième chapitre nous présentons la boucle locale radio (WLL), son architecture et ses différentes interfaces, car elle représente l'élément de base avant de passer à une technologie avancée conçue spécialement pour la donnée à un débit important qui est nommée CDMA 2000 1X EV-DO et qui fait l'objet du troisième chapitre.

La planification et le dimensionnement sont introduits dans le quatrième chapitre. Et qui seront exploités par la suite dans le cinquième le chapitre ; un cas pratique qui porte sur le déploiement et simulation d'un réseau 1X EV-DO sous le logiciel ATOLL pour la région de Beni Douala.

D'une part Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les réseaux cellulaires. Ainsi il nous a permis d'étudier la phase de dimensionnement qui est la plus importante dans le déploiement du réseau.

D'autre part, le stage effectué au sein d'Algérie Telecom avec l'équipe technique nous a permis d'avoir un aperçu réel sur les différents équipements mis en jeu dans les systèmes de télécommunication, leur maintenance et l'importance de la supervision des équipements. Aussi nous nous sommes familiarisés avec le logiciel professionnel ATOLL.

En perspective nous souhaitons que cette solution soit implémentée réellement dans cette région. Et que le travail sera bénéfique pour nous ainsi que pour les promotions avenir.

Bibliographie :

- [1]: 1x EVolution IS-856 TIA/EIA Standard (Air link Overview)
QUALCOMM, Inc. November 7, 2001 Revision 7.2.
- [2]: cdma2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification
3GPP2 C.S0024, Version 4.0, Date: October 25, 2002.
- [3]: Principle and Implementation of EVDO System ZTE.
- [4]: Principle and Implementation of CDMA2000 1XRtt Systems ZTE.
- [5]: ZXC10-BSSB System ZTE.
- [6]: Rapport de Projet de fin d'études Thème: Etude et déploiement d'un réseau EV-DO dans un concept IMS. Réalisé par : Akkari Ramzi Tunis.
- [7]: Evaluation de performance de la méthode d'accès Radio 1x EV-DO.
MEHDI MEKNI UNIVERSITE LAVAL QUEBEC 2006.
- [8]: 3G Mobile Communication cdma2000 System—All-IP Architecture
ZTE
- [9]: CDMA Cellular Mobile Communications System Base Station Subsystem
Network Planning & Optimization ZTE.
- [10]: ORA0000003 Principes du CDMA2000. Version 4.1. Huawei.
- [11]: ORF 101101 CDMA 2000 description du hardware de la BTS3612.
- [12]: Présentation des réseau GSM et modélisation par le TEMS Cell Planner.
Ali Slimane Amel, Promotion 2009. UMMTO.
- [13]: Etude et dimensionnement d'un réseau téléphonique CDMA 1x_WLL.
Meziab Ahcene, Issamen Nadia. Promotion 2007, UMMTO.
- [14]: Etude des techniques d'étalement de spectre, application à la CDMA et simulation sous MATLAB. Tekfi Rezki, Saad Ammar. Promotion 2009, UMMTO.
- [15]: Etude de dimensionnement d'un réseau 3G (UMMTO). Application pour la ville de Tizi Ouzou. Mohamed Cherif Meszouk, Ramdane Rafik.
- [16]: Réseau 3G, Principes, architecture et service de l'UMTS.
- [17]: Réseau et communication sans fil. 2^{ème} édition. William Stallings.
- [18]: Dimensionnement et planification du réseau UMTS au niveau de HYDRA dans la wilaya d'Alger. Idiri Nora, Merouane Ammar. Promotion 2007.