

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane MIRA de Béjaia
Faculté de technologie
Département de Génie Electrique

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention d'un diplôme de master 2

Filière

Electronique

Option

Télécommunication

THEME

Planification d'un réseau mobile basé sur une technologie IP

Présenter par :

Mr. MADANI Hocine

Encadré par :

Mr. KHIREDINE A/K

Mlle. HAMADI.H

Soutenu devant le jury :

Mr. ROHA

Président

Mme. MEZHOUD

Examinatrice

Année Universitaire : 2012/2013

Dédicaces

A mes très chers parents

A mes sœurs et mes frères

A toute ma famille

A mes amis

A tous ceux que j'aime

ET à tous ceux qui m'aiment

Je dédie ce travail...

Madani Hocine

Remerciements

C'est avec un grand plaisir que je réserve cette modeste page de remerciements en signe de gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

D'abord, je tiens à ma sincère reconnaissance à mes encadreurs : M. KHIREDDINE A/K et Mlle HAMADI.# pour leur encadrement, leur disponibilité et les précieux conseils qu'elles m'ont prodigués tout au long de ce travail.

Mes remerciements les plus vifs s'adressent aussi à messieurs le président et les membres de jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer mon travail.

J'exprime également ma gratitude à tous les professeurs qui ont collaboré à ma formation depuis mon premier cycle d'étude jusqu'à la fin de mon cycle universitaire.

Table de matière

Liste des figures.....	I
Liste des tableaux.....	II
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Notions de base sur l'IP	
<i>Introduction.....</i>	<i>3</i>
<i>I.1 Différents modèles des réseaux</i>	<i>3</i>
I.1.1 Le modèle OSI	3
I.1.2 Le modèle TCP/IP	4
I.1.3 Le modèle ATM	4
<i>I.2 Rappel sur les protocoles de transport.....</i>	<i>6</i>
I.2.1 Le protocole UDP (<i>User Datagram Protocol</i>).....	6
I.2.2 Le protocole HDLC (<i>High Level Data Link</i>).....	6
I.2.3 Le protocole PPP (<i>Point to Point Protocol</i>).....	6
I.2.4 Le protocole X.25.....	7
I.2.5 Le protocole H.323.....	7
I.2.6 RTP (<i>Real Time Protocol</i>) / RTCP (<i>Real Time Control Protocol</i>)	7
I.2.7 Le protocole SIP (<i>Session Initiation Protocol</i>)	7
I.2.8 Le protocole IP (<i>Internet Protocol</i>).....	8
I.2.9 DNS.....	8
<i>I.3 IP Mobile</i>	<i>9</i>
<i>I.4 VoIP</i>	<i>10</i>
<i>I.5 IP Cellulaire</i>	<i>10</i>
<i>Conclusion</i>	<i>11</i>
Chapitre II : Evolution vers 3G	
<i>Introduction</i>	<i>12</i>
<i>II.1 Réseau GSM</i>	<i>12</i>
II.1.1 Architecture du réseau	13
II.1.1.1 base station sub-system (<i>BSS</i>).....	13
II.1.1.2 Network Subsystem (<i>NSS</i>).....	14

II.1.1.3 OSS (<i>Operation Subsystem</i>)	15
II.1.2 les interfaces de GSM	15
II.1.3-les canaux de transmission.....	15
II.1.4-pile de protocoles	16
II.1.5Les caractéristiques principales de la norme	17
II.1.5.1 Bande de fréquence	17
II.1.5.2 Les méthodes d'accès	17
II.1.5.3 La modulation	17
II.1.5.4 Mécanisme d'amélioration de la QoS	18
<i>II.2 Réseau GPRS</i>	19
II.2.1 les caractéristiques générales de GPRS	20
II.2.2-ARCHITECTURE DE GPRS	21
II.2.3 les interfaces	22
II.2.4 canaux GPRS	22
<i>II.3 EDGE</i>	23
II.3.1-le débit :	23
II.3.2 Architecture EDGE	24
II.3.3 Intégration d'EDGE	24
Conclusion	24
 Chapitre III : UMTS et son évolution	
<i>Introduction</i>	25
<i>III.1 les concepts de base de l'UMTS</i>	25
<i>III.2 architecture</i>	26
<i>III.3 Architecture protocolaire de l'interface radio</i>	29
III.3.1 Les interfaces	30
III.3.2 Couche protocolaire du RNL	31
III.3.3 Structure protocolaire du TNL	33
<i>III.4 Gestion des ressources radio</i>	35
<i>III.5 Evolution vers le tout IP</i>	36
III.5.1 Release 4	37
III.5.2 Release 5	38
III.5.2.1 IMS	38
III.5.2.2 IP dans Radio Access Network	40

<i>Conclusion</i>	44
Chapitre IV : Planification du réseau radio	
<i>Introduction</i>	45
<i>IV.1 Dimensionnement</i>	45
IV.1.1 Dimensionnement du Node B	45
IV.1.1.1 Etude théorique	45
IV.1.1.2 Etude pratique	47
IV.1.2 Etude de Bilan de liaison	47
IV.1.3 Modèle de propagation	49
IV.1.3.1 Modèle COST231-HATA	49
IV.1.3.2 Estimation du rayon de la cellule	50
IV.1.3.3 Estimation du nombre de sites	50
IV.1.4 dimensionnement du RNC	51
<i>IV.2 Phase de planification</i>	52
IV.2.1 paramètres Input	52
IV.2.1.1 Zone géographique à planifier.....	52
IV.2.1.2 Carte de trafic.....	53
IV.2.1.3 Type d'antenne.....	53
IV.2.1.4 Mobilité.....	54
IV.2.2 Positionnement des sites	54
IV.2.2.1 Distance intersites	54
IV.2.2.2 paramètres des secteurs et des cellules	54
IV.2.2.3 Distribution des sites sur la carte.....	55
<i>IV.3 Phase de post planification</i>	56
IV.3.1 Prédications et optimisations	56
IV.3.2 Allocation de voisinage	59
IV.3.3 Allocation des codes d'embrouillage	60
<i>Conclusion</i>	60
Conclusion générale	61
Annexes	62
Abréviations	68
Bibliographie	70

Liste des figures

Figure I.1 : le modèle OSI et l'architecture TCP/IP.....	4
Figure I.2 : Modèle de référence UIT-T.....	5
Figure I.3 : Support de la mobilité dans IP Mobile.....	9
Figure II.1 : architecture du GSM.....	13
Figure II.2 : pile de protocoles de GSM.....	17
Figure II.3 : Modulateur GMSK.....	18
Figure II.4 : Architecture du GPRS.....	21
Figure III.1 : Architecture globale de l'UMTS.....	27
Figure III.2 : Architecture générique des interfaces de l'UTRAN.....	29
Figure III.3 : Structure protocolaire du l'interface radio.....	31
Figure III.4 : Structure protocolaire de l'interface Iub.....	34
Figure III.5 : Structure protocolaire des l'interfaces Iub et Iur dans le cas d'un D-RNC.....	34
Figure III.6 : Architecture réseau cœur d'UMTS Release 4.....	37
Figure III.7 : Architecture réseau cœur d'UMTS Release 5.....	38
Figure III.8 : IP dans l'interface Iub.....	41
Figure III.9 : IP dans l'interface Iu-CS.....	42
Figure III.10 : IP dans l'interface Iu-PS pour le plan usager et le plan de contrôle.....	43
Figure III.11 : IP dans l'Iur pour le plan usager et le plan de contrôle.....	44
Figure IV.1 : Différents types de cellules.....	50
Figure IV.2 : Carte de la ville de Béjaia.....	52
Figure IV.3 : Carte de trafic.....	53
Figure IV.4 : Diagramme de rayonnement de l'antenne (a) : horizontal, (b) : vertical.....	54
Figure IV.5 : Motifs des sites.	55
Figure IV.6 : Introduction des sites selon le motif hexagonale.	56
Figure IV.7 : Prédiction de la couverture.	57
Figure IV.8 : Prédiction de la qualité du signal E_C/I_0	57

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Les couches du modèle OSI.....	3
Tableau II.1 : les interfaces de GSM.....	15
Tableau II.2 : canaux de transmission GSM.....	16
Tableau II.3 : Les différents débits par TS offert par le GPRS.....	20
Tableau II.4 : Les différents débits par TS offert par l'EDGE.....	23
Tableau IV.1 : Détermination de M_{\max}	47
Tableau IV.2 : Bilan de liaison.....	48
Tableau IV.3 : Résultat obtenu pour le dimensionnement.....	50
Tableau IV.4 : Les paramètres des secteurs et des cellules.....	55
Tableau IV.5 : Rapport de prédiction de couverture.....	57
Tableau IV.6 : Rapport de prédiction de E_C/I_0	58
Tableau IV.7 : Résultats d'optimisation.....	59

Introduction générale

Durant les dernières années, la téléphonie mobile et la transmission de données à travers Internet ont connu un développement et une extension mondiale, devenant ainsi les deux principaux succès du domaine des télécommunications. Ce succès a été marqué finalement par la convergence de ces deux acteurs. Cependant, les réseaux mobiles de la deuxième génération tel que le GSM et ceux de la génération 2.5 comme le GPRS ne répondaient plus aux besoins croissants des utilisateurs et aux exigences des applications multimédia, pour se trouver ainsi dépassés par les nouvelles orientations des opérateurs vers l'ère des services multimédia et du haut débit.

La nouvelle ère est le témoin de l'apparition de la technologie IP dans les réseaux cellulaires de troisième génération UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) basés sur le WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*). Avec cette évolution rapide des nouvelles techniques multimédias mobiles et la panoplie de services offerts, il est ainsi crucial pour les opérateurs des réseaux mobiles d'entamer une planification dont les procédures et démarches soient à la fois simples, peu coûteuses et robustes tenant compte des tendances de la technologie. Cette conscience de l'importance de la planification et du dimensionnement a été reconnue avec le déploiement des réseaux mobiles actuels et leur besoin d'aboutir à un réseau de meilleure qualité et capacité avec le moindre coût.

Dans ce cadre, notre travail a pour but d'identifier des processus et des méthodologies pour la planification et le dimensionnement des réseaux UMTS en se focalisant sur l'interface d'accès radio. Le mémoire est structuré en quatre chapitres :

Le premier chapitre présente les généralités sur la technologie IP, tel que les notions de base de cette technologie. On va introduire à la fin de ce chapitre la voix sur IP et l'IP Cellulaire, les technologies qui ont changé le monde de la téléphonie mobile.

Le deuxième chapitre est consacré pour décrire les étapes de l'immigration du deuxième à la troisième génération. On va voir les caractéristiques de la norme GSM, son infrastructure, ses canaux de transmission et les piles protocolaires. On va voir aussi le GPRS et l'EDGE à la fin de ce chapitre.

Le troisième chapitre est le plus grand qui présente l'UMTS la norme de troisième génération et ses évolutions, tel que la Release 4 et la Release 5. On va décrire au début de ce chapitre la nouvelle technique d'accès le WCDMA et aussi nous allons présenter les

caractéristiques de l'UMTS. Et à la fin de ce chapitre, on va voir l'introduction de la technologie IP dans le réseau radio l'UTRAN.

Le dernier chapitre abordera la partie de dimensionnement et de planification du réseau d'accès UTRAN. Au cours de ce chapitre nous allons énumérer les différentes étapes du dimensionnement et de planification qui représentent la démarche procédée durant la réalisation de notre projet. Nous verrons les différents paramètres et les calculs effectués. Après avoir effectué toutes ces étapes, nous allons faire des simulations pour visualiser les résultats de notre travaille et optimiser le réseau.

Chapitre 1

Notions de base sur l'IP

Introduction:

Un protocole de communication est une spécification de plusieurs règles pour un type de communication particulier. Initialement, on nommait protocole ce qui est utilisé pour communiquer sur une même couche d'abstraction entre deux machines différentes. Parfois, on utilise beaucoup de protocoles pour les télécommunications, parmi ces protocoles on trouve le IP (*Internet Protocole*). On a consacré ce chapitre pour définir les notions de base à propos de ce protocole, qui a changé le domaine de la téléphonie mobile.

I.1 Différents modèles des réseaux:

Il était nécessaire de disposer d'une norme internationale pour permettre l'interconnexion des réseaux. Pour cela, des efforts de modélisation ont été effectués pour permettre de séparer en niveaux les différents types de fonctionnalité d'un système de traitement numérique de l'information, plus particulièrement dans le cadre de transmissions réseau. Il existe trois principaux modèles, qui sont présentés ci-dessous :

I.1.1 Le modèle OSI:

L'ISO (*International Standard Organization*) a développé une norme pour l'interconnexion des systèmes ouverts appelée OSI (*Open System Interconnexion*). Cette architecture hiérarchique, connue sous le nom « ISO/OSI », est composée de sept couches distinctes remplissant chacune une partie bien définie des fonctions nécessaires à l'interconnexion. Le modèle OSI décrit des niveaux de transmission, mais non les protocoles proprement dits. Il divise l'ensemble des protocoles en sept couches indépendantes entre lesquelles sont définis deux types de relation : les relations verticales entre les couches d'un même système (interfaces) et les relations horizontales relatives au dialogue entre deux couches de même niveau (les protocoles). Le rôle de ces couches est donné dans le tableau ci-dessous^[9] :

N ^o de	Nom de	Son rôle
Couche 7	Application	Est le point d'accès aux services réseaux
Couche 6	Présentation	La mise en forme des données, la conversion des codes, le cryptage et la compression des données
Couche 5	Session	Organise et synchronise les échanges entre tâches distantes
Couche 4	Transport	Garantit l'intégrité des données
Couche 3	Réseau	Gère les connexions entre les nœuds du réseau
Couche 2	Liaison de données	Le maintient de la connexion logique, le transfert des blocs de donnée, la détection et la correction des erreurs
Couche 1	Physique	Responsable de la transmission des informations

Tableau I.1 : Les couches du modèle OSI.

I.1.2 Le modèle TCP/IP:

TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) désigne communément une architecture réseau qui s'est imposée comme modèle de référence en lieu et place du modèle OSI. Cela tient tout simplement à son histoire. En effet, contrairement au modèle OSI, le modèle TCP/IP est né d'une implantation ; la normalisation est venue ensuite. Cet historique fait toute la particularité de ce modèle, ses avantages et ses inconvénients. Par conséquent, la segmentation en couches indépendantes d'OSI n'est pas présente de façon aussi stricte dans TCP/IP. Le modèle TCP/IP permet simplement de positionner les protocoles existants et futurs dans un cadre théorique^[5].

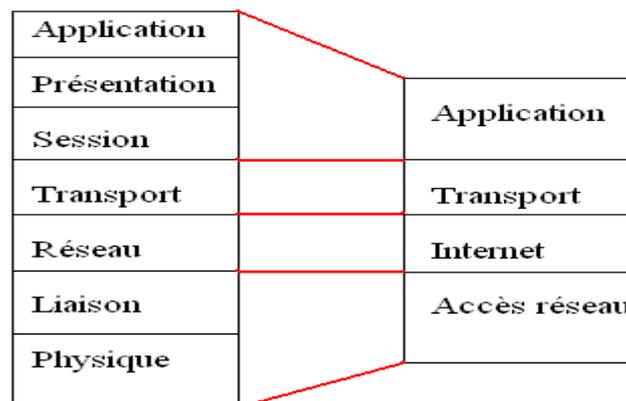


Figure I.1 : le modèle OSI et l'architecture TCP/IP.

- La couche application est immédiatement supérieure à la couche transport, tout simplement parce que les couches présentation et session sont apparues inutiles. Cette couche contient tous les protocoles de haut niveau, par exemple Telnet, SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), http (*HyperText Transfer Protocol*).
- La couche transport est la même que celle du modèle OSI. Elle permet aux applications d'échanger des données indépendamment du réseau utilisé, grâce aux protocoles TCP et UDP.
- La couche internet ou réseau est la clé de voûte de l'architecture. Son rôle est de permettre l'injection de paquets dans n'importe quel réseau et l'acheminement des paquets indépendamment les uns les autres jusqu'à la destination.
- La couche accès au réseau est mal définie par le protocole. Elle regroupe tous les éléments nécessaires pour accéder à un réseau physique, quel qu'il soit. Elle contient en particulier les spécifications concernant la transmission de données sur le réseau physique, tout comme la première couche du modèle OSI.

I.1.3 Le modèle ATM:

Ce modèle a été développé par l'UIT-T (*Union Internationale des Télécommunications*) de manière à rester compatible avec le modèle ISO. L'architecture fonctionnelle du modèle UIT-T est présentée sur la figure I.2, dans le cas d'ATM (*Asynchronous Transfer Mode*).

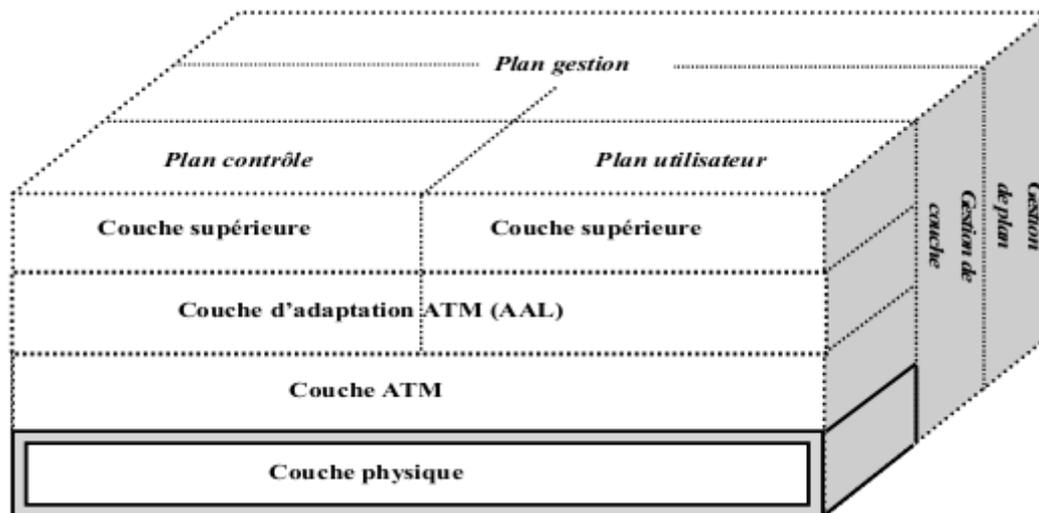


Figure I.2 : Modèle de référence UIT-T

Il a été spécifiquement conçu pour permettre aux nouveaux réseaux de prendre en compte les applications multimédias, ce qui se traduit par l'existence de trois plans se partageant la même ressource physique par multiplexage. Il utilise de petits paquets de longueurs fixes de type ATM. Il présente de nombreuses similarités avec le modèle OSI, en particulier [5] :

- Les couches supérieures représentant les applications utilisant ATM ;
- La couche réalisant l'adaptation à ATM des couches supérieures (*couche AAL : ATM Adaptation Layer*). Cette couche gère l'information avec les couches supérieures et regroupe une partie des fonctionnalités de la couche 4 du modèle OSI (*il lui manque les opérations de fragmentation et réassemblage*) ;
- La couche ATM proprement dite, chargée du transport des cellules de bout en bout selon un principe de commutation synchrone ou asynchrone. Elle est équivalente à la couche 3 du modèle OSI ;
- La couche de transport des cellules sur un support physique (*couche physique*).

Les couches du modèle ATM sont regroupées sur trois plans :

- ❖ Le plan utilisateur (*User Plane*) : ce plan permet bien sûr de faire transiter dans le réseau les informations, mais il prend également en charge les erreurs de transfert et la surveillance du flux émis.
- ❖ Le plan de contrôle (*Control Plane*) : ATM étant en mode connectée, ce plan permet l'établissement, la libération et la surveillance des connexions.
- ❖ Le plan de gestion (*Management Plane*) : ce plan assure des opérations de contrôle et de maintenance.

La gestion de protocole dépendant du support physique est confiée à la couche physique de ce modèle. Elle est donc responsable de la transmission des bits d'informations. Celle-ci s'occupe en plus de la reconnaissance de paquets ATM. Elle est donc équivalente aux couches 1 et 2 du modèle OSI. En effet, ce mélange entre les deux couches (*physique et liaison*) est un

résultat de la différence entre les interfaces d'accès (*les méthodes d'accès*) utilisées dans chaque système de communication.

I.2 Rappel sur les protocoles de transport:

Dans ce paragraphe, nous allons décrire brièvement les protocoles qui sont utilisés dans les différents réseaux mobiles basé sur la technologie IP.

I.2.1 Le protocole UDP (*User Datagram Protocol*):

C'est un ancien protocole standardisé en 1980 pour permettre le transport des données en mode datagramme dans les réseaux à commutation de paquets. Ce protocole fournit la possibilité d'envoyer des données entre les applications avec un minimum de traitement. Il ne garantit pas le transfert des données_[13].

I.2.2 Le protocole HDLC (*High Level Data Link*):

C'est le premier protocole normalisé de niveau liaison. Ce protocole utilise les services fournis par le niveau physique et fournit un transfert de données fiable ou de type best effort entre deux nœuds du réseau. Le type de service fourni dépend du mode HDLC utilisé.

Chaque bloc de données est encapsulé dans une trame HDLC en ajoutant un en-tête et en-queue. L'en-tête contient une adresse HDLC et un champ de contrôle. Le trailer contient un champ CRC (*Cyclic Redundancy Check*) pour la détection d'erreurs. Les trames sont séparées par des drapeaux _[13].

Trois types de trames existent :

- Les trames des données I : Information frame,
- Les trames de supervision S : Supervision frame,
- Les trames U : Un-numbered frame.

Les trames I sont utilisées pour le transport des données, les trames S pour assurer le contrôle et la correction d'erreur et les trames U pour l'établissement et la libération des liaisons virtuelles entre deux nœuds. La différence entre ces trois types de trames réside dans le format du champ de contrôle.

I.2.3 Le protocole PPP (*Point to Point Protocol*):

Le protocole point à point est utilisé pour le transport des paquets sur des liaisons entre deux pairs. Ce protocole de niveau 2 assure le transport de différents protocoles de niveaux supérieurs. Il est inspiré du protocole HDLC et son but est de pouvoir indiquer le type des informations transportées dans le champ de données de la trame. Dans un réseau multi-protocole, il est important de savoir détecter, par un champ spécifique de niveau trame, l'application qui est transportée pour pouvoir l'envoyer vers la bonne porte de sortie. La trame

du protocole PPP ressemble à celle d'HDLC. Un champ déterminant le protocole du niveau supérieur vient s'ajouter juste derrière le champ de supervision [13].

I.2.4 Le protocole X.25:

Le X.25 a été le premier protocole utilisé dans les réseaux publics de données. C'est en décembre 1978 que le Transpac (*filiale de France Télécom*) a ouvert le premier réseau mondial public de transmission en paquets X.25.

Le protocole X.25 couvre les trois premières couches du modèle OSI (physique, liaison et réseau). Le X.25 définit l'interface entre un ETTD (*Equipement Terminal de Traitement de Données*) et un ETCD (*Equipement de Terminaison de Circuit de Données*) pour la transmission de paquets. Elle fixe donc les règles de fonctionnement entre un usager du réseau et le réseau lui-même [5].

I.2.5 Le protocole H.323:

C'est une norme englobant les protocoles de communication audio, video et de transmission de données sur le réseau à commutation de paquets IP : LAN, Intranet, Internet,...etc. Elle a été créée en 1996 par l'ITU-T (*International Telecommunication Union-Telecommunication standardization sector*) et elle est similaire au fonctionnement des RTC. Ce protocole concerne le contrôle des appels, la gestion du multimédia, la gestion de la bande passante pour les conférences point-à-point et multipoint, il ressemble d'avantage à une association de plusieurs protocoles différents sous-jacents, pouvant être regroupés en trois catégories : la signalisation, la négociation de codec et le transport de l'information qui s'appuie sur le protocole RTP pour le transport de la voix, la vidéo ou les données numérisées par les codecs en temps réel en s'appuyant sur le protocole UDP. Il se caractérise principalement par le fait qu'il offre des communications en temps réel au détriment d'une qualité moindre des signaux reconstitués [18].

I.2.6 RTP (*Real Time Protocol*) / RTCP (*Real Time Control Protocol*):

Pour palier l'absence de fiabilité d'UDP, un formatage RTP est appliqué de surcroît aux paquets. Il consiste à ajouter des entêtes d'horodatage et de synchronisation pour s'assurer du réassemblage des paquets dans le bon ordre à la réception. RTP est souvent renforcé par RTCP qui compte, en plus, des informations sur la qualité de la transmission et l'identité des participants à la conversation [13].

I.2.7 Le protocole SIP (*Session Initiation Protocol*) :

Le SIP est un protocole de signalisation de couche application dans le modèle de référence OSI, proposé par le groupe MMUSIC (*Multiparty Multimedia Session Protocol*) puis repris et maintenu par l'IETF (*Internet Engineering Task Force*) en 1999. C'est un protocole de couche session qui se situe entre les couches application et transport. Il permet l'établissement, la modification et la libération de sessions multimédias. Il peut aussi inviter des participants à des sessions déjà ouvertes. Il est actuellement le protocole le plus utilisé

pour la VoIP (*Voice over IP*). Le SIP n'est pas uniquement destiné à la VoIP, mais également à de nombreuses applications telles que la messagerie instantanée et la visiophonie [18].

I.2.8 Le protocole IP (*Internet Protocol*):

Le protocole IP est conçu pour interconnecter les machines dans un réseau à commutation de paquets. Il traite chaque datagramme comme une entité indépendante de tout autre datagramme. Il n'y a pas de notion de connexions ni de circuits logiques. Il existe deux versions du protocole IP : IPv4 et IPv6.

- **IP Version 4 :**

L'Internet Protocol version 4 est la première version d'IP à avoir été largement déployée, et forme encore la base de l'Internet. Ce protocole utilise une adresse IP sur 32 bits, ce qui est un facteur limitant à l'expansion d'Internet puisque seulement 4294967296 adresses sont possibles. Cette limitation conduit à la transition d'IPv4 vers IPv6.

- **IP Version 6 :**

C'est une nouvelle version du protocole IP qui dispose d'un espace d'adressage bien plus important qu'IPv4. Les différences avec IPv4 peuvent être résumées en ce qui suit :

- Espace d'adressage plus large grâce à la longueur plus élevée des champs d'adresse.
- Format simplifié de l'en-tête.
- Possibilité d'identification des flux à l'aide d'étiquette.

I.2.9 DNS :

Le rôle du DNS (*Domain Name System*) est de permettre la mise en correspondance des adresses physiques dans le réseau et des adresses logiques. La structure logique est hiérarchique et utilise au plus haut niveau des domaines caractérisant principalement les pays, qui sont indiqués par deux lettres, comme dz pour l'Algérie et des domaines fonctionnels comme edu pour institutions académiques. À l'intérieur de ces grands domaines, on trouve des sous-domaines, qui correspondent à de grandes entreprises ou à d'importantes institutions[5].

Pour réaliser cette opération de traduction, le monde IP utilise des serveurs de noms, c'est-à-dire des serveurs pouvant répondre à des requêtes de résolution de nom ou encore être capables d'effectuer la traduction d'un nom en une adresse. Les serveurs de noms d'Internet sont les serveurs DNS. Ces serveurs sont hiérarchiques. Lorsqu'il faut retrouver l'adresse physique IP d'un utilisateur, les serveurs qui gèrent le DNS s'envoient des requêtes de façon à remonter suffisamment dans la hiérarchie pour trouver l'adresse physique du correspondant. Ces requêtes sont effectuées par l'intermédiaire de petits messages, qui portent la question et la réponse en retour.

I.3 -IP Mobile:

Le protocole IP est de plus en plus souvent présenté comme une solution possible pour résoudre les problèmes posés par les utilisateurs mobiles. Le protocole IP Mobile peut être utilisé sous la version 4 d'IP, mais le manque potentiel d'adresses complique la gestion de la communication avec le mobile. La version 6 d'IP est utilisée pour son grand nombre d'adresses disponibles, ce qui permet de donner des adresses temporaires aux stations en cours de déplacement [15].

IP Mobile se base sur procédé à deux adresses. Le terminal portable (*Mobile Node*) possède une adresse IP permanente (*home address*) correspondant au réseau où il se trouve actuellement (*foreign network*).

Quand le terminal portable se trouve dans son réseau d'attache, les paquets qui lui sont adressés sont de manière conventionnelle en utilisant les protocoles de routage Internet. Ce routage se fait de manière triviale puisque le préfixe de l'adresse IP permanente correspond au préfixe du réseau d'attache.

Quant le terminal portable se déplace dans un autre réseau, il obtient une adresse IP temporaire en utilisant, par exemple, le protocole DHCP. A un instant donné, un terminal portable peut avoir plusieurs adresses IP temporaires. Il en choisit une comme étant son adresse primaire (*primary address*) et l'enregistre auprès d'un agent se trouvant sur son réseau d'attache (Home Agent) au moyen d'un datagramme spécifique (*Binding Update*). L'agent met à jour sa table de routage et joue alors temporairement le rôle de routeur en redirigeant et en encapsulant les communications vers la nouvelle adresse IP temporaire. Le terminal portable peut alors avertir ses correspondants de sa nouvelle adresse et établir une connexion directe [13].

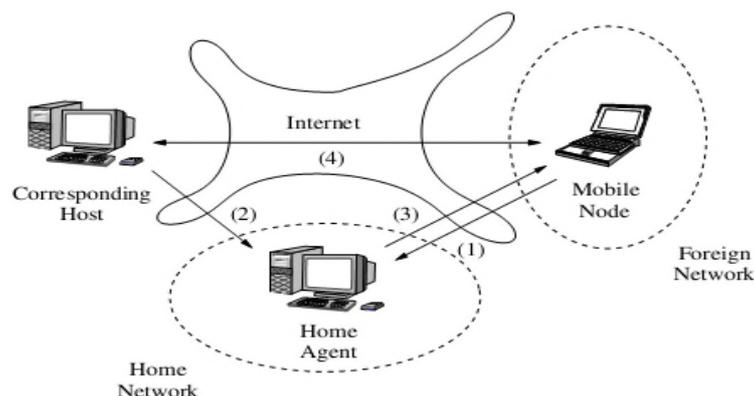


Figure I.3 : Support de la mobilité dans IP Mobile.

IP Mobile permet de résoudre le problème de la mobilité en utilisant une stratégie contextuelle dynamique qui se base sur le passage d'un réseau à un autre. Il présente cependant l'inconvénient de devoir passer par l'agent du réseau d'attache. Dans un réseau sans fil avec des cellules couvrant de petites zones géographiques, un trafic important, pouvant entraîner des situations de congestion, est généré à chaque changement de

localisation. De plus, lors d'un déplacement géographiquement important, le temps d'établissement de la connexion avec l'agent du réseau d'attache peut se révéler plus important que le temps d'établissement de la connexion avec les correspondants. Pour pallier ces inconvénients, différentes techniques peuvent être utilisées telles que la réplication des informations de localisation ou une organisation hiérarchique en régions comme dans IP cellulaire.

I.4 VoIP:

VoIP (*Voice over Internet Protocol*) est une technique qui permet d'acheminer, grâce au protocole IP, des paquets de données correspondant à des échantillons de voix numérisée d'un abonné vers un autre sur un réseau IP. Par la suite, ces paquets doivent être acheminés dans le bon ordre et dans un délai raisonnable pour que la voix soit correctement reproduite. Le paquet IP forme donc l'entité de base, transférée de nœud en nœud jusqu'à atteindre le récepteur. Puis, ce paquet est regroupé avec d'autres paquets qui ont été reçus pour reconstituer l'information transmise [18].

L'action consistant à remplir un paquet avec des éléments binaires en général regroupés par octet s'appelle la mise en paquet, ou encore la paquetsation, et l'action inverse, consistant à retrouver un flot d'octets à partir d'un paquet, est la dépaquetsation.

L'architecture d'un réseau est définie principalement par la façon dont les paquets sont transmis d'une extrémité du réseau à une autre. Les réseaux TCP/IP sont des supports de circulation de paquets IP contenant un en-tête et une charge utile pour transporter les données : la VoIP s'en sert pour traverser le réseau et arriver à destination.

La voix sur IP adresse deux types d'applications : celles qui, comme la téléphonie, mettent en jeu une interaction humaine, la quelle implique un temps de transit très court, et celles qui transportent des paroles unidirectionnelles, qui n'exigent pas de temps réel. Cette dernière catégorie rassemble essentiellement des transferts de fichiers contenant de la parole [18]. Dans cette étude, nous nous intéressons uniquement à la parole téléphonique, ToIP (*Téléphonie sur IP*).

La téléphonie transportée par paquets, et plus particulièrement par paquet IP, permet d'intégrer dans un même réseau les services de données et la téléphonie. Les entreprises sont de plus en plus nombreuses à intégrer leur environnement téléphonique dans leur réseau à transfert de paquets. Les avantages de cette intégration sont, bien sûr, la baisse des frais de communication, mais aussi la simplification de la maintenance de leurs réseaux, qui passent de deux (*téléphonie et données*) à un seul (*données*).

I.5 IP Cellulaire :

Le protocole IP cellulaire fonctionne en mode paquet, ce qui le démarque des autres réseaux cellulaires publics, tels le GSM, l'UMTS ou le CDMA2000, dont les interfaces radio sont majoritairement en mode circuit. Rappelons que le mode circuit n'est guère employé que pour le transport de la voix téléphonique, toutes les autres applications relevant du mode

paquet. L'autre avantage d'IP cellulaire est évidemment l'universalité du protocole IP, dont les infrastructures sont répandues dans le monde entier.

IP cellulaire est complémentaire d'IP Mobile, étant dévolues à la macromobilité. La macromobilité désigne la possibilité pour un utilisateur mobile de quitter son réseau d'abonnement pour se rendre dans un autre domaine du réseau IP. Lors de son arrivée dans ce nouveau domaine, l'utilisateur s'approprie une adresse temporaire puis s'assure de l'exécution de son enregistrement auprès de l'agent local de sa zone d'abonnement. Une fois ces formalités remplies, l'utilisateur est en mesure de poursuivre ses déplacements dans le domaine visité. Le fait de demander une adresse temporaire et de procéder à un enregistrement chez un agent local, situé parfois très loin du réseau visité, ne sont toutefois pas sans générer un temps de latence, dû en partie à l'échange de nombreux messages de signalisation [15].

IP cellulaire n'intervient que sur le réseau d'accès, une zone au-delà de laquelle il devient inopérant. De la sorte, aucun routeur du réseau cœur n'a conscience de l'existence d'IP cellulaire. Le fait que les routeurs ne voient pas IP cellulaire rend le système peu coûteux à l'installation puisqu'il n'est pas nécessaire d'installer ou de changer ces routeurs pour intégrer IP cellulaire.

Réseau d'accès d'IP cellulaire contient des stations de base, qui peuvent tout à la fois couvrir des microcellules, comme dans le GSM, et des picocellules, desservies par de petites antennes installées dans des espaces privatifs. Cette souplesse de fonctionnement doit beaucoup à la méthode IP. Grâce à lui, les stations de base héritent d'une méthode de transmission sur l'interface radio complètement indépendante des opérations liées au routage et à la gestion de la mobilité [15].

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents modèles des réseaux, ainsi les notions des protocoles. Nous avons présenté aussi une vue globale sur la technologie IP, tel que l'IP Mobile et l'IP Cellulaire. Ce chapitre est comme une introduction de l'immigration des réseaux mobiles vers le tout IP et l'apparition de l'IP dans le réseau d'accès l'UTRAN, et que nous allons bien détailler dans le troisième chapitre.

Chapitre 2

Evolution vers 3G

Introduction :

Les réseaux cellulaires de deuxième génération ont été conçus au milieu des années 80. Ils utilisent une transmission numérique qui a l'avantage d'augmenter le débit grâce aux codes correcteurs d'erreurs. Le principal système de deuxième génération est le GSM qui est basé sur une technique d'accès FDMA/TDMA, et on a consacré le début de ce chapitre pour définir cette génération.

Jusqu'à la fin de l'année 1999, les services de la parole ont représenté la majorité du trafic dans les réseaux GSM. La transmission des données reste marginale et les débits ne peuvent pas dépasser 9,6 kbps. L'organisme de normalisation ETSI (*European Telecommunication Standards Institut*) a standardisé un nouveau service pour le GSM, le GPRS (*General Packet Radio Service*). Dans cette norme de téléphonie mobile, le débit peut atteindre 160 kbps pour la transmission des données. Une évolution de la norme GPRS a mené à un nouveau service appelé EDGE (*Enhanced Data rates for the GSM Evolution*) qui envisage des débits de transmission de l'ordre de 384 kbps.

II.1 Réseau GSM :

Le GSM (*Global System for Mobile communications*), est un système cellulaire et numérique de seconde génération pour la téléphonie mobile. Elle fut établie en 1982 par le CEPT (*Conférence des administrations Européennes des Postes et Télécommunications*) et juste 5 pays sont dans la position pour lancer ce système en 1 juillet 1991.

Le réseau GSM est adéquat pour les communications téléphoniques de type voix, il s'agit principalement d'un réseau commuté, c'est-à-dire les ressources ne sont allouées que pour la durée de la conversation.

II.1.1 Architecture du réseau :

Le réseau GSM, comme présenté par la figure II.1, se compose de trois sous-systèmes : le sous-système radio (*BSS*), le sous-système réseau (*NSS*) et le sous-système opérationnel (*OSS*).

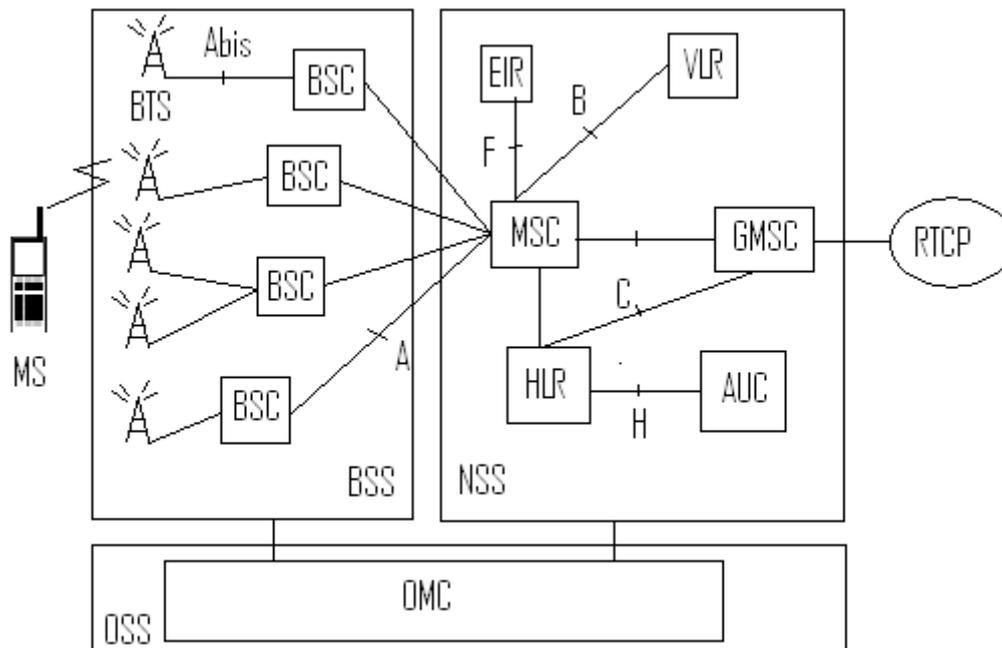


Figure II.1 : architecture du GSM.

II.1.1.1 base station sub-system (*BSS*):

Le sous-système de station de base prend en charge l'Interface Air et relie les mobiles à la partie commutation de réseau GSM. Les équipements qui composent le BSS sont :

BTS (*base transceiver station*)

La station de base est l'élément le plus important dans le BSS que l'on pourrait définir comme un ensemble émetteur/récepteur pilotant une ou plusieurs cellules. C'est la BTS qui fait le relais entre le mobile et le sous système réseau [4]. Elle assure :

- Activation et dé-activation du canal radio.
- Des opérations de chiffrement.
- Des mesures radio permettant de vérifier la qualité de service.
- Modulation, démodulation, égalisation, codage et correction des erreurs.

BSC (*Base Station Controller*)

Est l'organe intelligent du sous système radio. Le contrôleur de stations de base gère une ou plusieurs stations et remplit différentes fonctions de communication et d'exploitation.

C'est la BSC qui décide de l'activation/désactivation d'un canal, la puissance d'émission des BTS et des MS et gère la signalisation des Handover entre les cellules dont il a la responsabilité [4].

II.1.1.2 Network Subsystem (NSS):

Le système réseau a pour principale fonction de gérer les communications à l'intérieur du réseau GSM et les communications avec le réseau téléphonique public. Un NSS comprend :

MSC (*Mobile Switching Center*)

Le centre de commutation mobile est un commutateur qui réalise les fonctions de routage, de l'interconnexion avec les autres réseaux, de handover entre deux BSC et de la coordination des appels. Il est semblable à un commutateur de réseau RNIS mais à part quelques modifications nécessaires pour un réseau mobile.

Gateway MSC

Est l'interface entre le réseau cellulaire et le réseau téléphonique publique. Son rôle est l'acheminement des appels entre le RTC et le réseau GSM.

HLR (*Home Location Register*)

Le HLR contient tous les informations des usagers du réseau. Dans un HLR, chaque abonné est décrit par un enregistrement contenant le détail des options d'abonnement et des services complémentaires accessibles à l'abonné et les informations dynamiques telles que la dernière localisation et son état.

VLR (*Visitor Location Register*)

Le VLR est une base de données possédant des informations sur tous les usagers qui sont connectés à le MSC auquel ce VLR est rattaché. Sa mission principale est d'enregistrer les informations dynamiques relatives aux abonnés actuellement connectés. Lorsque l'utilisateur quitte cette zone de couverture, ses données sont transmises à un autre VLR et suivent l'abonné.

EIR (*Equipment Identity Register*)

Un EIR sauvegarde toutes les identités des terminaux mobiles (*IMEI*) utilisés dans un réseau GSM. Elle peut refuser l'accès au réseau parce que le terminal n'est pas homologué ou qu'il a fait l'objet d'une déclaration de vol. Cette fonctionnalité peut être intégrée dans le HLR.

AUC (*Authentication Center*)

Le centre d'authentification mémorise pour chaque abonné une clé secrète utilisée pour authentifier les demandes de services et pour chiffrer la communication.

II.1.1.3 OSS (*Operation SubSystem*)

L'administration du réseau comprend toutes les activités qui permettent de mémoriser et de contrôler les performances d'utilisation et les ressources de manière à offrir un niveau correct de qualité aux usagers [6]. On distingue 5 fonctions d'administrations :

- L'administration commerciale,
- La gestion de la sécurité,
- L'exploitation et la gestion des performances,
- Le contrôle de configuration du système,
- La maintenance.

II.1.2 les interfaces de GSM :

Les interfaces sont aussi des composants importants d'un réseau, elles supportent le dialogue entre les équipements et permettent leur inter-fonctionnement. Le tableau ci-dessous présente les interfaces dans le réseau GSM :

Nom	Localisation	Fonctions
Um	MS-BTS	Interface radio
Abis	BTS-BSC	Transfert des communications
A	BSC-MSC	Transfert de données
B	MSC-VLR	Transfert de données
C	GMSC-HLR	Interrogation HLR pour appel entrant
D	VLR-HLR	Gestion des informations d'abonnés et de localisation
E	MSC-MSC	Exécution des handover
F	MSC-EIR	Vérification de l'identité du terminal
G	VLR-VLR	Gestion des informations d'abonnés
H	HLR-AUC	Echange des données d'authentification

Tableau II.1 : les interfaces de GSM

II.1.3-les canaux de transmission :

La trame GSM de base comprend huit intervalles de temps de 577 μ s. La durée de la trame de base (*ou trame TDMA*) est donc de 4,615 ms. Cette trame permet de définir des

canaux physiques et les canaux logiques définis dans GSM sont repris dans le tableau ci-dessous [7] :

Type de canal	Nom	Sens	Utilisation
Trafic	TCH	↑↓	Parole et données
Signalisation			
<i>Canaux diffusés :</i> – Canal de diffusion, – Canal de synchronisation, – Canal de contrôle de fréquence.	BCH BCCH SCH FCCH	↓ ↓ ↓	Diffusion d'informations générales Synchronisation temporelle de la MS Contrôle de fréquence de la MS
<i>Canaux communs :</i> – Canal d'allocation, – Canal de recherche, – Canal d'accès aléatoire.	CCCH AGCH PCH RACH	↓ ↓ ↓	Allocation de ressources Recherche de MS Demande de canal par un mobile
<i>Canaux dédiés :</i> – Canaux non associés, – Canaux associés : ❖ Canal lent ❖ Canal rapide	DCCH SDCCH SACCH FACCH	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓	Signalisation usager-réseau et transmission de SMS Transmission de mesures radio Signalisation pendant un handover (obtenu par vol de TCH)

Tableau II.2 : canaux de transmission GSM.

II.1.4-pile de protocoles :

La figure II.2 représente l'architecture des protocoles GSM des différents éléments du réseau. Au niveau applicatif, on distingue les protocoles suivants que, au travers de différents éléments du réseau, relie un mobile à centre de communication :

1- le protocole Call Control (CC) prend en charge le traitement des appels tels que l'établissement, la terminaison et la supervision.

2- le protocole Short Message Service (SMS) qui permet l'envoi de courts messages au départ d'un mobile. La longueur d'un est limité à 160 caractères de 7 bits.

3- le protocole Supplementary Services (SS) prend en charge les compléments de services. La liste de ces services est longue mais, à titre d'exemple, citons le Calling Line Identification Presentation (CLIP), le Calling Line Identification Restriction (CLIR) et le Call Forwarding Unconditional (CFU).

4- le protocole Mobility Management (MM) gère l'identification, l'authentification sur le réseau et la localisation d'un terminal. Cette application se trouve dans le sous-réseau de commutation (NSS) et dans le mobile car ils doivent tous deux connaître la position du mobile dans le réseau [4].

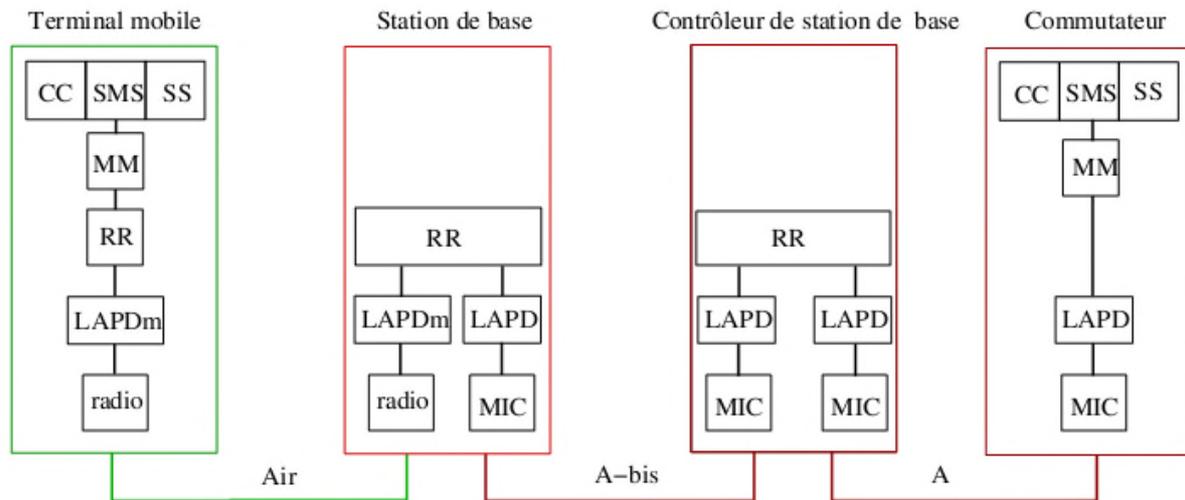


Figure II.2 : pile de protocoles de GSM.

II.1.5-les caractéristiques principales de la norme GSM :

II.1.5.1 Bande de fréquence :

La gamme de fréquence entre 935 et 960 Mhz est utilisé pour la transmission de la station de base (*lien descendant*) et les fréquences entre 890 et 915 Mhz sont employées pour la transmission de la station mobile (*lien montant*).

II.1.5.2 Les méthodes d'accès :

FDMA (Frequency Division Multiple Access)

Le multiplexage fréquentielle est la méthode la plus ancienne, il s'agit d'un découpage en bande de fréquences de manière à attribuer une partie du spectre à chaque utilisateur. Avec cette méthode, chacune des bandes employées pour le system GSM est divisé en 124 canaux fréquentiels d'une largeur de 200 kHz. Les fréquences sont allouées d'une manière fixe aux différentes BTS et sont appelées souvent par le terme de porteuses [7].

TDMA (Time Division Multiple Access)

Le multiplexage temporel est un mode de multiplexage permettant de transmettre plusieurs signaux sur un seul canal. En GSM, chaque porteuse est divisé en 8 intervalles de temps de 0,577ms chacun appelés time slots, les slots de même porteuse sont regroupés par paquets de 8 qui constituent une trame TDMA. Un mobile GSM en communication n'utilisera qu'un time-slot, ce qui permet de faire travailler jusqu'à 8 mobiles différents sur la même fréquence de porteuse [7].

II.1.5.3 La modulation :

La modulation utilisée pour la norme GSM est la modulation GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*). Il s'agit d'une modulation MSK à laquelle on a ajouté un filtre passe-bas Gaussien dans le but de diminuer l'occupation spectrale du signal modulé.

Le signal modulant est filtré par un filtre de prémodulation gaussien. Il s'agit donc d'une modulation de fréquence à phase continue (avec un indice de modulation égale à $1/2$).

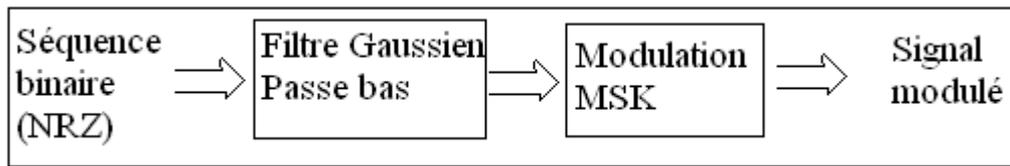


Figure II.3 : Modulateur GMSK

On caractérise généralement le filtre gaussien, et la modulation GMSK correspondante, par la valeur du produit $B \cdot T_b$, où T_b représente la durée d'un bit et B la fréquence de coupure à 3 dB du filtre gaussien. Pour le GSM, on admet : $B \cdot T_b = 0.3$.

II.1.5.4 Mécanisme d'amélioration de la QoS :

➤ Réutilisation des ressources:

Il suffit qu'un opérateur découpe une cellule en plusieurs cellules plus petites et de gérer son plan de fréquences pour éviter toute interférence. C'est grâce au principe de réutilisation des fréquences qu'un opérateur peut augmenter la capacité de son réseau.

➤ Le handover :

Le transfert automatique intercellulaire ou handover est un mécanisme qui ne se produit qu'en cours de communication, lorsque le mobile est à l'état dédié. Le handover est essentiel pour la mise en œuvre du concept cellulaire et constitue un mécanisme fondamental de réseau cellulaire.

Les objectifs principaux du handover sont le maintien d'une qualité de communication acceptable et la minimisation du niveau d'interférence global. Le mécanisme de handover a pour rôle de réaliser le changement du (*des*) canal (*canaux*) fréquentiel(s) et/ou de cellule du mobile [7].

Les fonctions du handover les plus importantes sont les suivantes :

- Permettre le déplacement du mobile pendant un appel,
- Eviter la rupture du lien pour causes radio,
- Equilibrer le trafic entre cellules en cas de congestion,
- Maintenir une qualité acceptable en cas d'arrivée d'interférents,
- Optimiser l'utilisation des ressources radio,
- Minimiser la consommation d'énergie des mobiles et le niveau d'interférence global.

➤ **Saut de fréquence :**

Le saut de fréquence est un mécanisme de protection contre les interférences radioélectriques, la fréquence porteuse utilisée pour transmettre une salve de données fluctue au cours du temps. Le procédé est appelé frequency hopping en anglais ; il a comme avantage d'offrir une transmission dont la qualité moyenne est améliorée [9].

➤ **Transmission discontinue :**

Lorsqu'un téléphone GSM est en communication, la transmission est stoppée quand son usager ne parle pas. Cette fonction est appelée discontinuous transmission, son but est de réduire la consommation électrique du téléphone et aussi de réduire le champ électromagnétique émis par le téléphone [9].

➤ **Contrôle de puissance d'émission :**

La puissance d'émission radio de la station mobile et celle de la station de base sont réglées en permanence (*toutes les 60ms*), pour limiter les interférences et le brouillage interne du système, améliorer le rendement spectral mais aussi augmenter l'autonomie des terminaux en dépensant la façon optimale leur énergie.

➤ **Le réglage de l'avance temporelle :**

Les terminaux présents dans une cellule sont à diverses distances de l'antenne de la station de base, les durées de propagation de leurs émissions sont donc quelconques, ce qui impose un temps de garde entre la fin d'émission du mobile M_n et le début de celle du mobile M_{n+1} . Pour réduire cette durée de garde, la station de base la mesure en permanence, et la station contrôleur de station de base BSC la règle en conséquence pour chacun des terminaux et s'en sert comme critère pour décider un transfert intercellulaire [12].

II.2 Réseau GPRS :

Le General Packet Radio Service (*GPRS*) spécifie une technique de transmission de données en mode paquet pour les réseaux cellulaires de type GSM. Les applications basées sur des protocoles de données standard sont supportées et l'interfonctionnement est défini avec les réseaux IP et X25.

Le GPRS permet d'accéder aux services internet avec un débit allant jusqu'à 115 kbps efficace, grâce à l'utilisation de multiples canaux radio qui sont attribués à un utilisateur ou partagés par plusieurs utilisateurs. Avec le GPRS, les ressources radio sont allouées dynamiquement et la vitesse de transmission varie du fait d'une plus grande souplesse et d'une plus grande adaptabilité du mode paquet par rapport au mode circuit.

En effet, le GPRS se montre particulièrement efficace pour les transmissions de données discontinues ou les transmissions fréquentes de petits volumes de données. Les

applications média en GPRS permettront d'accéder rapidement à des services d'annuaire tels que les pages jaunes, le téléchargement en ligne de fichiers audio, etc.

II.2.1 les caractéristiques générales de GPRS :

- **Débit :**

Le GPRS utilise la même technique pour transmettre les données que dans le GSM. Dans la liaison GPRS, le nombre de time slot peut varier entre 2 à 8 times slots par canal et contrairement à une communication vocale où on utilise un seul time slot. Dans cette norme on définit quatre schémas de codage qui sont donné par le tableau suivant :

	CS1	CS2	CS3	CS4
1 slot	9,05 kbps	13,4 kbps	15,4 kbps	21,4 kbps
8 slots	72, kbps	107,2 kbps	124,8 kbps	171,2 kbps

Tableau II.3 : Les différents débits par TS offert par le GPRS.

- **La commutation de paquets:**

Le GPRS utilise la technologie de transport des données s'appelle la commutation de paquets. Les données à transférer sont découpées par paquet avant la transmission de la communication, puis regroupées intégralement à leur arrivée. Avec cette technique il n'y a pas de réservation d'une voie de communication permanente entre deux interlocuteurs, donc les ressources radio seront utilisées que lorsque des données transitent de et vers le terminal GPRS, libérant ainsi les ressources radio pour les autres utilisateurs.

- **Spectre de fréquence :**

Le GPRS utilise les mêmes fréquences attribuées au GSM. On utilise pour le lien descendant la bande de fréquence entre 935 et 960 et les fréquences entre 890 et 915 Mhz sont employées pour le lien montant.

- **Le WAP :**

Le protocole WAP (*Wireless Application Protocol*) permet aux utilisateurs de se connecter à internet et intranet et de transmettre textes, images et sons via leur terminal. Le WAP ne permet pas une connexion directe à l'internet mais seulement à des sites adaptés conçus par les opérateurs auraient du commencer par expliquer quelle était la valeur ajoutée à attendre de ce protocole. Il connaîtra en toute vraisemblance le succès au sein des entreprises, peut être au sein du public mais seulement lorsque le GPRS sera déployé. Une combinaison des caractéristiques du WAP et du GPRS offrira de réelles applications internet mobile et permettant en conséquence de stimuler le déploiement à grande échelle de l'internet mobile_[6].

II.2.2-ARCHITECTURE DE GPRS :

Le GPRS ne constitue pas à lui tout seul un réseau mobile à part entière, mais une couche supplémentaire rajoutée à un réseau GSM existant. Il peut donc être installé sans aucune licence supplémentaire. Ceci signifie que tous les opérateurs qui disposent d'une licence GSM peuvent faire évoluer leur réseau vers le GPRS. La mise en place du service GPRS sur le réseau GSM actuel nécessite le rajout à l'architecture envisagée des nouvelles entités dédiées à l'acheminement des paquets. Les entités propres au réseau GPRS vont du terminal mobile compatible GPRS puis fonction CCU et PCU au niveau du BSS jusqu'aux éléments du réseau cœur le SGSN et le GGSN (voir figure II.4).

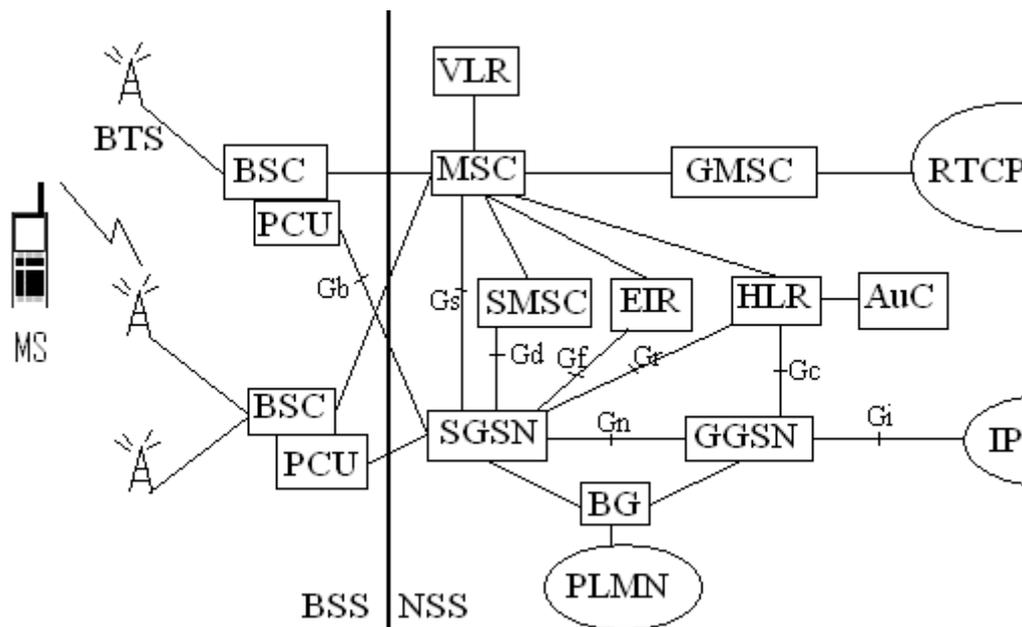


Figure II.4 : Architecture du GPRS.

Les entités à ajouter :

Le GPRS est une technologie greffée sur l'infrastructure GSM sans aucune licence. Elle utilise les mêmes fréquences GSM, seule l'architecture est modifiée et on ajoute les entités suivantes :

SGSN (Serving GPRS Support Node): serveur d'accès au service GPRS qui est relié à un ou plusieurs BSS. Il joue un rôle de routeur IP, qui relie les paquets de données de la station mobile au réseau externe ou réciproque [6].

GGSN (Gateway GPRS Support Node): joue le rôle de passerelle à des réseaux de données externes. Il permet l'acheminement des paquets entre le SGSN et ces réseaux externes [6].

PCU (Packet Control Unit): intégré au sous système radio, et a le rôle de gérer les fonctions de transmissions et d'acquiescements des blocs sur les canaux de données.

CCU (Channel Codec Unit) : est ajouté sur les BTS, cette entité permet de gérer les envois d'informations vers le SGSN.

BG (*Border Gateway*): elle joue le rôle d'interface avec les autres PLMN (Public Land Mobile Network) permet de gérer les niveaux de sécurité entre les réseaux

SMS-SC (*Short Message Service-Service Centre*): cette entité est très importante dans le traitement des messages courts.

SMS-GMSC (*Short Message Service-Gateway Mobile Services Switching Centre*) et **SMS-IW MSC** (*Short Message Service-Interworking MSC*): ces deux MSC sont des commutateurs dédiés au service des messages courts (*en particulier pour l'émission et la réception*)[6].

II.2.3 les interfaces :

L'ajout des entités GPRS à l'infrastructure GSM existante entraîne les interfaces suivantes :

Gb : définie entre le PCU et le SGSN.

Gn : définie soit entre deux nœuds GPRS (SGSN et GGSN), soit entre deux SGSN pour la gestion de l'itinérance.

Gs : définie entre le SGSN et le MSC/VLR pour la gestion coordonnée de l'itinérance entre GSM circuit et GPRS.

Gc : définie entre le GGSN et le HLR et sert au GGSN pour demander au HLR des informations de localisation des terminaux mobiles.

Gr : définie entre le SGSN et le HLR pour la gestion de la localisation.

Gf : définie entre le SGSN et l'EIR pour la vérification de l'identité du terminal.

Gd : définie entre le SGSN et (*SMS-GMSC / SMS-IW MSC*) pour l'échange de messages courts.

Gi : définie entre le GGSN et les réseaux de données paquet externes.

Gp : définie entre deux PLMN différents (*liaison inter-opérateur*).

II.2.4 canaux GPRS :

Les connexions GPRS utilisent des canaux physiques GSM : les PDCH (*Packet Data Channels*). Plusieurs sont alloués dans chaque cellule. Sur ces PDCHs, de nouveaux canaux logiques sont définis pour le fonctionnement du service GPRS. Ces canaux peuvent supporter : les PDTCH (*Packet Data Traffic Channel*) et les PACCH (*Packet Associated Control Channel*) ainsi que les canaux de contrôle commun utilisés pour la signalisation. Les canaux de contrôle commun GPRS comprennent[11] :

- Le PDCCH (*Packet Broadcast Control Channel*) utilisé pour la transmission des informations diffusées (*équivalent du BCCH*),
- Le PPCH (*Packet Paging Access Channel*) utilisé pour la notification des appels entrants (*équivalent du PCH*),

- Le PRACH (*Packet Random Access CHannel*) utilisé pour l'accès des mobiles du réseau (*équivalent du RACH*),
- Le PAGCH (*Packet Access Grant CHannel*) utilisé pour l'allocation d'une ressource à un mobile (*équivalent du AGCH*).

Ces canaux sont multiplexés dynamiquement sur une multitrame GSM à 52 trames TDMA avec une unité de canal logique dans un block radio B. deux types de canaux PDCH sont définis :

- Le PDCH maître : il transporte des canaux de contrôle commun (*PBCCH, PPCH, PRACH, PAGCH*) et éventuellement des canaux PDTCH, PACCH et PTCCH. L'indication sur la structure du PDCH maître est transmise dans les BCCH,
- Le PDCH esclave : il transporte seulement des canaux PDTCH, PACCH et PTCCH.

II.3 EDGE :

Tout comme le GPRS, EDGE est un réseau de données à accès mobile. De ce fait il est capable d'offrir les mêmes services déjà disponibles avec GPRS.

Avec les nouvelles techniques de codage, le débit offert par EDGE est presque trois fois plus important que le GPRS. De ce fait, il est capable d'offrir des applications de données plus gourmandes en terme de débit. Parmi ces applications, figurent les applications multimédia tel que la visioconférence.

II.3.1-le débit :

L'apport du EDGE face au GPRS réside au niveau du débit offert. En effet, le EDGE utilise une nouvelle méthode de modulation lui permettant de représenter plus de bit par symbole. La table ci-dessous résume les différents niveaux de débit disponibles par time slot selon le type de modulation.

<i>Schéma de codage</i>	<i>Type de modulation</i>	<i>Débit (kbit/s)</i>
MSC1	8-PSK	8.8
MSC2	8-PSK	11.2
MSC3	8-PSK	14.8
MSC4	8-PSK	17.6
MSC5	8-PSK	22.4
MSC6	GMSK	29.6
MSC7	GMSK	44.8
MSC8	GMSK	54.4
MSC9	GMSK	59.2

Tableau II.4 : Les différents débits par TS offert par l'EDGE

II.3.2 Architecture EDGE :

Le EDGE peut être considéré comme une évolution du GPRS où la seule différence réside au niveau du type de modulation. De ce fait, son architecture physique est similaire à celle du GPRS déjà présentée dans les paragraphes précédents. La seule différence consiste en l'implantation d'un nouvel équipement au niveau de la BTS. Ce nouvel équipement est le EDGE Transceiver [14].

II.3.3 Intégration d'EDGE :

L'intégration du réseau EDGE sur un réseau GPRS déjà existant ne nécessite pas un grand déploiement. En effet, le réseau cœur demeure inchangé. Les seules modifications portent sur le niveau BSS où l'on comptabilise une action hardware et une action software.

Le déploiement hardware se fait au niveau de la BTS où l'on doit implémenter une nouvelle carte qui est le transceiver EDGE. La mise à jour software se fait au niveau du BSC_[14].

Conclusion :

Les réseaux GSM offrent un service de transmission de données mais le débit est limité par un débit maximal de 9,6 kbit/s. Les réseaux GSM sont basés sur la commutation de circuit. Un canal de communication est occupé par un utilisateur pendant une communication. Ce mode de transmission est adapté au transport de la voix. Mais l'avenir du GSM passe maintenant par une offre de services de données. Les opérateurs GSM souhaitent proposer des services de données de meilleure qualité et plus compétitifs afin de répondre aux attentes des clients. C'est pour cette raison que l'ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*) recommande l'intégration des techniques de transmission par paquets ; pour cela l'ETSI a publié des spécifications GSM phase 2+, visant à introduire deux nouvelles technologies dans les réseaux GSM, le GPRS et le EDGE.

Les réseaux de deuxième génération ont un débit et un accès à l'internet limité, cela permis au 3GPP de proposer une nouvelle génération de téléphonie mobile l'UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), et en effet celle qui fera l'objet du chapitre prochain.

Chapitre 3

UMTS et son évolution

une large bande passante en multipliant ces données utilisateur par une séquence pseudo-aléatoire de bits (*appelée chip*) provenant des codes d'étalement CDMA. Le débit chips (*débit binaire de la séquence de code*) de 3.84Mc/s donne une bande passante par porteuse de d'ordre de 5 MHz. Le W-CDMA permet de supporter des débits utilisateur variables, en d'autres termes, il est possible de proposer aux utilisateurs de la bande passante à la demande_[20].

Principes du DS-CDMA :

Dans un système DS-CDMA, le signal d'information est directement modulé par une séquence. Dans l'émetteur le signal d'information des utilisateurs est étalé avec un code d'étalement unique pour chaque utilisateur. En fait, la séquence de données après l'étalement a un débit très supérieur à celui du débit avant l'étalement. Le débit chip est équivalent au débit symbole du signal d'information multiplié par la longueur du code d'étalement. Après étalement, les chips des utilisateurs sont additionnées pour générer un signal mixte et transmis sur le canal radio. Dans le récepteur, le signal est multiplié par le même code d'étalement utilisé dans l'émetteur. Le fait de multiplier le signal reçu par la même séquence permet de ne garder que le signal d'information _[3].

- **FDD et TDD mode :**

L'UMTS possède deux modes de fonctionnement : le mode FDD (*Frequency Division Duplex*) et le mode TDD (*Time Division Duplex*). Dans le mode FDD, deux bandes passantes de 5 MHz sont utilisées, l'une pour le sens montant, l'autre pour le sens descendant alors que dans le mode TDD, une seule bande passante de 5 MHz est utilisée pour les deux sens. Le sens montant, correspond à la transmission du mobile vers la station de base, alors que le sens descendant correspond à la transmission de la station de base vers le mobile. Notons que le mode TDD est basé sur les concepts du mode FDD _[1].

- **La modulation :**

L'UMTS utilise une modulation QPSK (*Quaternary Phase Shift Keying*). On peut considérer la modulation QPSK comme deux modulations binaires, l'une sur la voie en phase et l'autre sur la voie en quadrature. Sur chaque voie, on transmet un bit par symbole. Une autre approche consiste à considérer qu'on transmet dans le plan complexe et qu'un symbole correspond à un nombre complexe parmi les 4 suivants : $\sqrt{2}/2(1+j)$, $\sqrt{2}/2(-1+j)$, $\sqrt{2}/2(-1-j)$ et $\sqrt{2}/2(1-j)$.

Le débit de la modulation est de 3,84 Msymboles/s. Du fait de l'utilisation de l'étalement de spectre, on transmet des chips et non des bits. La transmission se fait donc à 3,84 Mchips/s sur chaque voie _[12].

III.2 architecture:

Le réseau UMTS se compose du réseau d'accès radio ou UTRAN (*UMTS Terrestrial RAN*) et du réseau cœur qui est responsable du routage des appels et des transferts de données

vers les réseaux extérieurs. Du point de vue des spécifications et de la normalisation, l'UTRAN se fonde sur de nouveaux protocoles développés pour la technologie W-CDMA, alors que la définition du réseau cœur est héritée du système GSM.

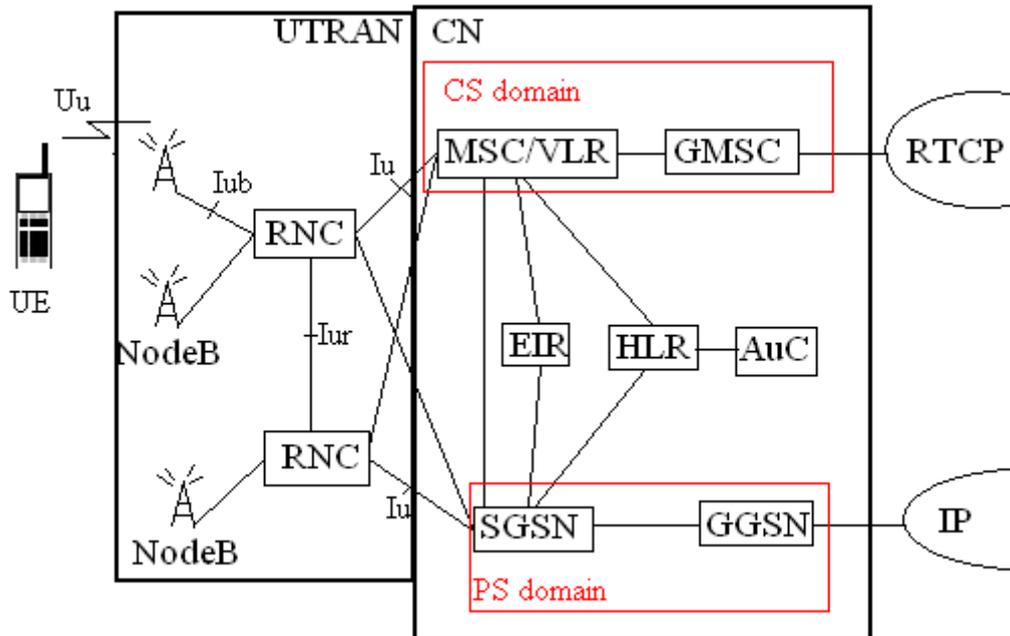


Figure III.1 : Architecture globale de l'UMTS

A-UE (User Equipment):

L'utilisateur UMTS est équipé d'UE (*User Equipment*) qui se compose du ME (*Mobile Equipment*) correspondant au téléphonique et la carte USIM (*UMTS Subscriber Identity Mobile*). Le rôle de l'USIM est semblable à celui de la carte SIM en GSM. Elle enregistre les identités de l'abonné telles que IMSI, TMSI, P-TMSI, les données de souscription, la clé de sécurité (K_i) et les algorithmes d'authentification et de génération de clé de chiffrement. L'UE peut se rattacher simultanément aux domaines circuit (*MSC*) et paquet (*SGSN*) et peut alors disposer simultanément d'un service GPRS et d'une communication téléphonique, comme un terminal GPRS Classe A [17].

B-UTRAN :

L'UTRAN est le nouveau réseau d'accès radio conçu particulièrement pour l'UMTS. Il est constitué d'un ou plusieurs sous-systèmes radio RNS qui regroupe chacun un RNC et ses Node B associés.

- **Node B**

Le Node B est l'équivalent de la BTS du réseau GSM. Son rôle principal est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radios, le codage du canal, l'étalement, l'entrelacement et l'adaptation du débit. Le Node B assure également quelques fonctions de gestion des ressources radio le control de puissance. Il existe trois types de Node B : Node B UTRAN-FDD, Node B UTRA-TDD et Node B mode dual [2].

- **RNC (*Radio Network Controller*)**

Le RNC est équivalent au BSC du réseau GSM, il contrôle un ou plusieurs Node Bs. Il se charge des fonctions suivantes : macro diversité, allocation des codes, contrôle de charge et de congestion des cellules des différents Node B, les décisions de handover, le contrôle de puissance en boucle externe et le routage des communications entre le Node B et le réseau cœur [2].

C-CN (*Core Network*)

Le cœur de l'UMTS version R99 est le même de celui du GPRS/EDGE moyennant des mises à jour des MSCs, des SGSNs, des GGSNs et des bases de données communes. Le CN est scindé en deux domaines de service :

- Le domaine CS (*Circuit Switched*)
- Le domaine PS (*Packet Switched*)

Les entités du réseau Cœur:

➤ **Le domaine PS**

Le **SGSN** (*GPRS Support Node*) est dit nœud de service. Il est relié à un ou plusieurs RNC. Son rôle est de gérer les mobiles se trouvant dans sa zone de routage. Il est donc responsable de la gestion de la mobilité et de l'activation des sessions.

Le **GGSN** (*Gateway GPRS Support Node*) a une fonction identique à celle du GMSC, pour la partie paquet du réseau, en jouant le rôle de passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs (*Internet public, un intranet privé, etc....*).

➤ **Le domaine CS**

Le MSC

Le centre de commutation mobile est un commutateur de données et de signalisations, est l'entité principale du réseau dans le domaine à commutation par circuit. Le même MSC peut être employé pour servir les deux réseaux d'accès (*le GSM-BSS et l'UTRAN-UMTS*), tel que le GSM-MSC doit être amélioré pour répondre aux exigences 3G. Les fonctions principales de MSC sont :

- ✓ Coordination des appels.
- ✓ Allocation dynamiques des ressources.
- ✓ Handover (*inter-MSC handovers*).
- ✓ Gestion d'allocation de fréquence dans le MSC area.
- ✓ La numérotation et sa décodification.

Le **GMSC** (*Gateway MSC*) est un MSC un peu particulier servant de passerelle entre le réseau UMTS et le RTCP. Lorsqu'on cherche à joindre un mobile depuis un réseau extérieur à

l'UMTS, l'appel passe par le GMSC qui effectue une interrogation du HLR avant de router l'appel vers le MSC dont dépend l'abonné.

Le **VLR** est une base de données attachée à un ou plusieurs MSC. Son rôle principal est d'enregistrer les informations dynamiques des usagers connectés.

➤ Le groupe des éléments communs

Le **HLR** est une base de données qui contient l'ensemble des éléments qui ont trait aux abonnements des utilisateurs, ainsi que les informations qui permettent l'identification et l'authentification de chaque abonné.

L'AUC

Le centre d'authentification est associé à un HLR, qui contient les paramètres utilisés pour la gestion de la sécurité de l'accès au système.

EIR (*Equipment Identity Register*) est une base de données qui contient une liste noire de terminaux dont l'accès au réseau doit être refusé. L'identification du mobile se fait grâce à son IMEI.

III.3 Architecture protocolaire de l'interface radio :

La structure de la pile protocolaire se divise en deux couches : la couche du réseau radio RNL (*Radio Network Layer*) et la couche du réseau de transport TNL (*Transport Network Layer*). Ces deux couches sont séparées dans le but de pouvoir modifier la couche de transport sans besoin de reconfigurer la couche radio [21].

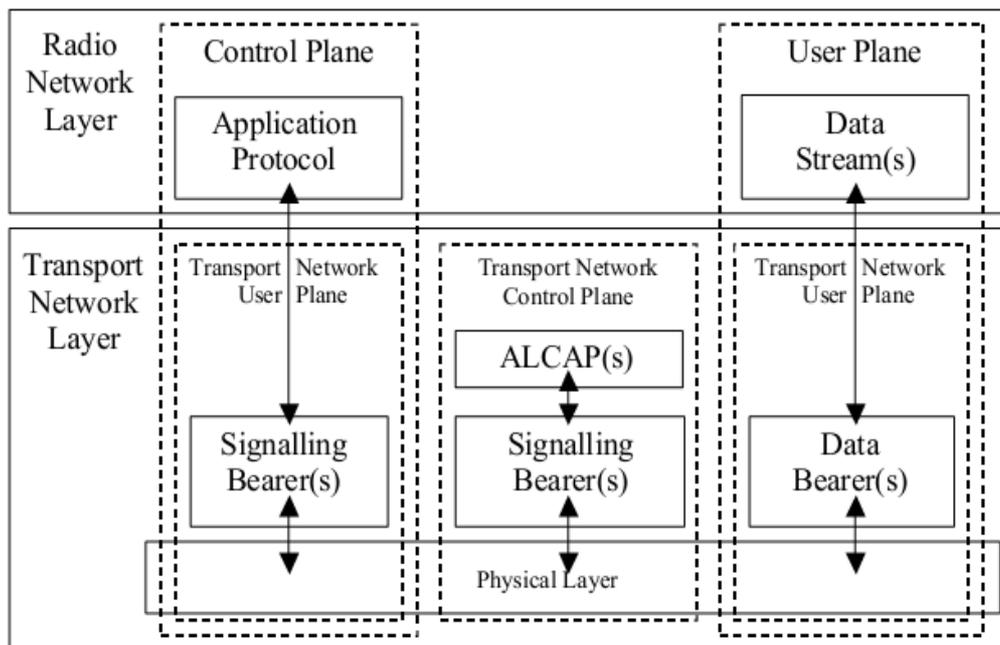


Figure III.2 : Architecture générique des interfaces de l'UTRAN.

La couche réseau de transport est destinée à transporter les données de la couche radio au sein de l'UTRAN. La couche réseau radio assure la gestion des ressources de l'interface radio et les fonctions d'établissement et de libération des connexions entre le terminal mobile et le réseau UTRAN. Le plan de contrôle de la couche réseau radio gère les canaux de signalisation nécessaires pour transmettre les données des protocoles applications. Les protocoles du plan de contrôle de la couche réseau radio sont indépendants de la technologie employée dans le réseau de transport. Les protocoles ALCAP (*Access Link Control Application Part*) du plan de contrôle de la couche réseau de transport assurent les services de signalisation nécessaires pour l'établissement des connexions du plan utilisateur pour transporter les données de la couche réseau radio. Le plan utilisateur de la couche réseau radio contient les protocoles nécessaires pour transporter les flux des données de l'interface radio ainsi que les informations nécessaires aux mécanismes de synchronisation des trames et de macro-diversité.

III.3.1 Les interfaces :

L'interface Uu :

L'interface Uu logique sert à connecter le terminal mobile à la station de base par l'intermédiaire d'une liaison radio. La couche physique de l'interface Uu est basée sur la technique d'accès multiple à répartition en codes CDMA. On définit deux types de canaux radio : les canaux logiques comme DCCH (*Dedicated Control Channel*), DTCH (*Dedicated Transport Channel*), CTCH (*Common Traffic Channel*), etc., et les canaux de transport comme DCH (*Dedicated Channel*), RACH (*Random Access CHannel*), FACH (*Forward Access Channel*), DSCH (*Downlink Shared Channel*), etc.

L'interface Iu :

C'est l'interface logique d'interconnexion entre le réseau d'accès radio et le réseau cœur. Pour que le plan utilisateur de l'interface Iu soit indépendant du domaine du réseau cœur, deux types d'interfaces Iu ont été définis :

- L'interface Iu-CS qui connecte l'UTRAN avec le domaine à commutation de circuits du réseau cœur.
- L'interface Iu-PS qui connecte l'UTRAN avec le domaine à commutation de paquets du réseau cœur.

Le 3GPP a choisi dans sa Release 99 le protocole AAL2/ATM comme protocole de transport sur l'interface Iu-CS et le protocole AAL5/ATM sur l'interface Iu-PS.

L'interface Iub :

C'est l'interface logique d'interconnexion entre le Node B et le RNC. Sur cette interface, on ne distingue pas entre domaine CS et domaine PS. Tous les flux du plan utilisateur sont transportés par le protocole AAL2/ATM choisi par le 3GPP dans sa Release 99 comme le protocole de transport sur l'interface Iub.

L'interface Iur :

C'est l'interface logique entre deux RNC. Dans sa Release 99, le 3GPP a choisi le protocole AAL/ATM comme protocole de transport au niveau de la couche réseau de transport TNL pour le plan utilisateur et le protocole AAL5/ATM pour le plan de contrôle.

III.3.2 Couche protocolaire du RNL :

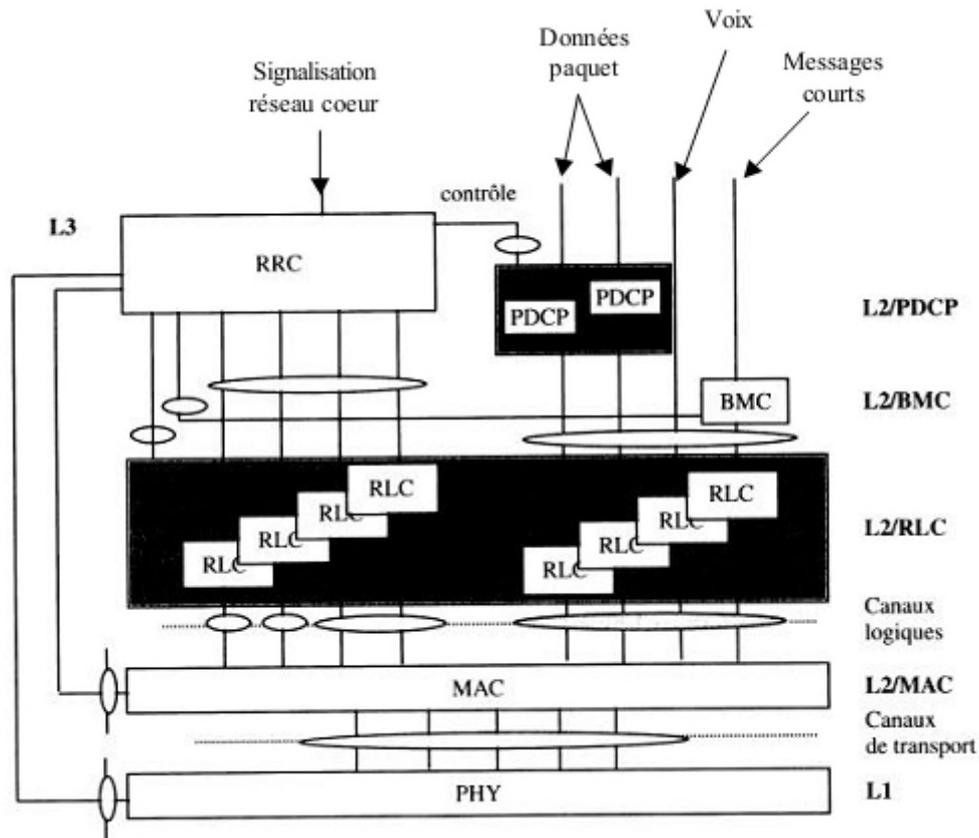


Figure III.3 : Structure protocolaire de l'interface radio.

La couche physique :

La couche physique fournit le service de transfert d'information à la couche MAC au travers des canaux de transport.

Les fonctions de la couche physique:

- Le codage et le décodage de canal.
- La modulation et l'étalement de spectre.
- Le contrôle de puissance en boucle fermée.
- Le support de la macrodiversité.
- La synchronisation en fréquence et en temps.
- Adaptation de débit.

La couche MAC :

La couche MAC (*Medium Access Control*) permet de faire la correspondance entre les canaux logiques et les canaux de transport. Cette couche est constituée des trois entités logiques suivantes :

- L'entité MAC-b qui supporte le canal de transport BCH, il existe une entité dans chaque terminal et une autre pour chaque cellule.
- L'entité MAC-c/sh qui supporte les canaux communs et les canaux partagés, il existe une entité dans chaque terminal qui utilise des canaux partagés et une même entité pour chaque cellule.
- L'entité MAC-d qui supporte les canaux dédiés DCH alloués au terminal en mode connecté. Il existe une entité dans le terminal et une autre dans le RNC pour chaque terminal [10].

Les fonctions de MAC :

- ❖ Mise en correspondance des canaux logiques avec les canaux de transport appropriés.
- ❖ Sélection du format de transport.
- ❖ Identification des terminaux sur les canaux de transport communs.
- ❖ Gestion du volume de trafic.
- ❖ Chiffrement.

La couche RLC :

Le protocole RLC (*Radio Link Protocol*) fournit des services de segmentation et de retransmission pour les données utilisateur et les informations de contrôle

Les fonctions de RLC:

- ❖ Segmentation et réassemblage.
- ❖ Transfert de données utilisateur.
- ❖ Correction d'erreur et contrôle de flux.
- ❖ Chiffrement.

La couche PDCP :

Le protocole PDCP (*Packet Data Convergence Protocol*) n'est utilisé qu'au niveau du plan utilisateur et seulement pour les services du domaine paquet. Ce protocole comprend différentes méthodes de compression que sont nécessaires à l'amélioration de l'efficacité spectrale des services nécessitant la transmission de paquets IP sur l'interface radio [1].

Les fonctions de PDCP :

- ❖ Compression des informations de contrôle redondantes au niveau d'émission et décompression au niveau de l'entité réceptrice.
- ❖ Transport de données utilisateur.

La couche BMC :

Le protocole BMC (*Broadcast/Multicast Control Protocol*) a été développé pour prendre en charge les services de diffusion sur l'interface radio. Dans la Release 99, le seul service utilisant ce protocole est le service de messages courts SMS, ce service provient directement du GSM.

Les protocoles de BMC :

- ❖ Stockage des messages Cell Broadcast.
- ❖ Gestion du trafic et demande de ressources radio.
- ❖ Transmission des messages BMC vers le terminal.
- ❖ Remise des messages Cell Broadcast.

La couche RRC :

La majorité des échanges de signalisation entre le terminal et l'UTRAN utilisent des messages RRC (*Radio Resource Control*). Ces messages RRC transportent tous les paramètres nécessaires à l'établissement, la modification et au relâchement des entités protocolaires de couches 1 et 2. Notons également que la mobilité des utilisateurs en mode connecté est générée par la signalisation RRC (*rappports de mesures, handovers, mises à jour de localisation,...*) [10]. Cette couche est composée des quatre entités suivantes :

- L'entité DFCE (*Dedicated Control Function Entity*) qui supporte toutes les fonctions et la signalisation propres à un terminal.
- L'entité PNFE (*Paging and Notification control Function Entity*) qui supporte le paging des terminaux en mode veille.
- L'entité BCFE (*Broadcast Control Function Entity*) qui supporte la diffusion des informations du système.
- L'entité RFE (*Routing Function Entity*) qui supporte le routage des messages des couches hautes vers les différentes entités MM/CM (*du côté du terminal*) ou vers les différents domaines du réseau cœur.

Les fonctions de RRC :

- ❖ Diffusion des informations du système.
- ❖ Contrôle des supports radio, canaux de transport et canaux physiques.
- ❖ Contrôle des fonctions de sécurité.

III.3.3 Structure protocolaire du TNL :

Les canaux radio sont étendus entre le terminal mobile et le RNC. Ces canaux sont transportés entre le Node B et le RNC sur l'interface Iub. Au niveau de la couche réseau de transport (TNL), les canaux radio sont transportés sur les canaux de transport du TNL. Dans la Release 99 du 3GPP, le protocole AAL2/ATM a été choisi comme protocole de transport sur les interfaces Iub et Iur de l'UTRAN. La Figure III.4 représente la structure protocolaire de l'interface Iub. Les terminaisons des couches RLC et MAC se situent dans le terminal et le

RNC. Dans le Node B, le protocole FP sert à transporter les canaux radio sur l'interface Iub vers le RNC en utilisant le protocole AAL2/ATM comme support de transport. Les connexions AAL2 transportent les paquets FP-PDU sur l'interface Iub. Le trafic étant dans la couche AAL2 est affecté par les couches RLC, MAC et FP d'où la nécessité de connaître le fonctionnement de couches du RNL pour évaluer leur impact sur le trafic transporté par les canaux AAL2 [21].

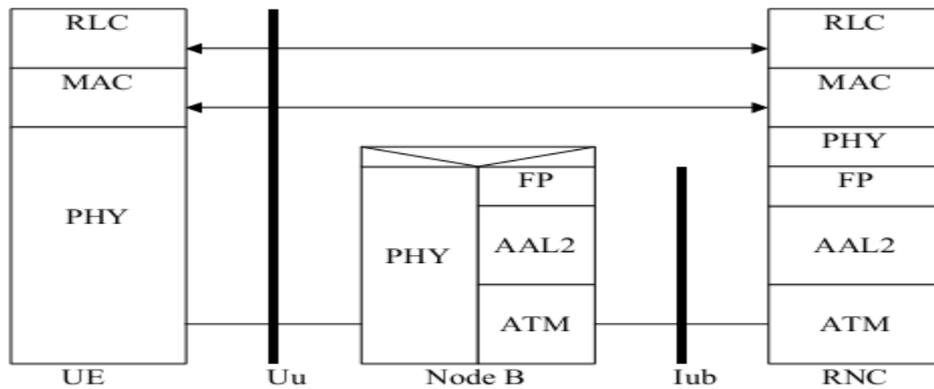


Figure III.4 : Structure protocolaire de l'interface Iub.

La Figure III.5 représente la structure protocolaire des interfaces Iub et Iur dans le cas d'une connexion radio passant par un D-RNC vers un S-RNC. Dans le D-RNC, on peut monter jusqu'au niveau FP pour effectuer les opérations de macro-diversité entre différents Node B reliés au même RNC. Les terminaisons des canaux radio se situent dans le S-RNC.

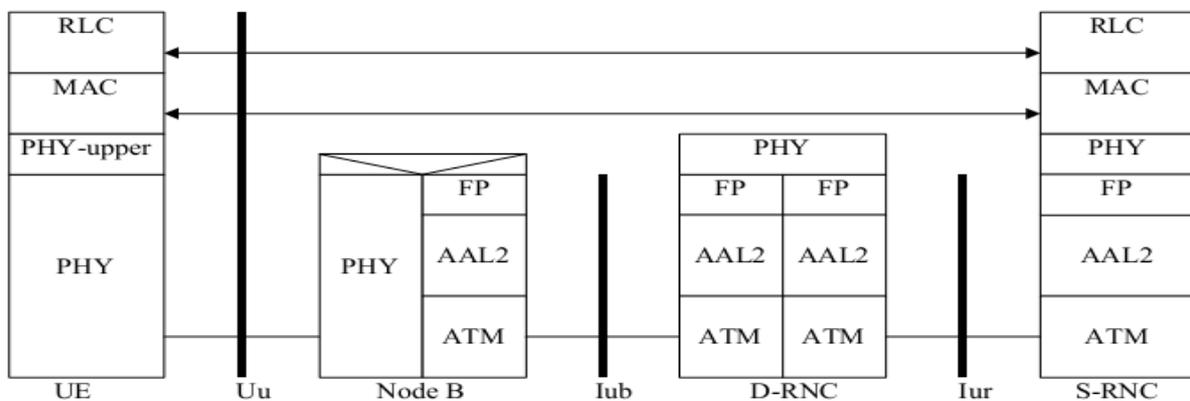


Figure III.5 : Structure protocolaire des l'interfaces Iub et Iur dans le cas d'un D-RNC.

Dans une optique de déploiement des réseaux tout-IP, le 3GPP a choisi dans sa Release 5 le protocole IP comme technique de transport sur les interfaces Iub et Iur. Ce sujet sera détaillé à la fin du chapitre.

III.4 Gestion des ressources radio :

- **Le handover :**

Le handover utilisé dans les réseaux basés sur la technique d'accès CDMA est le soft handover. Contrairement au hard handover utilisé dans le GSM, le soft handover permet au mobile de communiquer avec deux ou plus de stations de base pendant le transfert des liens d'une station à une autre. Ceci introduit une diversité macroscopique qui est un avantage des systèmes CDMA par rapport aux systèmes basés sur les techniques TDMA et FDMA [7].

- **Contrôle de puissance :**

Le contrôle de puissance est sans doute l'aspect le plus important du WCDMA, notamment au niveau du sens de transmission montant. Sans lui, un seul mobile émettant à une puissance trop élevée pourrait empêcher les autres mobiles de la cellule de communiquer. Il est donc primordial de mettre en œuvre ce mécanisme qui garantit qu'au niveau de la station de base, la puissance des signaux issus de n'importe quel mobile soit identique à tout instant. En AMRC large bande trois types de mécanismes de contrôle de puissance sont utilisés. Le contrôle de puissance en boucle externe, le contrôle de puissance en boucle ouverte et le contrôle de puissance en boucle fermé [7].

Contrôle de puissance en boucle ouverte : Le contrôle de puissance en boucle ouverte ajuste la puissance de transmission des terminaux (*UE*) sur les canaux RACH et CPCH. Sa précision doit être inférieure à 9dB et il est utilisé lors de l'initialisation de la transmission.

Contrôle de puissance en boucle fermée : Le contrôle de puissance en boucle fermée rapide est utilisé pour lutter contre le problème de masquage. Il est réalisé au rythme d'une commande par slot.

Les étapes du mécanisme de contrôle de puissance en boucle fermée sont les suivantes :

- La station de base mesure le E_b/N_0 du canal de trafic montant,
- Elle compare le E_b/N_0 mesuré au E_b/N_0 cible (0,625),
- Elle envoie un ordre au mobile pour augmenter ou diminuer la puissance,
- Le mobile ajuste sa puissance de +1 dB ou -1 dB.

Contrôle de puissance en boucle externe : l'algorithme de contrôle de puissance en boucle externe utilise les résultats du code CRC des données.

Les étapes du mécanisme de contrôle de puissance en boucle externe sont les suivantes :

- La station de base envoie les mesures de qualité (*FER*) au contrôleur de stations de bases (*RNC*).
- Le RNC compare le FER mesuré au FER cible,
- Le RNC ajuste la valeur du E_b/N_0 cible de +0,5 dB ou -0,5 dB.

- **Contrôle d'admission :**

Si la charge de l'interface air pour une cellule donnée, augmente excessivement, la zone de couverture de cette cellule sera réduite en dessous de celle prévue dans la phase de planification et la qualité de service des connexions en cours ne pourra donc plus être garantie. Avant d'accepter une nouvelle connexion, le contrôle d'admission doit vérifier si celle-ci ne va pas compromettre la couverture ni dégrader la qualité de service des connexions en cours. Le contrôle d'admission peut accepter ou refuser l'établissement du support d'accès radio au niveau du réseau d'accès. Cette fonctionnalité est située dans le RNC au niveau duquel les informations concernant la charge des différentes cellules sont disponibles. L'algorithme peut estimer l'augmentation de la charge que provoquerait l'établissement d'un nouveau support. Cela est réalisé de façon indépendante dans le sens montant et le sens descendant. Le nouveau support peut être établi uniquement si les contrôles d'admission correspondant aux deux sens de transmission le permettent, sinon il est rejeté afin de ne pas générer d'interférences excessives au niveau du réseau. Les limites d'admission sont généralement définies durant la phase de planification du réseau [10].

- **Contrôle de charge :**

Une des tâches essentielles de la gestion des ressources radio est d'assurer que le système n'est pas surchargé et qu'il reste stable. Si le système est correctement dimensionné et planifié, et que les procédures de contrôle d'admission et de packet scheduling fonctionnent correctement, les situations de surcharge devraient être extrêmement rares. Cependant, si jamais une surcharge survenait, le contrôle de charge doit être capable de ramener rapidement le système au niveau de charge maximal défini lors de la planification du réseau radio [16]. Les différentes actions possibles de contrôle de charge sont :

- Déconnexion de certains utilisateurs.
- Handover.
- Refus des commandes de demande d'augmentation de puissance envoyées par le mobile.
- Réduction de la valeur cible de E_b/N_0 utilisée par le contrôle de puissance rapide uplink.
- Réduction du débit utilisateurs.

III.5 Evolution vers le tout IP:

La solution envisagée pour les phases futures de l'UMTS consiste à faire évoluer son architecture pour développer, à termes, un réseau s'appuyant entièrement sur le protocole IP. Dans cette architecture, plus besoin de réaliser la distinction des domaines circuit et paquet : les services temps réel et non temps réel seront traités simultanément en tant que « services multimédias IP ».

III.5.1 Release 4 :

La quatrième version de l'UMTS est une révision mineure des cœurs des réseaux des domaines paquet et circuit. Toutefois, la transition vers le réseau tout IP de la version 5 passe par cette révision qui voit la signalisation du domaine circuit passer au-dessus d'IP.

La Release 4 de l'UMTS introduit le concept dénoté BICC (*Bearer Independent Call Control*) dans le domaine CS. Son principe repose sur la séparation des protocoles associés au contrôle des appels de ceux associés au transport des données. Ainsi, le MSC de Release 99 disparaît pour laisser la place au « MSC Server » qui récupère les fonctions associées à la gestion de la mobilité. Seuls des messages de signalisation générés dans le plan de contrôle transitent par le SMSC (*Serving MSC*), messages qui sont routés vers ou depuis les réseaux externes via le SGMSC (*Serving GMSC*). Par ailleurs, les flots de données générés dans le plan usager sont pris en charge par des passerelles multimédias (*MGW pour Media GateWay*)^[2].

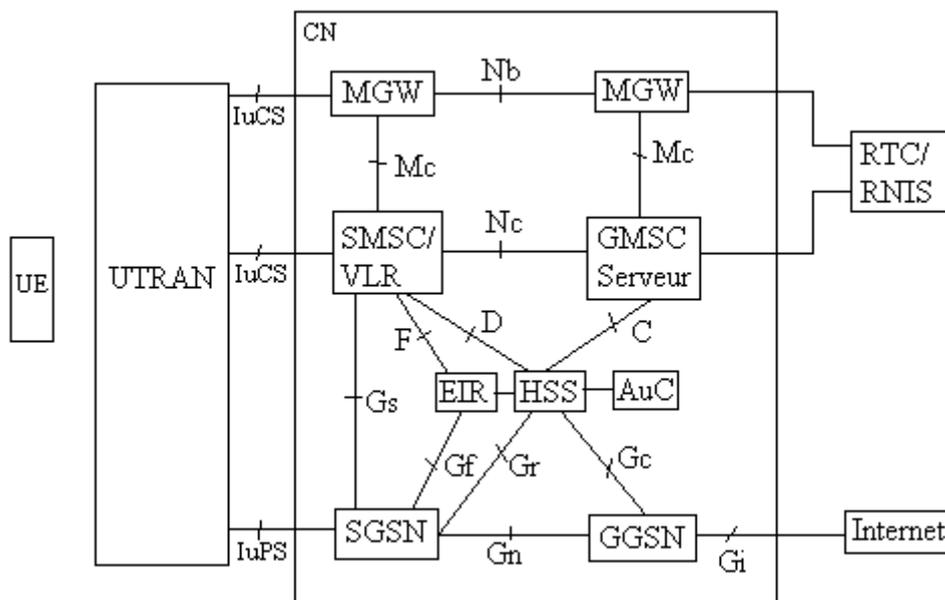


Figure III.6 : Architecture réseau cœur d'UMTS Release 4.

Dans l'architecture présentée dans la figure III.6, les échanges de signalisation entre le MGW et le SMSC via l'interface « Mc » sont gérés par le protocole H.248 (*MEGACO*) alors que la signalisation échangée entre le SMSC et le SGMSC via l'interface « Nc » utilise le protocole BICC. En fin, l'interface « Nb » conserve le protocole ISUP pour la mise en place des circuits qui transportent les données usager entre deux MGW. L'avantage de cette nouvelle architecture est double :

- Possibilité d'utiliser une technologie autre que des circuits TDM/64 kbps pour le transport des flots de données usager entre le domaine CS et l'UTRAN. Cela est aussi valable pour le transport de la signalisation dans les interfaces « Mc », « Nc » et « Nb ». Par ailleurs, la R4 offre l'opportunité d'utiliser le protocole IP sur ATM ou IP seul pour le transport des messages MAP dans les interfaces « F », « D » et « C »^[2].

Suivant ce principe, un transport complètement fondé sur IP/ATM peut être mis en place dans le domaine CS ;

- Avec un réseau de transport fondé sur IP/ATM, il est possible de placer les codecs dans le point d'accès au réseau UMTS le plus externe. Cela permet d'optimiser la bande passante à l'intérieur du réseau cœur UMTS pour le transport de la parole.

III.5.2 Release 5 :

La principale innovation de la Release 5 apportée à l'architecture du réseau cœur UMTS de la Release 99 et de la Release 4 repose sur l'introduction d'un nouveau sous-système permettant de connecter le domaine PS à des réseaux IP proposant des services multimédias. Ce sous-système ou domaine est appelé « *sous-système multimédia IP* ». L'IMS représente un pas vers un réseau cœur « *tout IP* », car même le service de téléphonie, traditionnellement desservi par le domaine CS, peut être offert par ce sous-système suivant l'approche VoIP. Soulignons cependant, que les services ne sont pas standardisés dans l'IMS, mais plutôt les outils pour les développer.

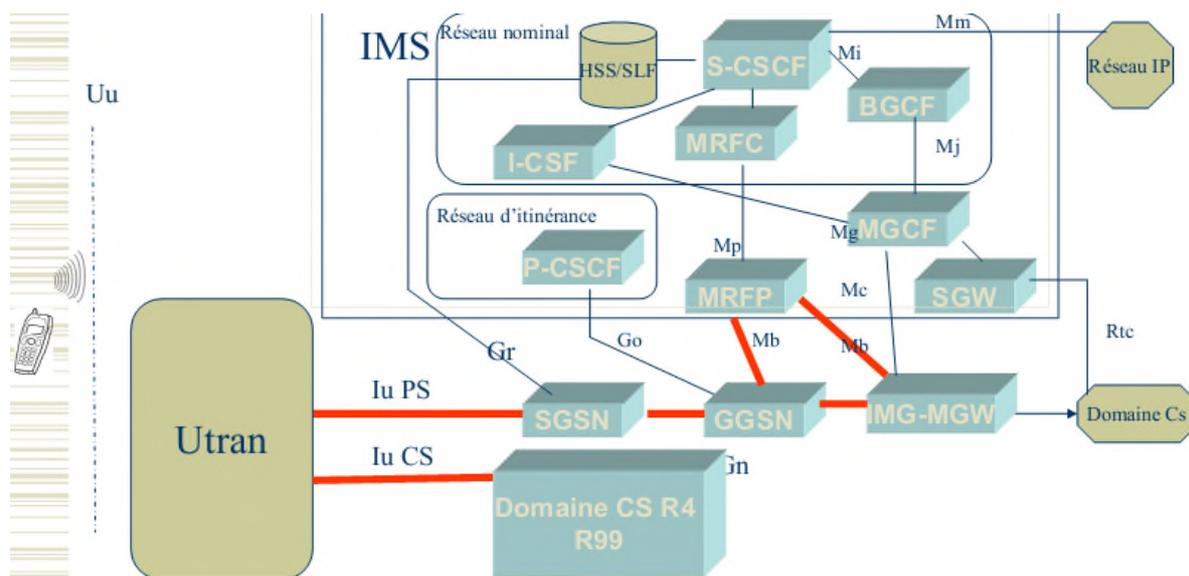


Figure III.7 : Architecture réseau cœur d'UMTS Release 5.

III.5.2.1 IMS :

L'IMS est une évolution du réseau cœur introduite par la version 5 de la norme 3GPP. Le but principal de l'IMS est de proposer une architecture réseau unifiée, basée sur les protocoles de type internet, pour le support de services de communications convergents.

Les entités de l'IMS :

Terminal IMS : il s'agit d'une application sur un équipement de l'utilisateur qui émet et reçoit des requêtes SIP. Il se matérialise par un logiciel installé sur un PC, sur un téléphone IP ou sur une station mobile UMTS.

CSCF (*Call State Control Function*) le CSCF occupe une position centrale dans l'architecture IMS.

Le **S-CSCF** (*ou Serving CSCF*) est le serveur IMS auprès duquel le terminal va effectivement s'enregistrer. Il est chargé de maintenir l'état de la session IMS établie avec l'utilisateur et de fournir un accès direct aux serveurs d'applications [3].

Le **I-CSCF** (*ou Interrogating CSCF*) est chargé de déterminer, lors de la procédure d'enregistrement de l'utilisateur, le S-CSCF qui sera chargé de la session IMS.

HSS : l'entité HSS (*Home Subscriber Server*) est la principale base de stockage des données des usagers et des services auxquels ils ont souscrit. Il s'agit en fait d'une extension du HLR. Dans son rôle étendu, le HSS est la somme des fonctions du HLR et de l'AuC et toutes les fonctions nécessaires pour assister les serveurs CSCF dans le support des sessions IMS [3].

MGCF, IMS-MGW et SGW: Interfonctionnement avec le RTC :

Le domaine IMS doit interfonctionner avec le RTCP afin de permettre aux utilisateurs IMS d'établir des appels avec le RTCP. L'architecture d'interfonctionnement présente un plan de contrôle (signalisation) et un plan d'utilisateur (transport). Dans le plan utilisateur, des passerelles (IMS-MGW, IMS-Media Gateway) sont requises afin de convertir des flux RTP en flux TDM.

Ces passerelles ne traitent que le média. Des entités sont responsables de créer, maintenir et libérer des connexions dans ces passerelles ; il s'agit de contrôleurs de passerelles (*MGCF, Media Gateway Control Function*). Par ailleurs, ce même MGC termine la signalisation ISUP du côté RTC qu'il convertit en signalisation SIP qui est délivrée au domaine IMS. Les messages ISUP provenant du RTC sont d'abord acheminés sur SS7 à une passerelle de signalisation (*T-SGW, Trunking Signaling Gateway*) qui les relaye au MGC sur un transport SIGTRAN [3].

L'interfonctionnement entre le domaine IMS et le RTCP est donc assuré par trois entités : L'IMS-MGW (*IP Multimedia Subsystem Media Gateway Function*), MGCF (*Media Gateway Control Function*) et T-SGW (*Trunking Signaling Gateway Function*).

- **L'IMS-MGW**
 - Reçoit un trafic de parole du RTCP et l'achemine sur un réseau IP. Le trafic audio est transporté sur RTP/UDP/IP.
 - Supporte généralement des fonctions de conversion du média et de traitement du média (annulation d'écho, pont de conférence).
 - Est contrôlé par le MGCF à travers le protocole MEGACO/H.248.
- **Le MGCF**
 - Comme les entités CSCF, n'appartient qu'au plan de contrôle et non au plan média.
 - Contrôle l'IMS-MGW afin d'établir, maintenir et libérer des connexions dans l'IMS-MGW. Une connexion correspond par exemple à une association entre

une terminaison TDM (*terminaison du côté RTC*) et une terminaison RTP/UDP/IP. Un transcodage de la parole doit aussi avoir lieu au niveau de l'IMS-MGW pour convertir la parole reçue et qui est encodée à l'aide du codec G.711, en parole encodée en utilisant le codec AMR (*UMTS*) si le terminal IMS est un mobile UMTS.

- Assure la conversion des messages ISUP (*Signalisation RTC*) en des messages SIP.
- Sélectionne le CSCF approprié afin de remettre la signalisation SIP qu'il génère, au sous-système IMS.
- **Le SGW**
 - Assure la conversion du transport pour l'acheminement de la signalisation ISUP entre le commutateur téléphonique et le MGCF. La signalisation ISUP est échangée :
 - ❖ Sur SS7 entre le commutateur et le T-SGW.
 - ❖ Sur SIGTRAN entre le T-SGW et le MGCF.
 - Par contre, n'analyse pas les messages d'application ISUP.

III.5.2.2 IP dans Radio Access Network:

Dans la Release 5 du 3GPP, le protocole IP a été introduit comme technique de transport dans l'UTRAN en parallèle avec la technologie AAL2/ATM. Le choix de l'IP dans l'UTRAN vient dans le but de déploiement d'un réseau tout-IP. En effet, l'IP est une technologie de transport qui arrive jusqu'au terminal et la plupart des applications seront basées sur cette technologie.

Tous les Node B de l'UTRAN dans la Release 5 doivent supporter la version 6 du protocole IP. La version 4 est une alternative qui peut coexister avec la version 6.

L'introduction de l'IP va affecter seulement la couche de transport (*TNL*) et ne doit pas introduire des modifications majeures dans les couches radio (*RNL*) parce que les deux couches sont indépendantes. En fait, si la couche radio dépend fortement de la technologie de transport, la compatibilité entre des réseaux de technologies de transport différentes sera très difficile à réaliser.

La problématique de l'introduction de l'IP dans l'UTRAN est un sujet très vaste à étudier. Nous avons alors focalisé notre attention dans ce paragraphe sur quelques points essentiels.

IP dans l'interface Iub:

L'Iub c'est l'interface qui connecte le Node B et le RNC, dans ce paragraphe on définit une architecture en fonction de la qualité de service.

La Figure III.8 représente cette architecture. Le protocole PPP est utilisé pour créer des connexions point à point entre le Node B et le RNC à travers le réseau de transport. Ceci n'est

possible que si on utilise un tunnel entre le Node B et le RNC. Ce tunnel est créé par le protocole L2TP qui assure une connexion directe entre le Node B et le RNC. Le réseau backbone est alors transparent par rapport à cette connexion. L'utilisateur de la couche IP voit une connexion point à point entre le Node B et le RNC. Tous les flux sont alors canalisés dans un tunnel de bout en bout, c'est à dire du Node B jusqu'au RNC. Dans cette architecture, la qualité de service est définie de bout en bout [21].

Pour optimiser les ressources des liens, des fonctions de multiplexage sont assurées par le protocole PPP-mux et elles sont appliquées sur les paquets de petites tailles. Par contre, les paquets de grandes tailles sont segmentés à l'aide de l'extension ML (Multi-Link) du protocole PPP (PPP-ML ou MP). L'extension Multi-Class du protocole PPP-ML (PPP-ML-MC) est utilisée pour assurer la différenciation des services. Cette différenciation des services est faite à ce niveau et plusieurs classes de service peuvent être utilisées pour fournir à chaque type d'application la qualité de service nécessaire. Des mécanismes d'ordonnancement sont nécessaires au niveau PPP-ML-MC pour faire la différenciation entre les différentes classes de service.

Tous les flux sont ensuite regroupés dans un même tunnel et transportés dans le réseau de transport (Backbone) sur une connexion UDP/IP. Deux niveaux IP sont alors utilisés : le niveau supérieur avant le multiplexage et le niveau inférieur après le multiplexage. Puisque la différenciation des services est faite au niveau supérieur, une seule qualité de service est utilisée au niveau inférieur et toutes les classes supérieures sont transportées sur cette classe. Pour garantir la qualité de service nécessaire pour les flux les plus exigeants en terme de contraintes temporelles, il est alors nécessaire d'utiliser la classe de service de plus haute priorité dans la couche IP du niveau inférieur. Les protocoles PPP/HDLC sont utilisés au niveau 2 [21].

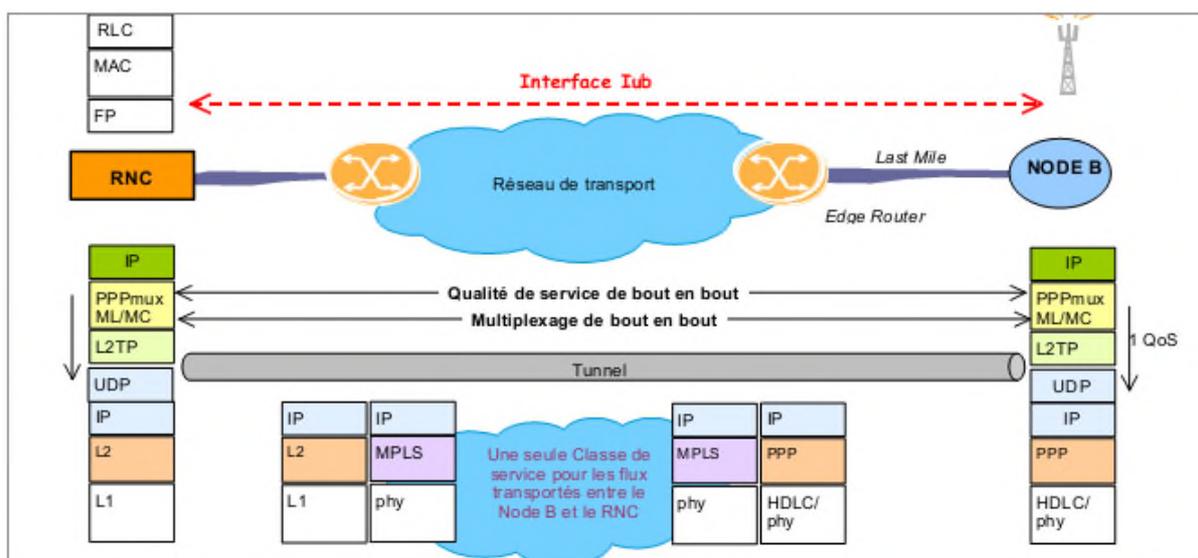


Figure III.8 : IP dans l'interface Iub.

Dans le réseau de transport, une seule classe de service est utilisée pour le transport des flux de l'interface Iub. Par conséquent, le trafic n'a pas besoin d'un traitement particulier

dans les nœuds intermédiaires. L'avantage de cette solution est la simplicité du traitement dans les nœuds intermédiaires. L'inconvénient est que la bande passante réservée peut être plus grande que la bande passante réellement utilisée à cause de la réservation des ressources sur la base de la classe de service de plus haute priorité.

Sur le Last Mile Link, les différentes applications sont transportées sur la pile protocolaire suivante:

- UDP/IP/PPPMux-ML-MC/L2TP/UDP/IP/PPP/HDLC

Un paquet est alors encapsulé dans tous les en-têtes de ces protocoles.

IP dans l'interface Iu :

L'interface Iu connecte le RNC au réseau cœur, dans cette interface nous allons utiliser la version 6 du protocole IP pour le transport comme est présenté dans les figures ci-dessous.

Dans la Release 5 de l'UMTS, les couches de protocoles du plan usager utilisé dans l'interface Iu-CS entre le RNC et le MGW sont présentées dans la figure III.9.

Les fonctions de la couche de RTP sont quelque peu superflues car la commande de synchronisation est effectuée en utilisant le protocole PDU.

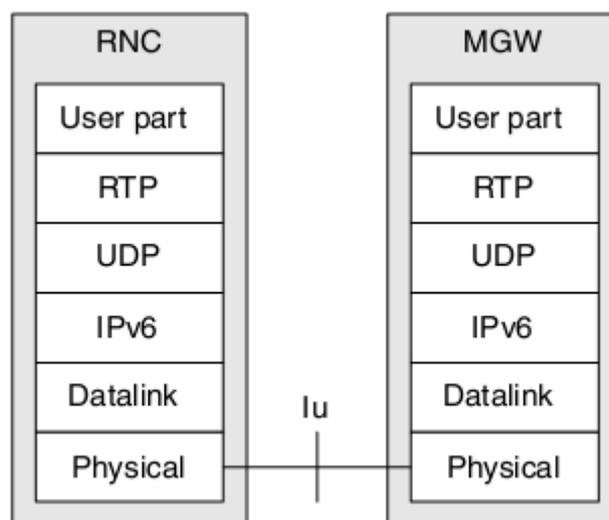


Figure III.9 : IP dans l'interface Iu-CS.

Pour l'interface Iu-PS qui connecte le RNC au domaine paquet du réseau cœur, cette fois nous n'allons pas utiliser le protocole RTP. Nous allons le remplacer par le protocole GTP-U (*GPRS Tunneling Protocol for UserPlane*)_[14] comme est illustré dans la figure III.10.

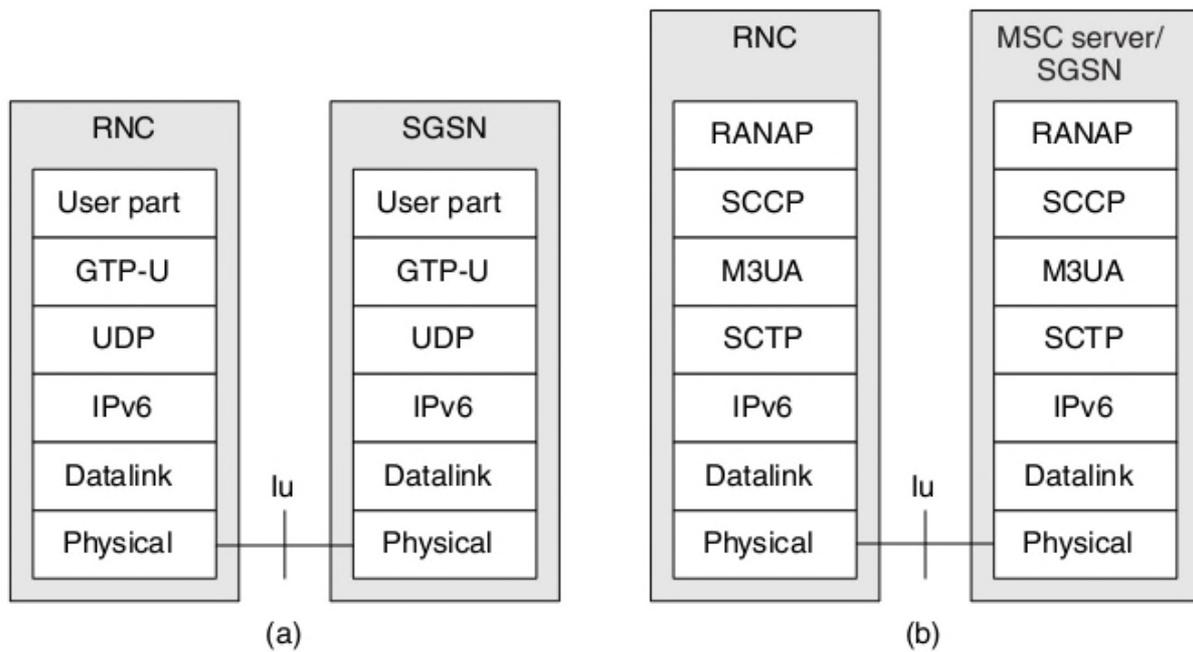


Figure III.10 : IP dans l'interface Iu-PS pour le plan usager et le plan de contrôle.

Les protocoles du plan de contrôle sont illustrés dans la figure III.10 (b).

L'adresse IP est échangée entre les éléments du réseau cœur et le RNC dans les messages demande/confirmation du RANAP.

La couche d'adaptation M3UA (MTP3 User Adaptation) assure l'acheminement de messages SCCP entre le RNC et le CN en fournissant une interface MTP3 à la couche supérieure. M3UA peut fonctionner en mode IP SP (IP Signaling Point) permettant à un RNC et le CN disposant d'une connectivité SIGTRAN dans le monde mobile de partager une association SCTP directement entre eux [14].

IP dans l'interface Iur :

L'interface Iur connecte entre deux RNC, les couches de protocoles pour le plan usager et le plan de contrôle sont illustré dans la figure III.11.

L'Iur doit soutenir la signalisation du RAN et aussi des données d'utilisateur pour des fonctions tel que le soft handover.

Les divers protocoles utilisés pour les canaux dédiés et les canaux partagés sont complètement transporter en UDP. Ces informations sont échangées entre deux RNC utilisant le protocole RNSAP qui est utilisé par la connectivité SIGTRAN comme une application SS7_[14].

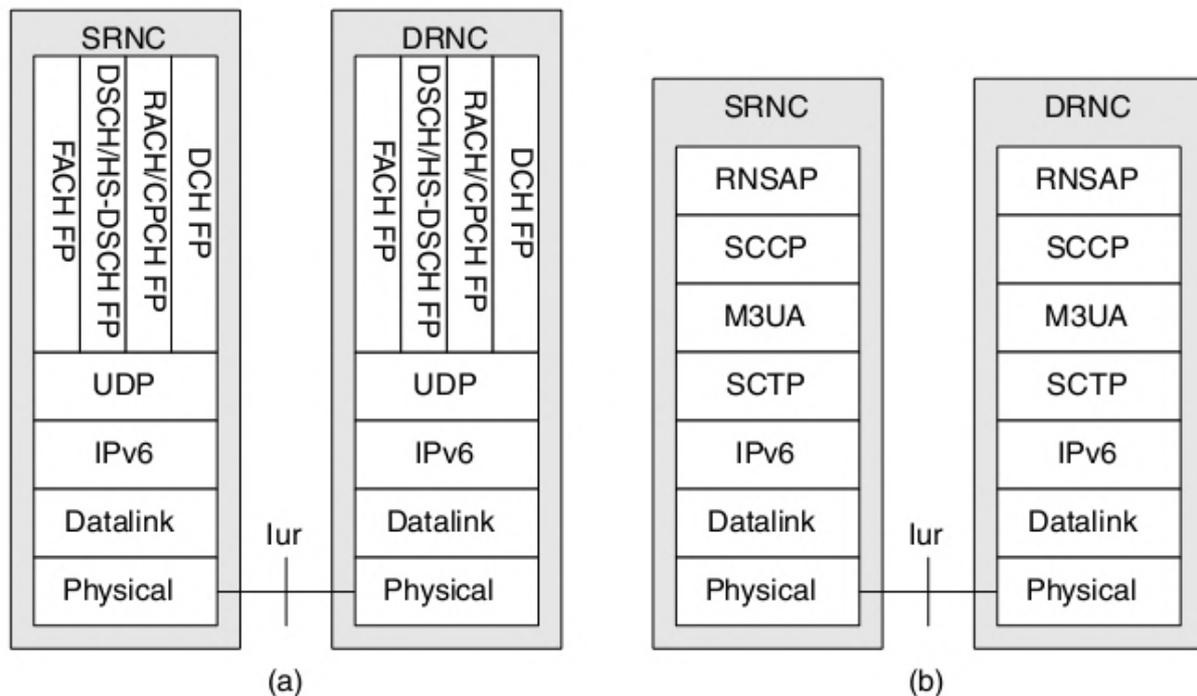


Figure III.11 : IP dans l'Iur pour le plan usager et le plan de contrôle.

Conclusion :

Dans ce troisième chapitre, nous avons présenté d'une manière générale les principales caractéristiques d'un réseau UMTS et ses évolutions ainsi que son interface radio UTRAN qui est basé sur la technique d'accès multiple WCDMA. Cette technique présente un certain nombre d'avantage par rapport à la technique TDMA utilisée en GSM mais soumis aussi à des contraintes de capacité, de couverture et de qualité de service différentes. L'étude détaillée de ces paramètres s'avère très nécessaire pour la planification des réseaux UMTS dont nous vous présenterons dans le chapitre qui suit.

Chapitre 4

Planification du réseaux radio

Introduction :

La planification des réseaux mobiles présente beaucoup de défis, tant au niveau architecture, qu'au niveau d'évolutivité. En effet, une bonne connaissance des architectures permet aux planificateurs de mieux gérer les ressources en place, de faciliter l'évolution du réseau en intégrant des technologies plus performantes, qui leur permettent de fournir en même temps des services de bonne qualité. Ce chapitre présente les différentes phases de la planification d'un réseau radio WCDMA, à savoir le dimensionnement, la planification détaillée de la capacité et de la couverture ainsi que l'optimisation. L'objectif de la phase de dimensionnement est d'estimer le nombre de sites, le nombre de stations de base et leur configuration en fonction des besoins et des exigences de l'opérateur ainsi que de la propagation radio spécifique au type d'environnement. Ce dimensionnement doit scrupuleusement prendre en compte les exigences en termes de couverture, de capacité et de qualité de service de l'opérateur. La capacité et la couverture sont deux aspects étroitement liés dans les réseaux WCDMA et doivent par conséquent être considérés simultanément dans le dimensionnement.

La planification de la capacité et de la couverture réalisée par un outil de planification WCDMA sera présentée dans la section 2. Pour cette phase, des cartes géographiques détaillées et une estimation du trafic sont nécessaires. La localisation des stations de base est déterminée par l'outil de planification. La capacité et la couverture peuvent alors être analysées pour chaque cellule ou par zone. Lorsque le réseau est en fonctionnement, il est possible de mesurer et d'analyser ses performances. Les résultats de ces mesures peuvent ensuite être utilisés pour optimiser le réseau.

IV.1 Dimensionnement :

Le dimensionnement d'un réseau radio WCDMA est un processus qui permet d'estimer, à partir des besoins et des exigences de l'opérateur, le nombre d'équipements nécessaires ainsi que leur configuration.

IV.1.1 Dimensionnement du Node B :

Cette analyse vise à déterminer le nombre de M_{\max} nécessaires pour écouler le mélange de trafic. Cette section sera répartie en deux parties : une qui représente l'étude théorique, l'ensemble des équations utilisées, la deuxième illustre la mise en place de ces équations pour notre projet.

IV.1.1.1 Etude théorique :

1. capacité du Node B :

La capacité du Node B est donné par :

$$M_{\max} = \sum_i^N X_i M_{\max,i} \dots\dots\dots(1)$$

Avec :

- X_i : la proportion du service i dans la cellule
- $M_{\max}(i)$: la capacité maximale du M_{\max} en termes de nombre d'utilisateurs par service.

2. Détermination du nombre de $M_{\max}(i)$ nécessaire :

$$M_{\max}(i) = \left(\frac{1}{1+f} \right) \left(1 + \frac{1}{CIR(i).v_i} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Avec:

- $M_{\max}(i)$: capacité sur le lien montant pour le service i par cellule
- f : le facteur d'interférence $f = I_{\text{oth}}/I_{\text{own}}$

où I_{oth} : interférence généré par les terminaux situés dans des cellules voisines

I_{own} : interférence généré par les terminaux en connexion à la cellule de référence

- v_i : facteur d'activité du service i , elle est de 67% pour les services vocaux et de 100% pour les services de transmission de données
- CIR : le rapport signal à interférence

$$CIR(i) = (E_b/N_0)_i / SF$$

Avec

- $(E_b/N_0)_i$: la qualité de service à atteindre pour le service considéré. Elle varie en fonction de la mobilité de l'utilisateur et de la valeur du BLER

E_b : l'énergie par bit donnée par $E_b = S/R$ où

S : l'énergie du signal utile

R : Débit de l'information utile

N_0 : l'énergie du bruit par Hertz donnée par $N_0 = N/B$ où N est l'énergie du bruit mesurée dans la bande B

- On définit le gain de traitement (*Spreading Factor*) par:

$$SF = B/R \approx W/R$$

- La charge théorique que peut supporter une cellule WCDMA peut être calculée à partir de l'équation de charge donnée par l'équation :

$$\eta_{UL} = (1 + f) \sum_i^N \frac{1}{\left(1 + \frac{w}{\left(\frac{E_b}{N_0} \right) R_i V_i} \right)} \dots\dots\dots(3)$$

V_i : Facteur d'activité du service i ,

f : Facteur d'interférence,

R_i : Débit de l'utilisateur i ,

w : Débit chips

N : Nombre de connexions simultanées.

IV.1.1.2 Etude pratique :

Le tableau IV.1 présente un exemple de calcul de capacité pour quatre services différents en environnement urbain à une mobilité de 50 km/h.

	CS64	PS144	PS384	Speech 12.2
v (facteur d'activité)	100%	100%	100%	67%
SF	60	26.66	10	314
E_b/N_0 (dB)	3.3	3	2	6.4
CIR	0.055	0.11	0.2	0.02
Débit(kbps)	64	144	384	12.2
f(facteur d'interférence)	0.75			
Facteur de charge UL	75%			
M_{max}	11	6	3	42
service	17%	20%	15%	48%

Tableau IV.1 : Détermination de M_{max} .

On utilise l'équation (1) pour trouver la valeur de M_{max} du trafic mixte pour les quatre services données dans le tableau IV.1, on aura le résultat :

$$M_{max} = \sum_{i=1}^{N=4} X_i \cdot M_{max,i} = 0.48 \times 42 + 0.17 \times 11 + 0.2 \times 6 + 0.15 \times 3$$

$$= 24 \text{ Usagers simultanément.}$$

Dans un environnement urbain d'une mobilité de 50km/h et pour service mixte, le nombre d'utilisateurs maximal que peut supporter une cellule est de 24 usagers simultanément.

A une charge de 75% de la charge maximale supportée, cette valeur vaut 18 usagers simultanément. Un site trisectoriel peut supporter pour cette charge jusqu'à $3 \times 18 = 54$ usagers en même temps.

IV.1.2 Etude de Bilan de liaison :

Le bilan de liaison RLB (*Radio Link Budget*) permet de déterminer l'affaiblissement maximal admissible MAPL qui pris comme entrée pour les modèles de propagation aboutit à la détermination du rayon maximal de la cellule et par suite le nombre de sites requis [22]. Les critères techniques liées aux services (type de service, débit...), aux types d'environnement, au comportement des mobiles utilisés (puissance, vitesse...), à la configuration du réseau (les gains d'antenne, les pertes dans les câbles, les gains de diversité, les marges d'évanouissement...) et les critères de la QoS fixés au préalable devraient être pris en considération lors de ce calcul. Cette phase peut être divisée en trois étapes :

- Choix du modèle de propagation ;
- Détermination du rayon de la cellule

· Détermination le nombre de Node B nécessaire.

Les paramètres du bilan de liaison :

Il faut fournir au bilan de liaison un ensemble de paramètres, ceux, qui sont les plus pertinents, sont les pertes et les gains ajoutés au signal d'émission, si on travaille sur le lien Uplink, ou de réception. L'ensemble des paramètres du bilan de liaison, est donné dans le tableau suivant :

	unité	formule	valeur			
Service (R_i)			12.2	64	144	384
Emetteur (terminal)						
Puissance d'émission MS maximale	dB	A	21	24	24	24
Gain d'antenne du terminal	dBi	B	0	0	0	0
Body loss	dB	C	3	0	0	0
PIRE	dB	$D = A+B-C$	18	24	24	24
Récepteur (station de base)						
Densité de bruit thermique	dBm/Hz	E	-174	-174	-174	-174
Niveau de bruit du bruit récepteur	dB	F	4	4	4	4
Densité de bruit du récepteur, N_f	dBm/Hz	$G=E+F$	-170	-170	-170	-170
Marge d'interférence I_{Noise_Rise}	dB	H	3	3	3	3
Gain de traitement PG	dB	$I=10*\log[3840/R_i]$	25	17.7	14.2	10
E_b/N_0	dB	J	5	2	1.5	1
Débit du service demandé	dB	$X=10\log_{10}(R_i *1000)$	40.86	48.06	51.58	54.96
Sensibilité du récepteur	dBm	$K=G+H+J+X$	-121.13	-116.94	-113.92	-111.04
Gain d'antenne de la station	dBi	L	17.5	17.5	17.5	17.5
Pertes câble de la station de base	dB	M	2	2	2	2
Marge de fast fading	dB	N	0	4	4	4
Path loss maximal	dB	$O=D-K+L-M-N$	154.63	152.4	149.4	146.5
Marge de slow fading	dB	P	4.2	4.2	4.2	4.2
Gain de soft handover	dB	Q	0	0	0	0
Marge de pénétration	dB	R	15	15	15	15
Perte de propagation p	dB	$S =O-P+Q-R$	135.43	133.2	130.2	127.3

Tableau IV.2 : Bilan de liaison.

Nous allons définir quelques paramètres du bilan de liaison :

- Marge d'interférence (H) : elle correspond au niveau d'augmentation du bruit dû à l'augmentation de la charge dans la cellule. Où UL représente le facteur de charge sur le lien montant (loading factor). Cette marge a des valeurs typiques qui varient de 3 dB (pour UL = 50%) à 6 dB (pour UL = 75%).
- Facteur d'activité (%) : c'est le ratio entre les périodes d'émissions dans la session et la durée de la session totale, par conséquent c'est la probabilité d'émission.
- Gain du soft handover : le soft handover offre en plus un gain de macro diversité face au fading rapide en diminuant le E_b/N_0 nécessaire pour une seule liaison radio grâce à l'effet de combinaison des macros diversités. Le gain global de soft handover est de l'ordre de 3 à 4 dB.
- E_b/N_0 requis : est la valeur caractérisant la qualité de service à atteindre pour le service en question, ou E_b représente l'énergie par bit du signal et N_0 représente la densité spectrale du bruit en (Watt/Hz). Ce rapport est difficile à déterminer car il dépend du débit, du service, QoS, du profile des multi trajets, de la vitesse du mobile, des algorithmes de réception et de la structure des antennes de la station de base. En UMTS, la valeur de E_b/N_0 diminue quand le bit rate augmente et ceci est dû au fait que pour les services à hauts débits, une puissance plus élevée est requise.
- Perte du parcours maximale par service : Cette ligne donne le résultat sur les pertes maximales admissible de chemin par service (Maximum Allowable Path Loss/service).

IV.1.3 Modèle de propagation :

Les modèles de propagation permettent de prévoir les performances du réseau de transmission, sans recourir aux mesures systématiques dont la mise en œuvre est lourde et coûteuse. En se basant sur l'environnement et en respectant les dimensions de la zone à couvrir.

IV.1.3.1 Modèle COST231-HATA :

Ce modèle peut être utilisé dans tous les types d'environnement, il est basé sur la supposition que l'onde transmise se propage au-dessus des toits des bâtiments avec une diffraction multiple, et les bâtiments sont supposés à hauteurs égales et uniformément espacés [7].

$$L_u = 46.3 + 33.9 \log(f) - 13.82 \log(h_b) - a(h_m) + [44.9 - 6.55 \log(h_b)] \log(d) + C_m$$

Avec :

$$a(h_m) = [1.1 \log(f) - 0.7] h_m - [1.56 \log(f) - 0.8]$$

$$C_m = 3\text{dB} \quad \text{Urbain.}$$

$$C_m = 0\text{dB} \quad \text{Suburbain.}$$

$$C_m = -3\text{dB} \quad \text{Rural.}$$

La formule d’**COST231-HATA** utilise les paramètres suivant :

- f : Fréquence comprise en MHz.
- h_b : Hauteur (en mètre) de la station de base.
- h_m : Hauteur (en mètre) de la station mobile.
- d : Diamètre de la cellule en km.
- L_u : perte de propagation dans l’espace.

IV.1.3.2 Estimation du rayon de la cellule :

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

IV.1.3.3 Estimation du nombre de sites :

Le calcul des rayons permet d’estimer la surface couverte par chaque site. Pour différents sites, cette surface élémentaire est donnée dans la figure suivante :

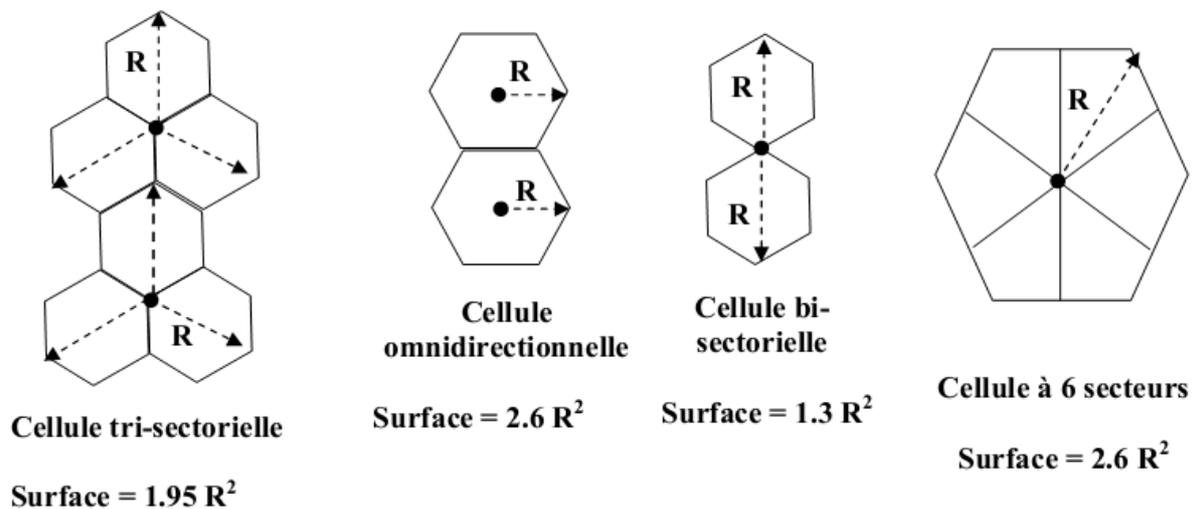


Figure IV.1 : Différents types de cellules

Application :

On utilise le modèle de propagation de **COST231-HATA**, avec une fréquence de 2110 Mhz, et pour les différents services présentés dans le bilan de puissance, on cherche à estimer le rayon des cellules pour chaque environnement.

Environnement	Surface (km ²)	H _b	H _m	Rayon de couverture par site (km)					Surface de couverture par site (km ²)	Nbre de sites
				CS 12.2 kbps	PS64 kbps	PS144 kbps	PS384 kbps	La moyenne		
Urbain	4.67	15	1.5	0.61	0.52	0.43	0.32	0.47	0.43	10
Suburbain	19.7	25		1.83	1.56	1.29	1.07	1.43	3.98	5
Rural	21	30		2.37	2.02	1.67	1.38	1.86	6.74	3

Tableau IV.3 : Résultat obtenu pour le dimensionnement.

IV.1.4 dimensionnement du RNC :

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

- Les limitations de trafic, c'est-à-dire le débit maximal par RNC ;
- Débit maximal en mode circuit en Erlang ;
- Débit maximal en mode paquets en Mbps ;
- Les limitations de connectivité, c'est-à-dire le nombre maximal de connexions aux interfaces Iub, Iu, Iur. Les limitations de gestion, c'est-à-dire le nombre maximal de Node B géré par le RNC ; La limite de trafic pour un RNC donné est un compromis entre le débit en mode circuit et le débit en mode paquet ;

Le dimensionnement d'un RNC comporte les quatre étapes suivantes :

1. Détermination du nombre total de Nodes B pour la zone cible. En fonction de la contrainte de limitation de gestion, il est possible de calculer le nombre minimal de RNC nécessaires pour gérer les Nodes B (nombre de Nodes B/nombre maximal de Nodes B par RNC). Ce nombre est désigné par N_{R1} .
2. A partir des hypothèses de trafic moyen faites au départ et de la contrainte de limitation de trafic on peut déterminer le nombre minimal de RNC nécessaires à l'écoulement du trafic moyen (N_{R2moy}).
3. Connaissant le trafic moyen par RNC, on peut calculer le pic de trafic à écouler par RNC. Il est important de vérifier que la capacité de trafic de RNC considérée suffit à écouler ce trafic de pointe. Sinon, on augmente N_{R2moy} ou bien on envisage une configuration plus grande et l'on calcule un nouveau trafic de pointe par RNC.
4. Le nombre de RNC requis est N_R ; on prend le maximum de N_{R1} et N_{R2} de pointe. Connaissant le pic de trafic par RNC, il est possible de calculer le trafic global entrant sur

l'interface Iu-b, ainsi que le trafic sortant global sur les interfaces Iu-CS, Iu-PS et Iu-r, puis on vérifie une dernière fois les contraintes de limitations de connectivité.

Application :

Dans notre exemple, nous avons utilisé, par exemple, le RNC 1000 HD EVOLUTION.

Dans le résultat de dimensionnement, nous avons 18 Node B, se composant de trois cellules chacun, soit un total de 54 cellules.

Le RNC supporte 70 Node B pour 210 cellules. On est donc dans les limites d'un RNC. Donc $N_{R1}=1$.

IV.2 Phase de planification :

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

IV.2.1 paramètres Input :

Plusieurs paramètres vont être introduits à l'outil tel que la zone géographique à planifier, les cartes morphologique et topographique, les différents paramètres des services, des utilisateurs, des sites, des secteurs, des cellules, de l'antenne. Ces paramètres ont été soit calculé soit trouver dans les documentations. Dans cette partie, nous allons présenter les différentes valeurs de ces paramètres.

IV.2.1.1 Zone géographique à planifier

La figure suivante présente un aperçu de la zone à planifier, nous allons utiliser la carte de la ville de Béjaia qui couvre un peu plus que 45 km² :

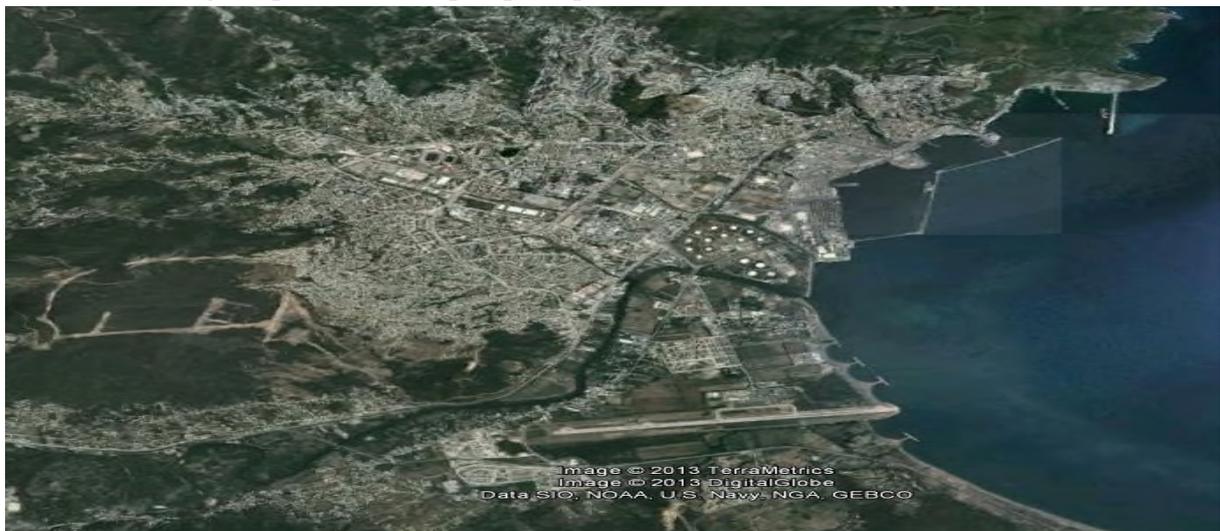


Figure IV.2 : Carte de la ville de Béjaia.

IV.2.1.2 Carte de trafic

La carte de trafic (*Traffic Map*) permet d'introduire les données sur le trafic UMTS au niveau de la zone à planifier. Il existe divers types de cartes de trafic. Dans notre étude, on définit une carte de trafic qui se base sur la densité de la population.

On considère trois types d'environnement : **Urban**(rouge), **Sub_Urban**(jaune), **Rural**(vert).

Chaque environnement a été introduit en limitant les zones par leurs coordonnées géographiques (altitude et latitude).

La carte de trafic obtenu est illustrée par la figure suivante :

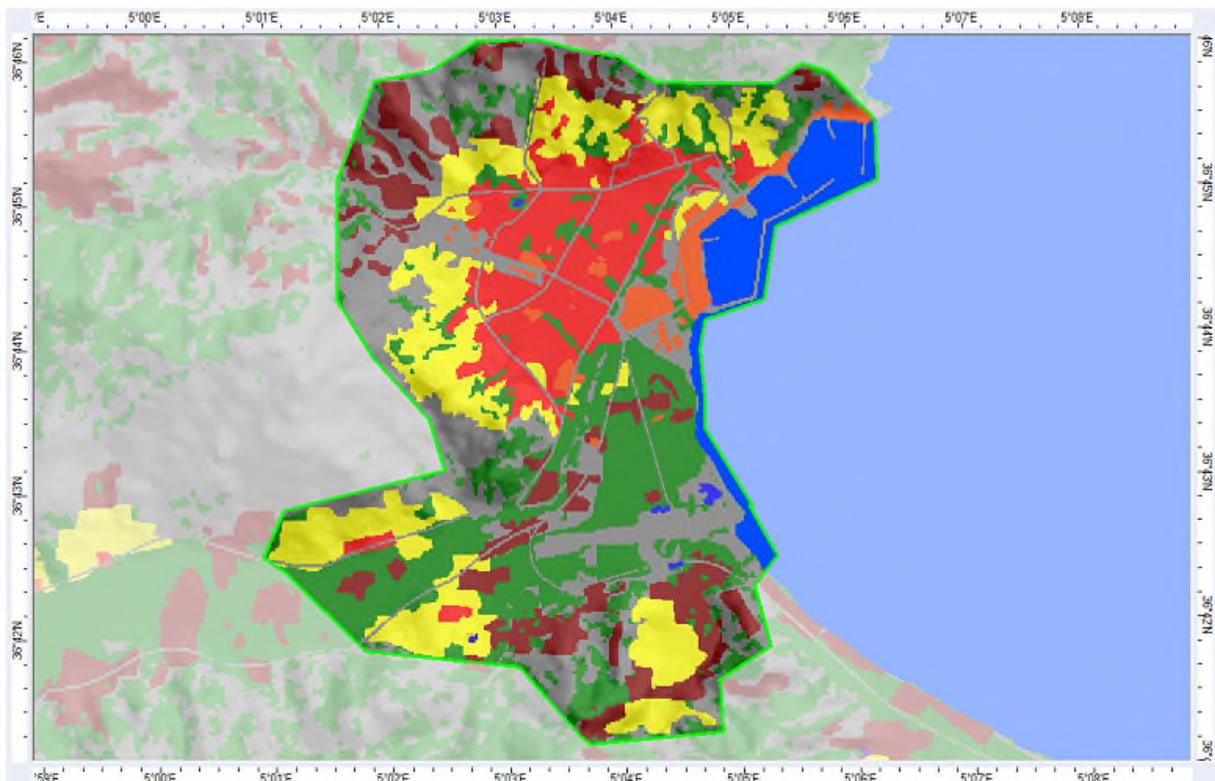


Figure IV.3 : Carte de trafic.

IV.2.1.3 Type d'antenne

L'antenne utilisée dans notre projet est l'antenne de type 742271. Elle a les propriétés suivantes :

- Gain d'antenne de 18 dBi
- Tilt électrique de 0°

Les diagrammes de rayonnement de cette antenne sont donnés par la figure IV.4.

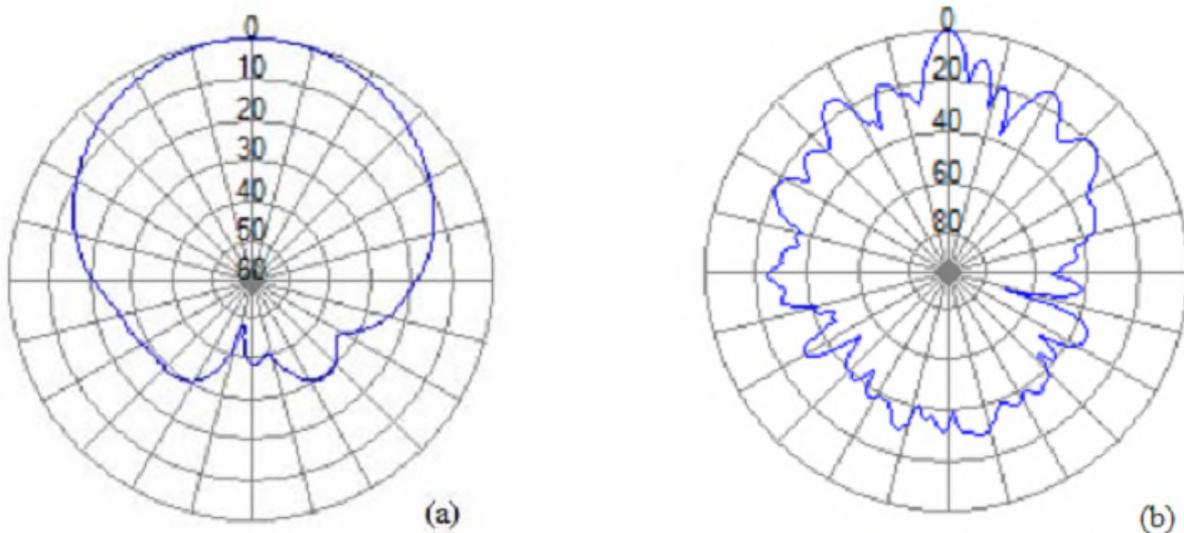


Figure IV.4 : Diagramme de rayonnement de l'antenne (a) : horizontal, (b) : vertical.

IV.2.1.4 Mobilité

On définit pour chaque type de vitesse un type de mobilité. Chaque type de mobilité se caractérise par une valeur de E_c/I_0 minimale à atteindre par une cellule pour qu'elle puisse accéder à l'Active Set. Les valeurs sont données à une valeur de -15 dB pour tous les environnements et toutes les vitesses.

IV.2.2 Positionnement des sites :

IV.2.2.1 Distance intersites :

Le choix de la distance intersites doit tenir en compte les facteurs de couverture et de soft handover d'un côté, et la minimisation des interférences entre cellules de l'autre. La forme théorique hexagonale des cellules simplifie la représentation et la planification du réseau cellulaire. Une zone de chevauchement de 20% à 25% entre les surfaces de couvertures des sites voisins est nécessaire pour le processus du soft handover [23].

Dans notre application les sites sont tous supposés tri-sectoriel, la distance intersites est de $1,5 R$, elle assure 23 % de recouvrement.

IV.2.2.2 paramètres des secteurs et des cellules :

Dans notre étude, on a une seule porteuse : la porteuse 0. Donc chaque secteur comporte une cellule. Les paramètres à introduire par environnement sont illustrés par le tableau suivant :

		urbain	suburbain	rural
Equipement BTS		Node B		
Nombre de secteur		3		
Numéro de la porteuse		0		
Fréquence (Mhz)		2110		
Débit chip (Mhz)		3.84		
Modèle d'antenne		742271		
Gain de diversité d'antenne		0 dB		
Rayon hexagonal (km)		0.47	1.43	1.86
Hauteur (mètre)		15	25	30
Facteur d'orthogonalité		0.6		
Résolution		10		
Angle de l'antenne par rapport au nord		Dépend de l'environnement		
Downtilt de l'antenne		0		
Type de feeder		7/8 à 1800 Mhz		
Longueur des feeder émission/réception		17	27	32
Les paramètres WCDMA/UMTS	Puissance max (dBm)	43		
	Charge max DL	75%		
	Charge max UL	75%		
	Débit max/utilisateur DL et UL (kbps)	1000		
	Puissance totale transmise (dBm)	40		
	Facteur de charge UL	75		

Tableau IV.5 : Les paramètres des secteurs et des cellules.

IV.2.2.3 Distribution des sites sur la carte:

Pour introduire les sites, on a choisi la méthode du motif hexagonal. On définit trois types de motif : un pour l'environnement urbain, un pour l'environnement suburbain et un pour l'environnement rural. Le rayon de l'hexagone est égal au trois demi le rayon de cellule.

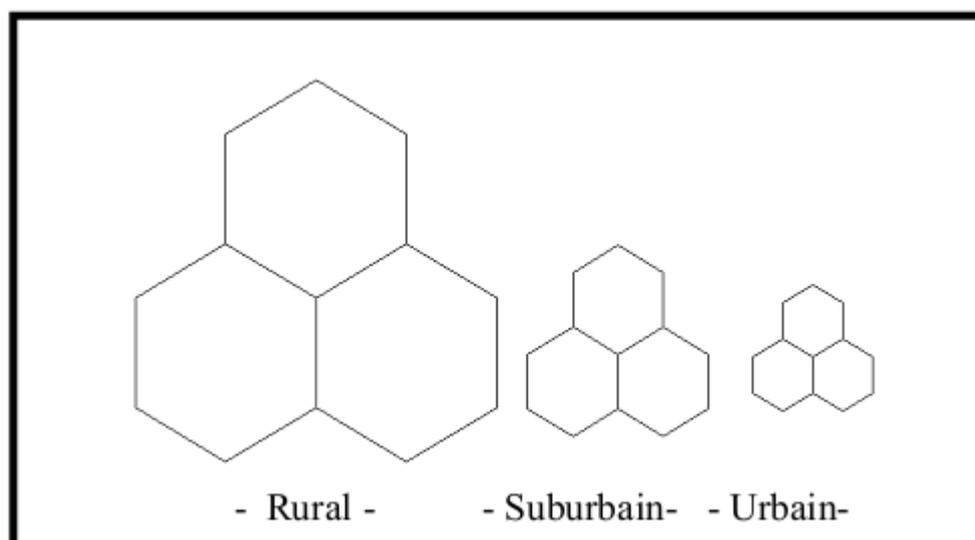


Figure IV.5 : Motifs des sites.

La figure IV.6 illustre la distribution des sites selon le motif hexagonale sur l'ensemble de la surface de la zone que nous allons planifier.



Figure IV.6 : Introduction des sites selon le motif hexagonale.

IV.3 Phase de post planification :

IV.3.1 Prédiction et optimisations :

Après l'introduction des sites par la méthode qui repose sur la forme hexagonale, on procède à l'optimisation du réseau en déplaçant les sites dont la morphologie du terrain présente un obstacle pour le champ de rayonnement de ses antennes, en modifiant les tilts et les azimuts des antennes.

L'optimisation a été effectuée sur deux phases, en se basant sur deux contraintes :

- La couverture : effectuer des prédictions sur la couverture, puis des modifications et on recommence les prédictions jusqu'à aboutir à un résultat convainquant. La valeur seuil est de -105 dBm
- La qualité : une fois que la contrainte de couverture a été satisfaite, on passe à la deuxième phase qui se base sur E_c/I_0 qui reflète la qualité du signal. De même que la première phase, on effectue des prédictions, des modifications puis on refait les prédictions. La valeur de E_c/I_0 minimale est prise pour -15dB. A la fin de la phase d'optimisation, les résultats des deux prédictions sont illustrés dans les deux figures ci-dessous et les tableaux suivants :



Figure IV.7 : Prédiction de la couverture.

Coverage by signal level	
	Best signal level (dBm) ≥ -80
	Best signal level (dBm) ≥ -90
	Best signal level (dBm) ≥ -105
	Best signal level (dBm) ≥ -120

Tableau IV.6 : Rapport de prédiction de couverture.



Figure IV.8 : Prédiction de la qualité du signal E_c/I_0 .

	Pilot quality (E_c/I_0)
	$E_c/I_0 \geq -9$ Db
	$E_c/I_0 \geq -11$
	$E_c/I_0 \geq -14$
	$E_c/I_0 \geq -17$

Tableau IV.7 : Rapport de prédiction de E_c/I_0 .

Les résultats d'optimisation sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Nom du site	Latitude	Longitude	Hauteur d'antenne/ au sol (m)	Nom de l'émetteur	Azimut (°)	Tilt mécanique (°)
Urbain						
AAMRIW	36°45'04.21"N	5°03'20.46"E	20	1	58	0
				2	160	0
				3	283	0
CITE SGHIR	36°44'53.67 "N	5°03'32.99"E	25	1	60	0
				2	132	0
				3	248	0
DAOUADJI	36°45'05.06 "N	5°03'53.69"E	23	1	0	0
				2	120	0
				3	270	0
EDIMCO	36°44'19.05 "N	5°03'58.50"E	30	1	346	0
				2	125	-4
				3	238	0
GAR ROUTIERE	36°44'19.14 "N	5°03'51.76"E	35	1	341	0
				2	86	0
				3	235	6
IGHIL OUZOUG	36°43'54.59 "N	5°03'07.96"E	32	1	43	0
				2	127	0
				3	270	0
LAKHMIS	36°45'10.30 "N	5°03'30.38"E	20	1	345	0
				2	92	0
				3	224	0
PLACE GIDOU	36°45'14.69"N	5°05'09.12"E	23	1	0	0
				2	120	3
				3	240	0
TOUBAL	36°44'56.14"N	5°04'14.05"E	14	1	29	0
				2	136	-6
				3	270	0
300 LOG	36°44'32.29"N	5°02'44.25"E	25	1	338	1
				2	83	1
				3	231	2

Sub-Urbain						
ABOUDAOU	36°42'19.36"N	5°02'56.54"E	40	1	19	11
				2	105	0
				3	260	6
MELALLA	36°42'39.69"N	5°01'21.37"E	35	1	30	0
				2	76	-2
				3	280	0
SIDI AHMED	36°45'49.78"N	5°03'32.55"E	30	1	11	0
				2	121	5
				3	230	2
TARGA	36°45'03.21"N	5°02'26.44"E	18	1	10	0
				2	120	0
				3	270	-7
TIZI	36°43'50.79"N	5°02'34.17"E	12	1	353	0
				2	115	3
				3	213	0
Rural						
DJEBIRA	36°42'05.78"N	5°04'15.26"E	35	1	347	0
				2	118	0
				3	231	0
SIDI ALI LABHAR	36°43'24.49"N	5°04'11.49"E	22	1	68	2
				2	187	0
				3	321	0
TAGHZOUT	36°45'19.83"N	5°01'23.06"E	17	1	337	0
				2	114	0
				3	231	1

Tableau IV.8 : Résultats d'optimisation.

IV.3.2 Allocation de voisinage :

L'opération d'allocation des voisines permet de déterminer les voisines d'une cellule. Les contraintes de cette allocation sont :

- Le niveau minimum de signal sur le canal pilote : pris égale à -105 dBm.
- E_c/I_0 minimum : pris égale à -15 dB
- E_c/I_0 margin : il est égal à 5 dB
- Reliability level : elle est prise égale à 75%
- Minimum covered area : cette valeur est égale à 2%
- Distance maximale entre deux cellules prises en considération dans les calculs : elle varie entre 1 km pour les zones urbaines et 2 km pour les zones suburbaines. On va prendre une valeur de 2 km pour vérifier les deux conditions en même temps.
- Nombre maximal de voisines : ce nombre est pris égal à 23.

Les cinq premiers paramètres vont permettre de calculer la zone de chevauchement entre deux cellules et de comparer cette valeur par rapport à une référence pour voir si cette cellule est considérée comme voisine ou non.

De plus, les cellules d'un même Node B sont considérées des voisines.

Au cours de notre étude, nous avons eu des cas où le nombre de voisin ne dépasse pas le nombre maximal qui est de 23. Pour régler le problème en cas de dépassement, nous avons eu recours à l'optimisation en modifiant les tilts.

IV.3.3 Allocation des codes d'embrouillage :

Cette opération permet d'allouer un code d'embrouillage primaire à chaque cellule. On a à disposition 512 codes. Les critères de cette opération sont les suivants :

- E_c/I_0 minimum : pris égale à -15 dB
- E_c/I_0 margin : il est égal à 5 dB
- Reliability level : elle est prise égale à 75%
- Distance de réutilisation de codes : c'est la distance minimale entre deux cellules pouvant utiliser le même code d'embrouillage. En générale, elle est en minimum égal à 4 fois la distance inter-site.

Dans notre étude, vue que le nombre de cellules est inférieur au nombre de codes disponibles, nous avons pris un rayon de réutilisation très grand. Comme ça, il n'y a pas de code réutilisé dans toute la zone que nous avons planifié.

La méthode de distribution des codes que nous avons utilisés est la méthode distribuée par site. Cette méthode consiste à imposer que les cellules du même site aient des codes d'embrouillage du même groupe. L'avantage d'une telle distribution est de faciliter les softer handover.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons dans la première partie effectué le dimensionnement et la planification radio du réseau UMTS sur la ville de Bejaia, et nous avons après fait des simulations à l'aide d'un logiciel pour faire l'optimisation du réseau.

Conclusion générale

Le but de notre projet était d'expliquer certains étapes de l'introduction de l'IP dans le réseau UMTS et sa planification radio, avec l'explication de migration des réseaux GSM vers l'UMTS.

Dans le premier chapitre de ce projet, nous avons présenté les différents modèles des réseaux, ainsi les notions des protocoles. Nous avons présenté aussi une vue globale sur la technologie IP, tel que l'IP Mobile et l'IP Cellulaire.

Dans le deuxième chapitre, nous avons expliqué l'évolution des réseaux de deuxième génération aux réseaux de troisième génération. Nous avons commencé par le GSM, puis le GPRS et à la fin l'EDGE.

Dans le troisième chapitre de ce projet, nous avons présenté d'une manière générale les principales caractéristiques d'un réseau UMTS et ses évolutions ainsi que son interface radio UTRAN qui est basé sur la technique d'accès multiple WCDMA. Nous avons aussi illustré les différentes étapes de l'introduction de l'IP de l'interface radio de l'UMTS.

Dans la dernière partie de ce projet, nous avons présenté la phase de dimensionnement et de planification d'un réseau UMTS couvrant la ville du Bejaia, qui a été réalisée après une étude bibliographique bien approfondie. Les calculs ont été effectués pour déterminer le nombre de sites et pour introduire les sites en se basant au début sur un modèle hexagonal. Puis en fonction des prédictions, des contraintes de couverture et de qualité du signal, nous avons effectué des optimisations soit en déplaçant des sites, soit en modifiant la configuration radio de quelques transmetteurs. Une fois le réseau est planifié, des simulations ont été entamées. Les résultats obtenus nous ont poussé à optimiser encore le réseau pour avoir de meilleurs résultats.

Annecees

Annexe A : Le logiciels ICS Telecom

Présentation du logiciel ICS Telecom

ICS Telecom est un logiciel commercial développé par la société ATDI dédié à la planification de réseaux sans fil. Celui-ci supporte différents types de liaison (point à point, réseau de diffusion, réseau cellulaire, liaison satellite), différentes applications (téléphonie 2G et 3G, TV mobile, WiMAX, radar...) et différents services (voix, données, VoIP...). L'outil de planification radio proposé par ICS Telecom est adapté à un nombre varié d'environnement (indoor, outdoor, zone rurale, urbaine...), à partir de l'outil de modélisation de profil de terrain 2D et 3D. ICS Telecom propose les outils essentiels pour simuler un réseau sans fil digital :

- Calcul du bilan de liaison en fonction des paramètres des émetteurs-récepteurs et du profil de terrain
- Analyse de connectivité à un réseau donné, détermination du meilleur serveur
- Analyse de trafic
- Etude des interférences intrasystème et intersystème, compatibilité électromagnétique
- Gestion du spectre radiofréquence
- Recherche prospective d'emplacement d'émetteur
-

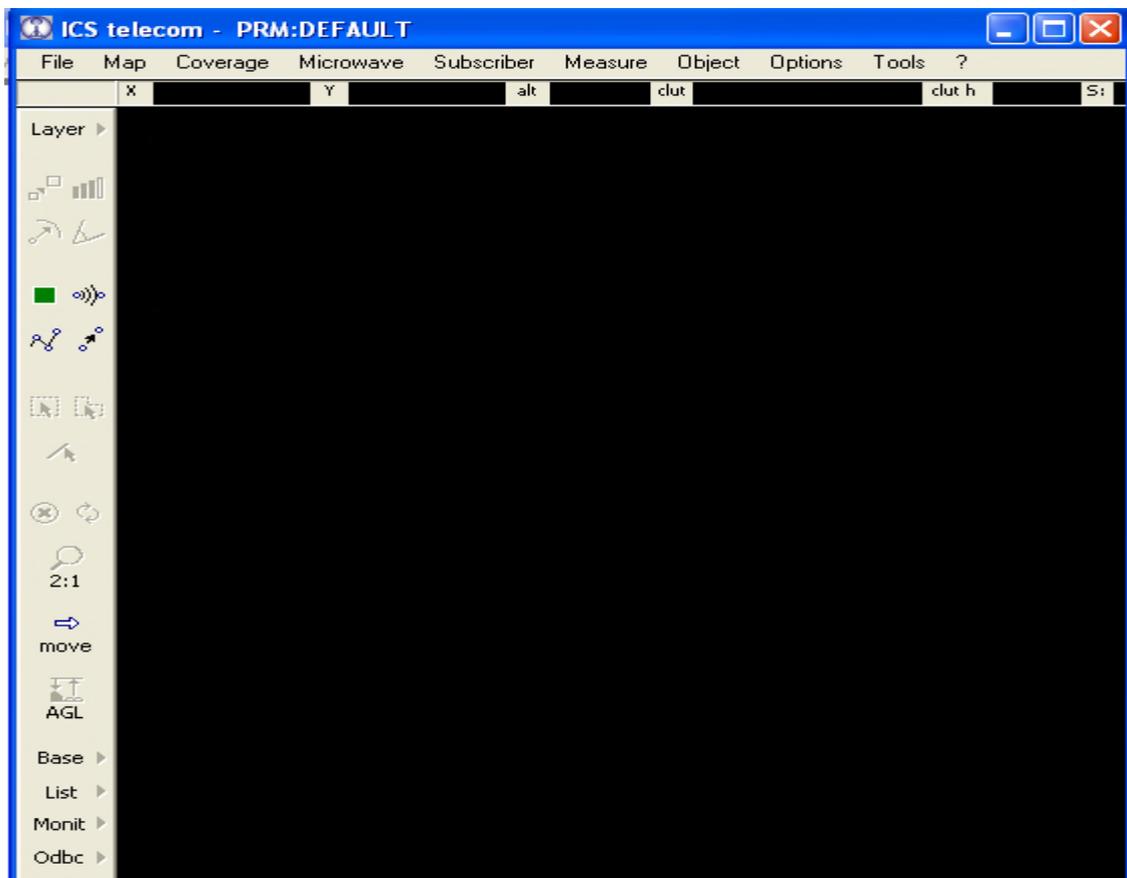


Figure A.1 : Ecrans du logiciel ICS Telecom.

Création d'un projet :

- On lance d'abord ICS-telecom
- Pour créer un projet, on fait clic gauche sur Files/Project Manager.
- A l'aide du bouton Browse, on sélectionne le fichier MTN « fichier.geo », le fichier image « fichier.img » et le fichier occupation du sol « fichier.sol ».
- Puis cliquer sur « save as » pour sauvegarder et nommer le projet dans un fichier.pjt qui contient tous les liens logiques entre les différentes couches sélectionnées.
- Dans la fenêtre qui s'ouvre, on choisit un répertoire et on nomme le projet puis on clique sur « save ».
- Dans la boîte « Project manager », on clique « load » pour charger le projet.

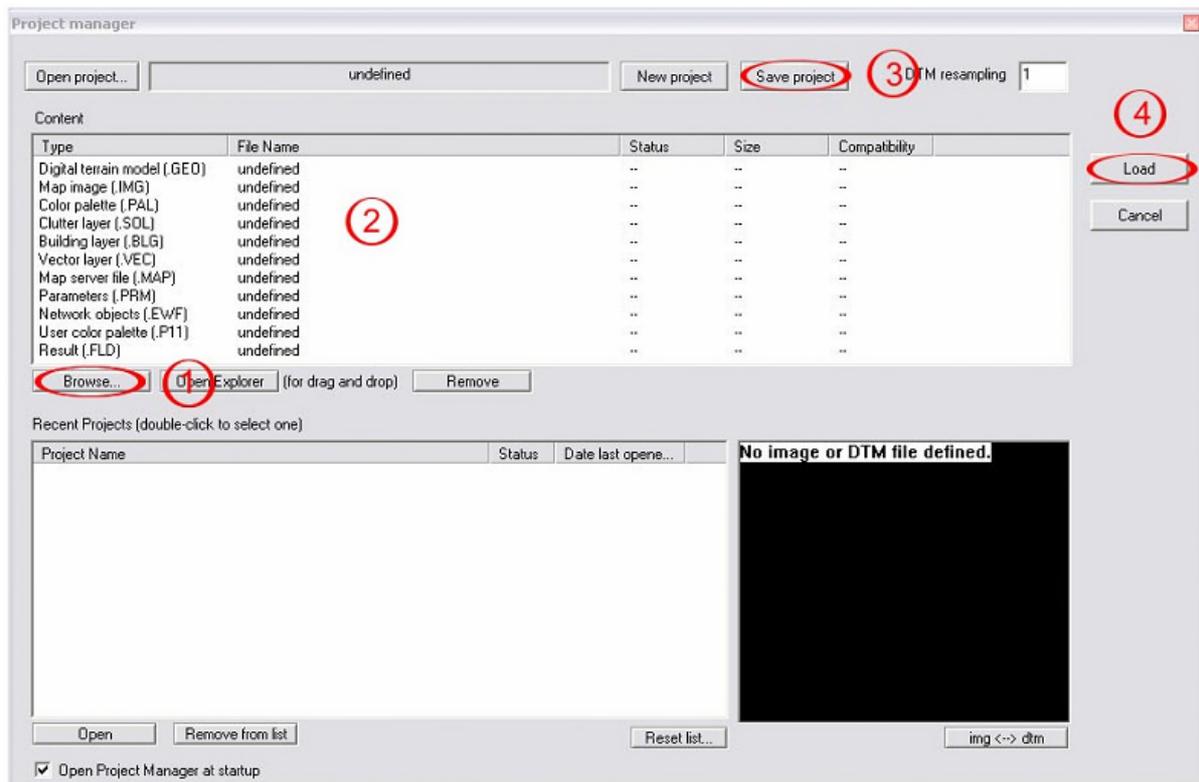


Figure A.2 : Les étapes de créations d'un projet.

Analyse de la couverture en un point (profil radio)

ICS Telecom offre aussi la possibilité d'analyser le réseau en un point précis, grâce au tracé de profil de champ entre deux points (deux points quelconques, stations vers un point quelconque, station vers subscriber). Il ya plusieurs moyens pour éditer un profil de champ, soit depuis le menu Direct/Path Calculation, soit par le menu déroulant qui apparaît par un clic droit sur l'écran. Nous ne les décrivons pas tous.

D'abord, nous décidons de calculer le profil de champ entre deux points quelconques (sur lesquels il n'y a pas forcément de stations émettrices ou de subscribers). Pour cela, cliquez sur Direct/Path Calculation. Ensuite, faites un clic gauche sur la carte pour

placer la position de l'émetteur du lien radio que vous voulez simuler. La fenêtre ci-contre s'ouvre pour indiquer les propriétés de l'émetteur.

Renseignez la fréquence, la PIRE et la hauteur de l'antenne (Tx antenna). Cliquez sur OK, puis faites un clic droit sur la carte pour repérer la position de l'antenne réceptrice. Une fenêtre s'ouvre pour indiquer la hauteur de l'antenne réceptrice. Dans cette analyse, on considère une antenne réceptrice omnidirectionnelle (gain = 0 dB) sans pertes. Cliquez sur OK, le profil radio entre les 2 points s'ouvre. Celui-ci décrit le parcours entre les 2 points (distance, obstacles rencontrés), la ligne de visibilité directe et le dégagement du premier ellipsoïde de Fresnel (ellipse bleue). La courbe rouge indique l'évolution du champ électrique en fonction de la distance prédite par la formule de Friis (cas idéal d'un espace libre). La courbe verte présente l'évolution du champ électrique en fonction de la distance prédite par le modèle de propagation sélectionné dans Tools/Propagation Models. On voit que l'évolution n'est pas aussi monotone qu'avec celle prévue par le modèle de Friis, en raison des nombreux obstacles présents sur la ligne de visibilité directe. Les différents éléments de la fenêtre indiquent l'atténuation, le champ électrique et la puissance reçue.



Figure A.3 : Profil radio entre 2 points quelconques.

Annexe B : Les codes de WCDMA

Deux types de codes sont utilisés les codes de canalisation (channelisation) et les codes d'embrouillage (scrambling).

Les codes de canalisation:

Pour éviter toute interférence avec les codes des différents utilisateurs et différencier des canaux distincts, on se sert de codes orthogonaux appelés OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor Code). L'utilisation de ces codes permet de modifier le facteur d'étalement et de maintenir l'orthogonalité des différents codes d'étalement même si ces derniers sont de longueurs différentes.

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

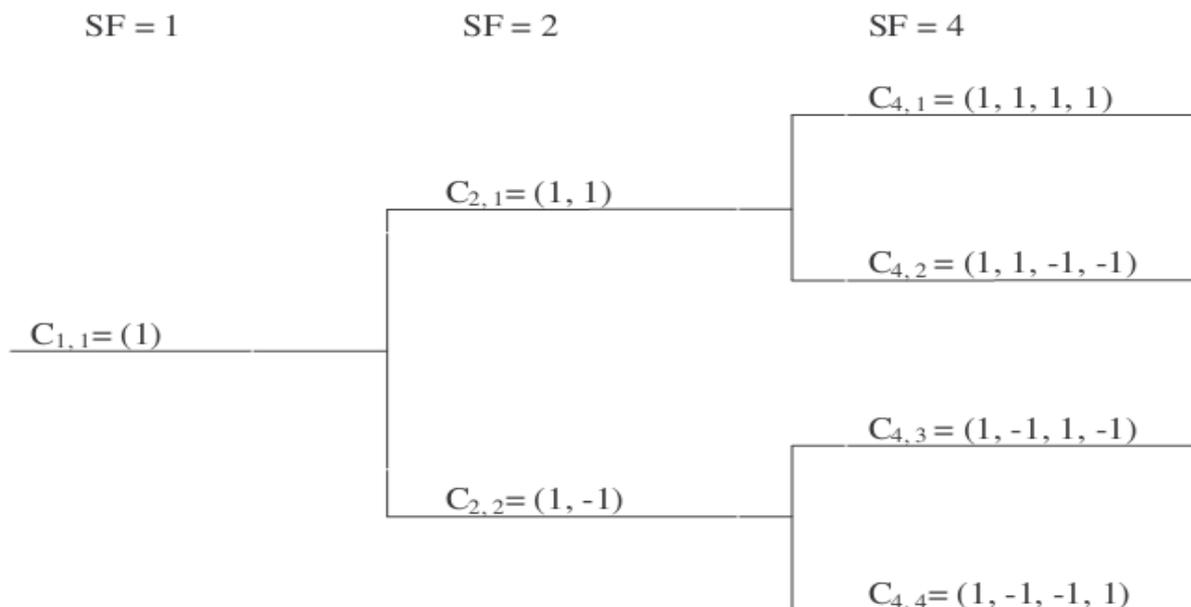


Figure B.1 : Arbre des codes OVSF type Walsh-Hadamard.

Le SF est de la forme 2^k et varie d'une façon générale de 4 à 256 pour les canaux montants et de 4 à 512 pour les canaux descendants. Les codes OVSF présentent certaines limites, au sein d'une même cellule ces codes ne peuvent pas être tous utilisés simultanément car ils ne sont pas tous orthogonaux entre eux. Le code d'une branche est fortement lié à celui de sa racine et de ses fils, ce qui empêche de les utiliser simultanément. Donc lorsqu'un code est alloué, tous les codes issus de ces branches ne peuvent pas être utilisés.

Les codes d'embrouillage :

Le scrambling qui est une opération effectuée par l'émetteur permet de séparer les différents signaux d'un même terminal ou d'un même Node B. Réalisée juste après l'étalement, elle ne modifie pas la bande passante ni le débit, elle se limite à séparer les différents signaux les uns des autres. Ainsi, l'étalement peut être effectué par plusieurs émetteurs avec le même code de canalisation sans compromettre la détection des signaux par le récepteur. Le scrambling fait appel aux codes de Gold qui sont une combinaison linéaire de plusieurs m-séquences.

Le tableau ci-dessous illustre l'utilité de ces deux codes pour chaque sens d'une communication.

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

Tableau B.1 : Relation entre l'étalement et le scrambling.

Annexe C : Les types de RNC

Lorsqu'un mobile est lié à des Nœuds B contrôlés par différents RNC, deux types de RNC se distinguent : Le SRNC (Serving RNC) et le DRNC (Drift RNC).

Le SRNC est le RNC qui fournit la connexion Iu pour le mobile vers le réseau cœur. Lorsque le mobile est en situation de Soft Handover, plus qu'une liaison Iub et une liaison Iur sont établies. Seul le SRNC fournit l'interface Iu vers le CN. Les autres ont pour fonction principale de router les données de façon transparente. Ces RNC sont appelés alors DRNC. La figure illustre le SRNC et le DRNC.

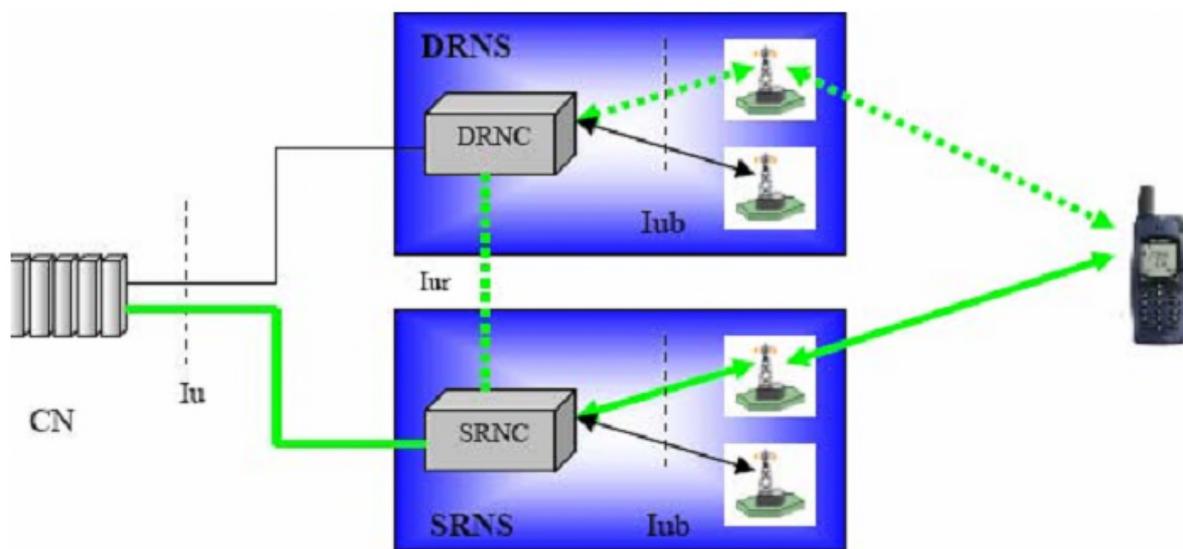


Figure C.1 : SRNC et DRNC.

Liste des abréviations:

3G	3 rd Generation Mobile Communication Systems
3GPP	3 rd Generation Partnership Project
AAL	ATM Adaptation Layer
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AUC	Authentication Center
BG	Border Gateway
BICC	Bearer Independent Call Control
BSC	Base Station Controller
BTS	base transceiver station
CCU	Channel Codec Unit
CN	Core Network
CS	Circuit Switched
CSCF	Call State Control Function
DL	DownLink
DNS	Domain Name System
EDGE	Enhanced Data rates for the GSM Evolution
EIR	Equipment Identity Register
FACH	Forward Access Channel
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
GTP-U	GPRS Tunnelling Protocol for User Plane
HLR	Home Location Register
HSS	Home Subscriber Server
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IMS	IP Multimedia Subsystem
IPv4	IP Version 4
IPv6	IP Version 6
IP	Internet Protocole
MAPL	Maximum Allowable Path Loss
MGW	Media GateWay
MSC	Mobile Switching Center
OSI	Open System Interconnexion
PCU	Packet Control Unit

PLMN	Public Land Mobile Network
PS	Packet Switched
QoS	Quality of Service
QPSK	Quaternary Phase Shift Keying
RLB	Radio Link Budget
RLC	Radio Link Protocol
RNC	Radio Network Controller
RNL	Radio Network Layer
RTCP	Real Time Control Protocol
RTP	Real Time Protocol
SF	Spreading Factor
SGMSC	Serving GMSC
SGSN	Serving GPRS Support Node
SMS	Short Message Service
SMSC	Serving MSC
SIP	Session Initiation Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TNL	Transport Network Layer
ToIP	Téléphonie sur IP
UL	UpLink
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USIM	UMTS Subscriber Identity Mobile
UTRAN	UMTS Terrestrial RAN
VLR	Visitor Location Register
VoIP	Voice over Internet Protocol
WAP	Wireless Application Protocol
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

Bibliographie :**Livres :**

- [1] Javier Sanchez, Mamadou Thioune, UMTS, germes, France, 2004.
- [2] Xavier Lagrange, Principes et évolutions de l'UMTS, germes, Paris, 2005.
- [3] Pierre Lescuyer, réseaux 3G, DUNOD, Belgique, 2006.
- [4] Joachim Tisal, le réseaux GSM, DUNOD, Paris, 2003.
- [5] Guy Pujolle, « LES RESEAUX », EYROLLES, Paris, 2008.
- [6] Nadège Faggion, Le GPRS, DUNOD, Liège, 2002.
- [7] Sami Tabbane, Ingénierie des réseaux cellulaires, germes, France, 2002.
- [8] Ian Poole, Cellular Communications Explained, Newnes, Burlington, 2006.
- [9] Claude Servin, « RESEAUX ET TELECOMS », DUNOD, Paris, 2003.
- [10] Harri Holma, Antti Toskala, UMTS, OEM, Paris, 2001.
- [11] Sami Tabbane, Mohamed Tahar Missaoui, Pratique de l'ingénierie des réseaux cellulaires, germes, Paris, 2006.
- [12] Bernhard H. Walke, Mobile Radio Networks, WILEY&SONS-LTD, England, 1999.
- [13] Guy Pujolle, «cours réseaux et télécoms », EYROLLES, 2004.
- [14] Jeffrey Bannister, Paul Mather, Sebastian Coope, Convergence Technologies for 3G Networks, Wiley, England, 2004.
- [15] AL agha, Pujolle, Vivier, Réseaux de mobiles et réseaux sans fil, Eyrolles, Paris, 2001.
- [16] AJAY R. MISHRA, Fundamentals of Cellular Network Planing and Optimisation, WILEY&SONS-LTD, England, 2004.
- [17] Heikki Kaaranen, Ari Ahtiainen, Lauri Laitinen, Siamäk Naghian, Valtteri Niemi, UMTS NETWORKS, WILEY&SONS-LTD, England, 2005.
- [18] Olivier Hersent, David Gurle, Jean-Pierre Petit, L'essentiel de la VoIP, DUNOD, Paris, 2005.

Thèses doctorale:

- [19] Frédéric Le Mouël, « Environnement adaptatif d'exécution distribuée d'applications dans un contexte mobile », université de rennes 1, 2003.
- [20] Mazen Youssef, « Modélisation, simulation et optimisation des architectures de récepteur pour les techniques d'accès W-CDMA », Université Paul Verlaine-Metz, 2009.
- [21] Rani Makke, « Qualité de Service et Performances des protocoles de transport dans l'UTRAN », Telecom Paris, 2003.

PFE :

[22] Ahmed Triki, « Dimensionnement et Planification d'un Réseau d'Accès HSDPA », SUP'COM, 2007.

[23] Kesir Yassine, « Etude de Dimensionnement et Simulation d'un réseau UMTS », Université de Béjaia, 2012.

[24] Imen Hamza, « Outil de Planification BSS pour les Réseaux GSM & GPRS de TUNISIANA », SUP'COM, 2005.

Résumé

L'évolution progressive du monde des télécommunications mobiles vers des réseaux et services de données basés sur le protocole IP est aujourd'hui une tendance très forte. Ces réseaux, plus connus sous l'acronyme de réseaux « Tout IP », vont permettre un accès radio large bande unique à tous les services quel que soit le terminal utilisé.

Ce projet de fin d'études a pour objectif de dimensionner et planifier un réseau UMTS basé sur le protocole IP.

Mots clés :

UMTS, Evolution vers 3G, IP, Dimensionnement, Planification.