



Diplôme de Licence

**Electronique Télécommunication et Informatique
(ETI)**

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

**Etude de l'interface radio de la couche
physique de l'UMTS**

Réalisé Par :

El Bakkouri Sarrah

Encadré par :

M^R : Mohamed KORCHI (société)

P^r : Ali AHAITOUF (FST)

P^r : Farid ABDI (FST)

Soutenu le 17 Juin 2010 devant le jury

Pr A. AHAITOUF (FST FES)

Pr F. ABDI (FST FES)

Pr N. ESSBAI (FST FES)

Pr E. ABERKAN (FST FES)

Dédicaces

*A mes très chers parents
Pour leurs patiences et leurs sacrifices*

*A mes frères et sœurs
Pour leurs soutiens permanents*

*A mon neveu et mes nièces
Je vous souhaite tout le bonheur du monde*

*A mes amis
Pour les moments qu'on a partagés*

A tous ceux qui me sont chers

Je dédie ce modeste travail

Remerciements

Le travail présenté dans ce rapport a été effectué au sein de l'Agence Nationale de Régulation des Télécommunications à Rabat. A cet égard, j'adresse mes vifs remerciements à monsieur Mohamed KORCHI chef de service Contrôle de Commercialisation, monsieur Ahmed SLALMI chef de service de l'élaboration des programmes du service universel et Abdelkarim BELKHADIR Chef du Service Agréments, pour m'avoir accueilli et donnés les moyens pour accomplir ce stage dans les meilleures conditions.

Mes sincères remerciements s'adressent à Messieurs Ali AHAITOUF et Farid ABDI, mes encadrants internes et professeurs à la FST, pour leurs participations actives à la mise en forme de ce document, pour leur précieux conseils et leurs remarques pertinentes.

Mes remerciements vont également aux membres du jury, pour avoir accepté de me faire profiter de leurs compétences pour évaluer ce travail.

Enfin, que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail, trouvent ici l'expression de mes vifs remerciements.

Table des matières :

Chapitre I : Introduction et Organisme d'accueil	6
I. Introduction :	7
1. La première génération : (Notée 1G)	7
2. La deuxième génération : (Notée 2G)	7
3. La troisième génération : (Notée 3G).....	9
II. Organisme d'accueil : ANRT	11
III. Objet de Stage et cahier de charge :	15
a. Objet de stage :	15
b. Cahier de charge :	16
Chapitre II : Architecture interne du réseau UMTS.....	18
I. Architecture du réseau UMTS :.....	19
1. Réseau cœur :	20
2. Réseau UTRAN :	23
3. L'équipement usager :	28
II. Introduction et Evolutions du réseau UMTS	29
1. Réaménagement de Fréquence :	29
2. Le réseau cible :	29
Chapitre III : La couche physique de l'UTRAN.....	34
I. Les méthodes de Multiplexage :	35
a. FDMA	35
b. TDMA :	36
c. CDMA (Code Division Multiple Access):	37
II. Etalement de Spectre et codage :	38
1. Principe d'Etalement de Spectre :	38
2. Codage :	40
III. Méthodes de duplexage en WCDMA :	44
1. FDD (Frequency Division Duplex) :	44
2. TDD (Time Division Duplex) :	45
IV. Contrôle de puissance :	46
1. La boucle ouverte (Open Loop Power Control) :	47
2. La boucle fermée intérieure (Inner Loop Power Control) :	47
3. La boucle fermée extérieur (Outer Loop Power Control):	47
V. La Structure des canaux en UMTS :	48
1. Les canaux logiques :	48
2. Les Canaux de Transport :	49
3. Les Canaux Physique :	50
VI. Synchronisation des slot et trame :	52

VII.	Gestion des ressources radio :.....	54
1.	Softer HandOver :	55
2.	Soft HandOver :	55
3.	Hard inter-fréquences HandOver:	56
4.	Hard inter-systèmes HandOver:	56
VIII.	Traitement de bout en bout par la couche physique :.....	57
Chapitre IV : Test pratique sur un signal UMTS :.....		62
I.	Analyseur de spectre :.....	63
1.	Les réglages de base d'un analyseur de spectre :	64
II.	Application :	65
1.	Bande donwnlink :	65
2.	Bande uplink :	67
Conclusion :		69
•	ANNEXE :.....	70
•	Bibliographie & Webographie :.....	73
•	Liste des figures et des tableaux:	75

Chapitre I :

Introduction et

Organisme d'accueil

Chapitre I : Introduction et Organisme d'accueil

I. Introduction :

Les systèmes de téléphonie cellulaire connaissent depuis quelques années un développement sans précédent.

Leur développement est passé par trois générations majeures:

1. La première génération : (Notée 1G)

La première génération possédait un fonctionnement analogique et était constituée d'appareils lourds et volumineux. On y retrouve trois principales normes [1]:

AMPS (Advanced Mobile Phone System), apparu en 1976 aux Etats-Unis, constitue le premier standard de réseau cellulaire. Utilisé principalement en Russie et en Asie, ce réseau possédait de faibles mécanismes de sécurité.

- **TACS** (Total Access Communication System) est la version européenne du modèle AMPS. Utilisant la bande de fréquence de 900 MHz, ce système fut utilisé principalement en Europe, en Angleterre, puis en Asie.
- **ETACS** (Extended Total Access Communication System) est une version améliorée du standard TACS développé au Royaume-Uni utilisant un nombre plus important de canaux de communication.

Les réseaux cellulaires de première génération ont été complètement dépassés après l'apparition de la deuxième génération.

2. La deuxième génération : (Notée 2G)

La deuxième génération a marqué une rupture avec la première génération de téléphone cellulaire grâce au passage de l'analogique vers le numérique.

Les principaux standards de téléphonie mobile 2G sont les suivants [1,2]:

- **La norme GSM** (Global System for Mobile communications) originaire de l'Europe, aujourd'hui c'est la norme la plus utilisée dans le monde avec 80% du marché des abonnés. Le Maroc utilise le GSM 900 qui utilise la

bande de fréquence 890-915 MHz pour l'Uplink (du mobile vers la station de base) et la bande 935-960MHz pour le Downlink (de la station de base vers le mobile). Le GSM utilise une combinaison entre deux techniques d'étalement de spectre ; La TDMA (Time Division Multiple Access) comme base puis la FDMA (Frequency Division Multiple Access). La norme GSM permet un débit maximal de 9,6 kbps.

- **La norme CDMAOne** (Code Division Multiple Access One) [3], Utilisée principalement au Etats-Unis en Nouvelle Zélande et en Asie Pacifique, aujourd'hui elle a 17% du marché. Cette norme emploie une technique d'étalement de spectre permettant de diffuser un signal radio sur une grande gamme de fréquences.
- **La norme PDC** (basé sur TDMA) [4] : il s'agit d'une technique basée sur la TDMA. Utilisée exclusivement au Japon.

La 2G a permis de transmettre la **voix** ainsi que les **données de faible volume** (exemple SMS et MMS) avec une manière numérique.

Afin d'améliorer le débit de la norme GSM (max de 9,6 kbps) des extensions ont été faites :

- le standard **GPRS** (General Packet Radio System) [1,5] : permet d'obtenir des débits théoriques de l'ordre de 114 kbit/s, jusqu'à 114 Kbit/s dans la réalité. Cette technologie a été baptisée « **2.5G** » n'étant qu'une extension de la norme GSM.
- La norme **EDGE** (Enhanced Data Rates for Global Evolution) présentée comme la **2.75G** [1].Elle quadruple les améliorations du débit de la norme GPRS en annonçant un débit théorique de 473 Kbps, ouvrant ainsi la porte aux applications multimédias. Mais en réalité elle a été limitée, afin de se conformer aux spécifications IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) de l'ITU (International Telecommunications Union), à un débit de 384 Kbps.

3. La troisième génération : (Notée 3G)

Les normes 3G présentes une évolution des normes en 2G (Figure 1), le choix de la norme utilisée en 3G dépend de l'infrastructure existante.

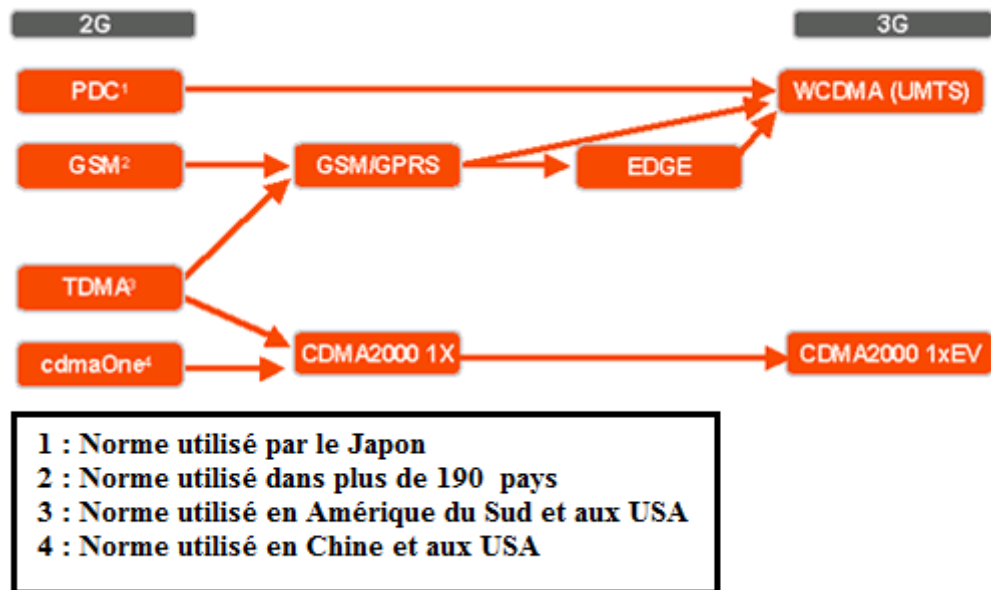


Figure 1 : L'évolution des normes de la seconde génération à la troisième génération

La norme 3G offre un haut débit de transmission, variant suivant l'utilisation, entre 144 Kbps et 2Mbps ce qui permettra des usages multimédias tels que la transmission de vidéo, la Visio-conférence ou l'accès à internet haut débit.

Son architecture présente une compatibilité avec les réseaux de seconde génération. Les réseaux 3G utilisent des bandes de fréquences différentes des réseaux précédents : 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz.

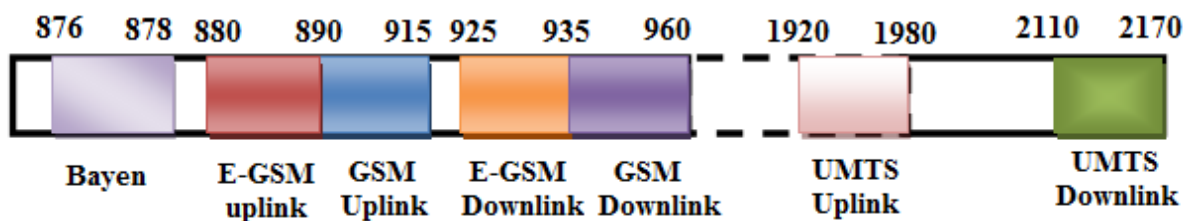


Figure 2 : Bande de fréquence entre 800MHz et 2170MHz

- **UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System) C'est la principale norme utilisée en Europe .Elle utilise une bande de fréquence de 5 MHz pour le transfert de la voix et de données, avec des débits

pouvant aller de 384 kbps à 2Mbps, au Maroc le débit est différent suivant le lieu d'utilisation [6] :

- En zone rurale : 144 kbit/s jusqu'à 500 km/h ;
- En zone urbaine : 384 kbit/s jusqu'à 120 km/h;
- Dans un bâtiment : 2000 kbit/s.

➤ **CDMA 2000** (Code Division Multiple Access 2000) : marque une évolution de la technique de seconde génération CDMA IS-95. Elle est très minoritaire dans le monde mais elle est présente sur des marchés clef, le passage de la 2G à la 3G est facile dans la famille CDMA/CDMA2000 [7].

Le tableau suivant regroupe les différentes caractéristiques de normes UMTS et CDMA 2000 :

Date de création	Janvier 1999	
Technologie	UMTS	CDMA2000
Organisme affiliés	ETSI (Europe) TI (USA) ARIB & TTC (Japon)	TIA (USA) ARIB & TTC (Japon) CWTS (Chine)
Type de réseau cœur	GSM/GPRS	ANSI-41/CDMA
Technologie du réseau d'accès	CDMA (FDD) CDMA (TDD)	DS/MC-w-CDMA IS-95

Tableau 1 : comparaison des technologies 3G

➤ **HSDPA** (*High-Speed Downlink Packet Access*) : c'est un protocole de téléphonie mobile de troisième génération dont les spécifications ont été publiées par le 3GPP dans la « release 5 » du standard UMTS. Il permet d'atteindre des débits jusqu'à 14 Mbits/s. La technologie HSDPA utilise la bande de fréquence 5 GHz et utilise le codage W-CDMA. [8]

Le tableau suivant montre l'évolution au niveau des services et du débit au niveau de chaque type de réseau mobile:

Standard	Génération	Bande de fréquence	Débit	
<u>GSM</u>	2G	Permet le transfert de voix ou de données numériques de faible volume.	9,6 kpbs	9,6 kpbs
GPRS	2.5G	Permet le transfert de voix ou de données numériques de volume modéré.	171,2 kpbs	48 kpbs
EDGE	2.75G	Permet le transfert simultané de voix et de données numériques.	345,6 kpbs	171 kpbs
UMTS	3G	Permet le transfert simultané de voix et de données numériques à haut débit.	2 Mbps	384Kbps

Tableau 2 : comparaison des différents types de réseaux mobiles [1]

II. Organisme d'accueil : ANRT

Au Maroc les services de télécommunications, sont assurés par treize opérateurs, ils sont regroupés dans le tableau ci-dessus qui précise en plus les licences qui leurs sont délivrées :

Opérateur	License
Maroc Telecom,	Fixe+GSM+3G
Medi Telecom,	GSM+ nouvelle génération+ 3G
Wana corporate,	nouvelle génération+ 2G + 3G
CimeCom, SpaceCom, Gulfsat,	<p>VSAT : Very Small Aperture Terminal (« terminal à très petite ouverture ») désigne une technique de communication par satellite bidirectionnelle qui utilise des antennes paraboliques dont le diamètre est inférieur à 3 mètres.</p> <p>Cette technique de communication nécessite donc peu de moyens au sol. Le VSAT peut donc être utile pour relier un petit site aux réseaux de communication.</p>
European Datacomm Maghreb, GlobalsStar NA, OrbComm Maghreb, Soremar, Thuraya Maghreb,	<p>GMPCS : sont des systèmes de communications personnelles assurant une couverture transnationale, régionale ou mondiale depuis une constellation de satellites accessible avec de petits terminaux facilement transportables. Qu'ils soient fixes ou mobiles, à large bande ou à bande étroite, mondiaux ou régionaux, les systèmes à satellites GMPCS peuvent fournir des services de télécommunication ainsi que des services de télécopie, messagerie, transmission de données, directement aux utilisateurs finaux.</p>
Moratel, Cires Telecom,	<p>3RP : est le partage des ressources radios, cette technologie récente du 3RP, conçue pour optimiser l'utilisation des fréquences radioélectriques, peut être le support de transmission d'un système de télégestion. L'équipement de chaque site comprend un modem et une antenne. Les communications sont assurées par un opérateur 3RP sur une zone géographique donnée, à des conditions économiques avantageuses par rapport aux liaisons spécialisées si les sites sont distants de plus de 5 km. Les liaisons ne sont plus permanentes. Cependant la sécurité des transmissions constitue l'atout majeur de ce système.</p>

Tableau 3 Les treize opérateurs et leurs License [9,10]

Maroc Telecom, Medi Telecom et Wana corporate représentent les trois opérateurs globaux au Maroc. Afin de gérer, organiser et réguler le secteur de télécommunications l'ANRT a été créé.

L'Agence Nationale de Réglementation des Télécommunications est un établissement public, institué auprès du Premier Ministre et doté d'une autonomie financière. Elle a été mise en place en 1998 en appliquant la Loi N°24-96 qui a fixé les contours généraux de la réorganisation du secteur des postes et des télécommunications au Maroc, pour en suite être modifiée et complétée en Novembre 2004 par la promulgation de la Loi 55-01.

- **L'organigramme de l'ANRT :**

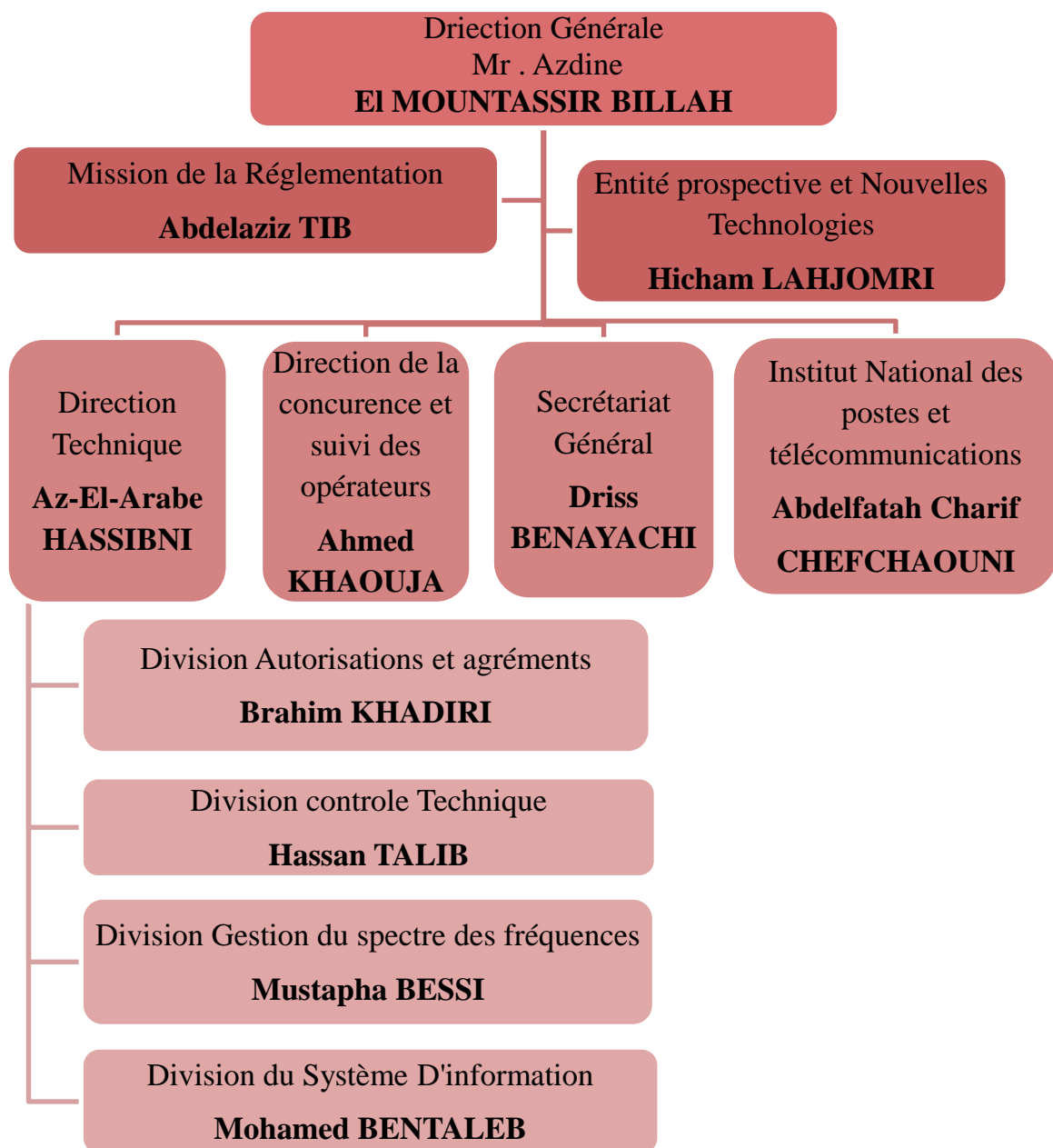


Figure 3 Organigramme de l'Agence Nationale de la Régulation des Télécommunications [5]

L'ANRT a pour objet d'accomplir trois missions principales s'articulant autour des aspects juridique, économique et technique [10]:

- Mission Juridiques :
 - Contribution à l'élaboration du cadre juridique du secteur des télécommunications à travers la préparation de projets de lois et de décrets.
 - Mise en œuvre des procédures d'attribution et d'instruction des licences par voie d'appel à la concurrence.
 - Veille au respect de la concurrence loyale et à la résolution des litiges y afférents.
 - Fixation des spécifications techniques et administratives d'agrément des équipements terminaux, destinés à être raccordés à un réseau public de télécommunications ou à des installations radioélectriques.
 - Gestion des noms de domaines « .ma ».
 - Élaborer les conditions techniques d'utilisation des réseaux et installations.
 - D'assurer le bon fonctionnement et la protection des installations de leurs réseaux ;
 - Fixer les modalités de gestion et de surveillance du spectre des fréquences radioélectriques ;
 - Délivrer les autorisations d'établissement et d'exploitations de réseaux indépendants.

- Missions Economiques :
 - Approbation des offres tarifaires des produits et services de télécommunications.
 - Suivi pour le compte de l'état, du développement du secteur des technologies de l'information.

- Missions Techniques:
 - Fixer les règles techniques ou méthodologiques applicables aux réseaux de toutes natures pouvant être raccordés aux réseaux publics de télécommunications et à tout réseau de télécommunications ouvert au public ;
 - Agréer les laboratoires d'essais et mesures d'équipements des télécommunications qui peuvent être chargés de délivrer des agréments ;

- Déterminer les catégories ainsi que les conditions techniques d'utilisation des réseaux et des installations radioélectriques.

Mon stage a eu lieu dans la division technique au service Contrôle de Commercialisation, Les attributions du se Service sont:

- Elaboration des plans d'actions pour le contrôle de commercialisation des équipements de télécommunications et des prestataires de services à valeur ajoutée.
- Le contrôle de commercialisation des équipements terminaux et des installations radioélectriques mis sur le marché marocain.
- Le contrôle des prestataires des services à valeur ajoutée.
- L'évaluation technique de la conformité des équipements terminaux et des installations radioélectrique.
- Coopération avec les administrations et autorités gouvernementales compétentes pour le contrôle du marché des équipements de télécommunications et le contrôle des prestataires de services à valeur ajoutée.
- Contrôler les liaisons nouées et les installations de détournement de trafic téléphonique.
- Participation aux enquêtes relatives au détournement du trafic.
- Elaboration des décisions régissant l'activité de contrôle de commercialisation.
- Contrôle et réglementation des modalités de chiffage.
- Définition des termes de références pour l'acquisition des équipements de test nécessaires à l'exercice de l'activité de contrôle de commercialisation.
- Proposition de solutions techniques aux problème et plaintes présentées par les opérateurs à l'ANRT concernant l'usage du site et le partage d'infrastructure dans le cadre de la réglementation en vigueur.

III. Objet de Stage et cahier de charge :

a. Objet de stage :

L'évolution des services de la téléphonie mobile vers la troisième génération est le thème d'actualité qui interpelle les constructeurs d'équipements Télécoms, les opérateurs, les autorités de régulation et les consommateurs. L'UMTS a été conçu, en apportant de nouvelles techniques dans l'interface Radio.

Dans ce cadre s'inscrit mon stage de fin d'étude, effectué au sein de l'ANRT, intitulé « Etude de la couche physique Radio des réseaux UMTS », l'étude effectuée se peut être résumé en trois parties :

- Une présentation de l'architecture du réseau UMTS.
- Une étude bibliographique de la couche physique radio de l'UMTS.
- Un test pratique sur un signal UMTS.

b. Cahier de charge :

STAGIAIRE

NOM ET PRENOM : EL BAKKOURI Sarrah
ETABLISSEMENT : Faculté des Sciences et Technique de Fès
NIVEAU D'ETUDE : 3^{ème} année.

ENCADRANTS

NOM ET PRENOM : KORCHI Mohammed à l'ANRT
NOM ET PRENOM : A. AHAITOUF et F. ABDI à la FST

STAGE

TYPE : PROJET DE FIN D'ETUDE
PERIODE : (02) DEUX MOIS
THEME : Etude de la couche physique Radio des réseaux UMTS
OBJECTIF : Etude bibliographique et pratique de la couche physique radio UMTS

Activités prévues

- PRESENTATION DES RESEAUX 3G ;
- PRESENTATION DU RESEAU UMTS (ARCHITECTURE) ;
- ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE LA COUCHE PHYSIQUE RADIO DE L'UMTS (NORME ETSI : TS 125 201)
- TEST PRATIQUE SUR LA COUCHE PHYSIQUE RADIO DE L'UMTS.

OBSERVATIONS

STAGE NON REMUNERE + SANS PROMESSE DE RECRUTEMENT

Chapitre II :

Architecture interne

du réseau UMTS

Chapitre II : Architecture interne du réseau UMTS

Introduction :

L'UMTS : Universal Mobile Telecommunications System, fait partie de la famille IMT-2000 (International Mobile Telecommunication for the year 2000). L'UMTS est une des technologies, les plus répondues, de téléphonie mobile de troisième génération (3G), parfois aussi appelé 3 GSM.

Les réseaux de 3G fournissent des nouvelles avancées incluant l'itinérance mondiale, une large gamme de services à haut débit, des services audio-visuels et l'utilisation d'un seul terminal dans différents environnements radio.

Le 1 décembre 2002, l'opérateur norvégien Telenor a annoncé le déploiement du premier réseau commercial UMTS. En France par exemple SFR a lancé son offre commerciale le 10 novembre 2004

Au Maroc, suite à un appel à concurrence lancé le 2 mai 2006, quatre sociétés de droit marocain: **Maroc Connect, Itissalat Al-Maghrib, Méditelécom** et **Nejma Telecom Maroc** (Groupe Koweïtien Wataniya International), s'étaient portées candidates. Le 20 juillet 2006 et après l'approbation du Premier ministre au rapport d'instruction élaborée par l'ANRT, **Maroc Connect, Itissalat Al-Maghrib, Méditelécom** furent les Trois attributaires des licences 3G [11,12].

Chacun des attributaires a payé une contrepartie financière de 360 millions de DH et une contribution au réaménagement du spectre. Il est à signaler que, selon les responsables de l'ANRT, la somme payée n'est que le premier élément du cahier des charges de cette opération et qu'il n'a été fixé que sur la demande des opérateurs qui avaient besoin d'avoir une idée sur les engagements de l'année [10,12].

Les fréquences utilisées en UMTS, au Maroc sont comme suit (figure 4) :

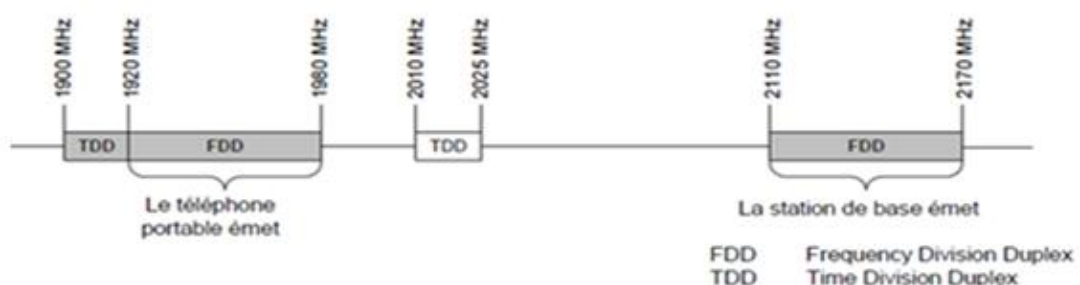


Figure 4 Plan de fréquence de la 3G au Maroc [10]

Ainsi la bande de fréquence désignée par le standard UMTS est

- 1920 → 1980 MHz pour le sens Uplink (du mobile vers la station de base).
- 2010 → 2025 MHz pour le sens downlink (de la station de base vers le mobile).
- 2110 → 2170 MHz pour la bande non appairé (mode TDD).

I. Architecture du réseau UMTS :

L'infrastructure du réseau se compose de deux domaines (Figure 5) [13] :

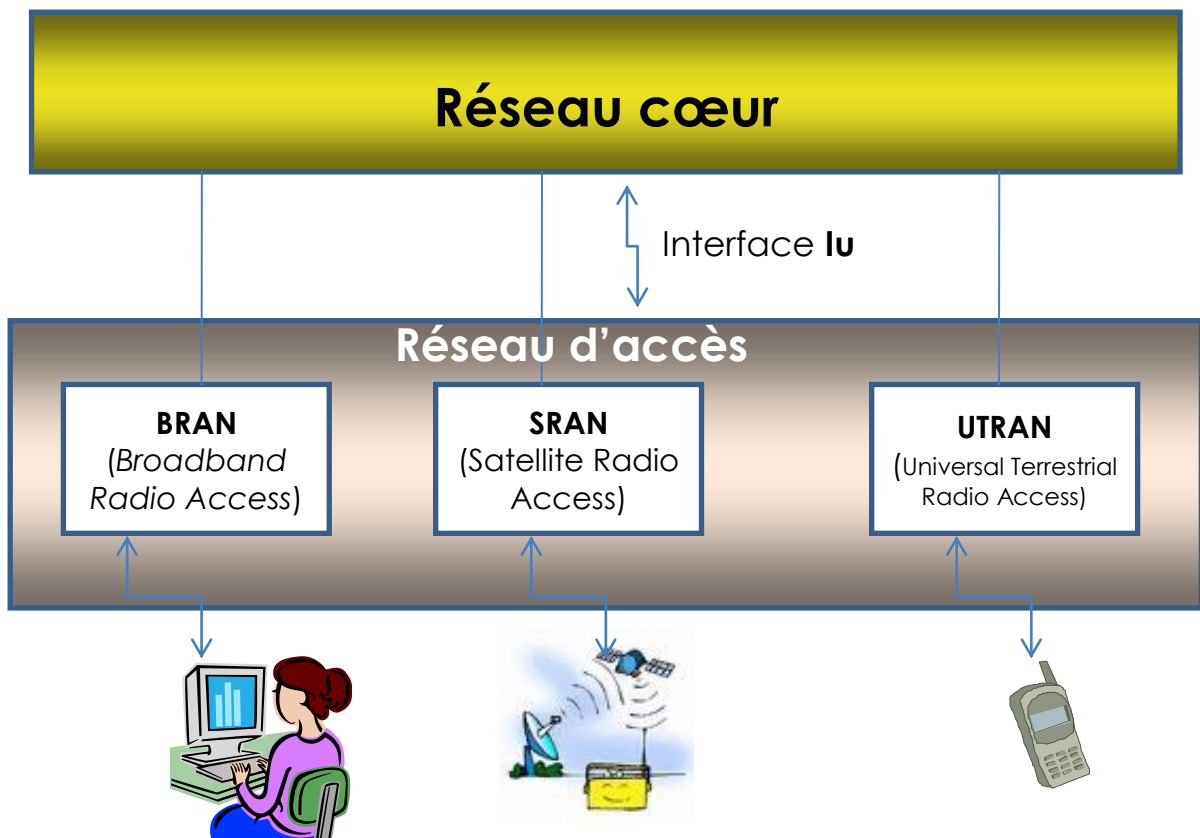


Figure 5 : Différents types d'accès radio

- Le réseau de satellites d'accès radio (**USRAN**, UMTS Satellite Radio Access Network).
- Le réseau terrestre d'accès radio (**UTRAN**, UMTS Terrestrial Radio Access Network).

- Le réseau d'accès propose les fonctions permettant d'acheminer les informations (trafic de données et trafic de signalisation) depuis l'utilisateur jusqu'au réseau cœur. C'est l'UTRAN qui est utilisée pour ce domaine. Elle fournit à l'équipement usager les ressources radio et les mécanismes nécessaires pour accéder au cœur du réseau. C'est la plus importante innovation de l'UMTS (c'est une des raisons du coup élevé de sa mise en place).
- Le domaine du réseau cœur regroupe les fonctions permettant, la gestion des appels, l'itinérance, la sécurité, la communication avec les réseaux externes, assure l'interconnexion d'un réseau interne avec des réseaux internes ou externes, fixes ou mobiles, numériques ou analogiques [14].

L'architecture du réseau UMTS suivant ses deux sous réseau se présente comme suit (Figure 6) :

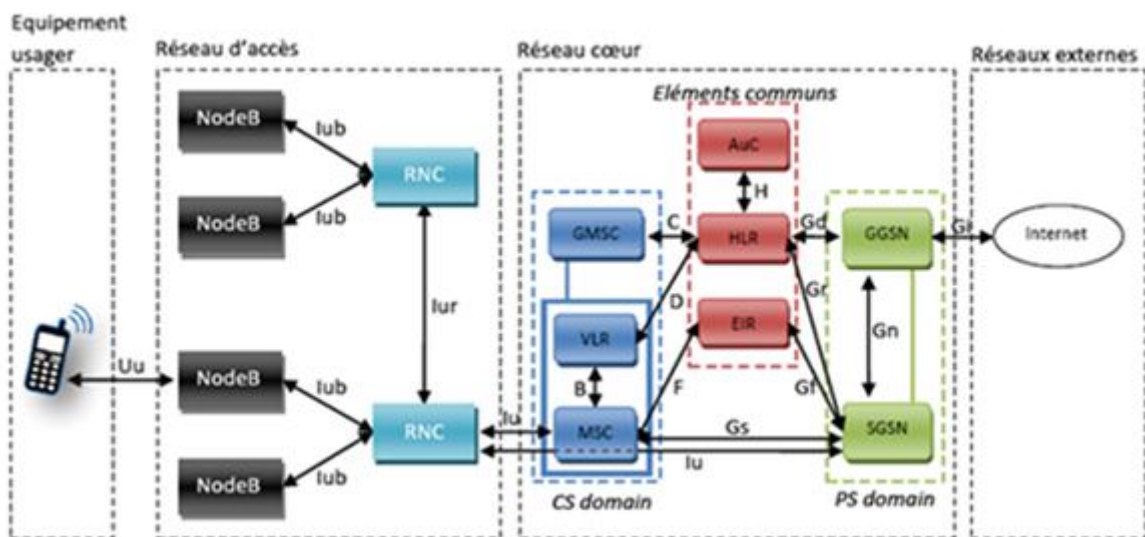


Figure 6 : Architecture d'un réseau UMTS [13]

1. Réseau cœur :

Le cœur du réseau de L'UMTS est séparé en deux domaines (Figure 7):

- Le domaine CS (Circuit Switched), permet principalement l'utilisation de la téléphonie.
- Le domaine PS (Packet Switched), permet la commutation des paquets lors de connections internet.

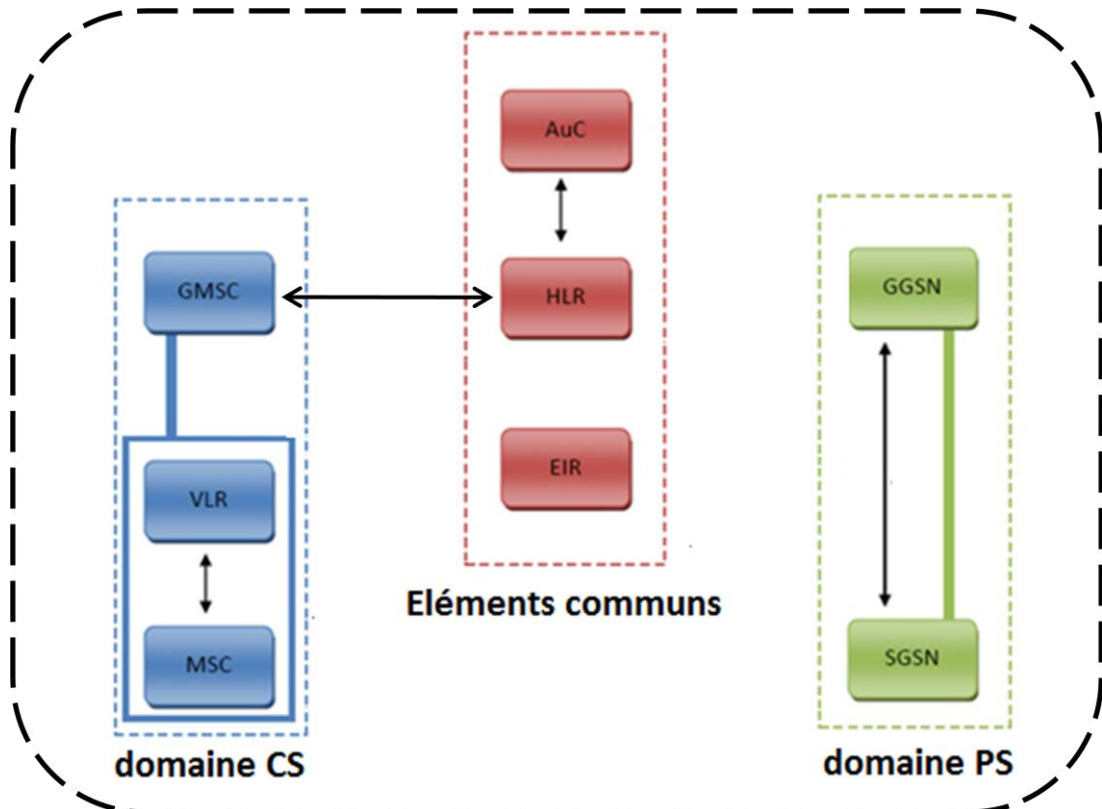


Figure 7 : Architecture du réseau Cœur de l'UMTS [13]

✚ Éléments communs [13,14] :

Le groupe des éléments communs entre le domaine CS et le domaine PS est composé de plusieurs modules :

- Le **HLR** (Home Location Register) est la base de données contenant toutes les informations des abonnés : l'identité du mobile, ou IMSI (International Mobile Station Identity), l'identité de l'équipement usager, le numéro d'appel de l'utilisateur, les informations relatives aux possibilités de l'abonnement souscrit par l'utilisateur.
- L'**AuC** (Authentication Center) est en charge d'assurer les fonctions de sécurité comme l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication. Si une de ces deux fonctions n'est pas respectée, la communication est rejetée. Le centre d'authentification se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'utilisateur et pour ainsi créer une clé d'identification.
- L'**EIR** (Equipment Identity Register) est en charge de la gestion des vols des équipements usagers. Il est en possession d'une liste des mobiles volés ou interdits « black liste » contenant le IMEI

(International Mobile station Equipment Identity) propre à chaque équipement usager.

Le domaine CS [14,15] :

Le domaine CS est composé de plusieurs modules :

- Le **MSC** (Mobile-services Switching Center) est en charge d'établir la communication avec l'équipement usager. Il a pour rôle de commuter les données.
- Le **GMSC** (Gateway MSC) est une passerelle entre le réseau UMTS et le réseau téléphonie mobile extérieure. Si un équipement usager contacte un autre équipement depuis un réseau extérieur au réseau UMTS, la communication passe par le GMSC qui interroge le HLR pour récupérer les informations de l'utilisateur. Ensuite, il route la communication vers le MSC dont dépend l'utilisateur destinataire.
- Le **VLR** (Visitor Location Register) est une base de données (assez similaire à celle du HLR) attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR garde en mémoire l'identité temporaire de l'équipement usager dans le but d'empêcher l'interception de l'identité d'un utilisateur. Le VLR est en charge d'enregistrer les utilisateurs dans une zone géographique LA (Location Area), ainsi on peut limiter les fraudes d'utilisation de l'IMSI.

Le domaine PS [14,15] :

Le domaine PS est composé de plusieurs modules :

- Le **SGSN** (Serving GPRS Support Node) est en charge d'enregistrer les utilisateurs dans une zone géographique, il joue le même rôle que le VLR.
- Le **GGSN** (Gateway GPRS Support Node) joue le rôle d'une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs tels que : Internet public, un intranet privé, etc.

Après la 5^{ème} release de l'UMTS, il y a eu la notion de « *réseau cœur intégré* », intégration des domaines CS et PS. Ceci permet de diminuer le temps de traitement des procédures et des coûts de maintenance du réseau. On parle dans

ce cas de l'UMSC (UMTS MSC) entité du réseau cœur regroupant à la fois les fonctions de MSC/VLR et SGSN.

2. Réseau UTRAN [13,16] :

Le réseau UTRAN présente une passerelle entre l'équipement de l'utilisateur et le réseau cœur via les interfaces Uu et Iu.

Le réseau UTRAN a plusieurs fonctions (Figure 8) :

- Sa fonction principale consiste à transférer les données générées par l'utilisateur.
- Sécurité : Il permet de protéger les informations échangées par l'interface radio en utilisant des algorithmes de chiffrement et d'intégrité.
- Mobilité : L'UTRAN permet une localisation géographique de la position de l'utilisateur.
- ressources radio : Le réseau d'accès est chargé d'allouer et de maintenir des ressources radio nécessaires à la communication.
- Synchronisation : Il est aussi en charge du maintien de la base temps de référence des mobiles pour transmettre et recevoir des informations.

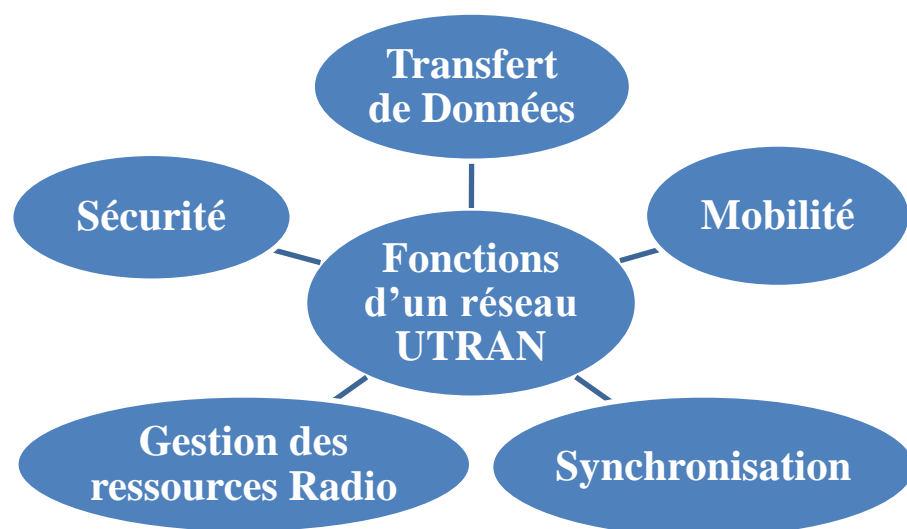


Figure 8 : Les fonctions du réseau UTRAN

L'UTRAN est constitué de nœud B, RNC et de plusieurs interfaces (Figure 9) :

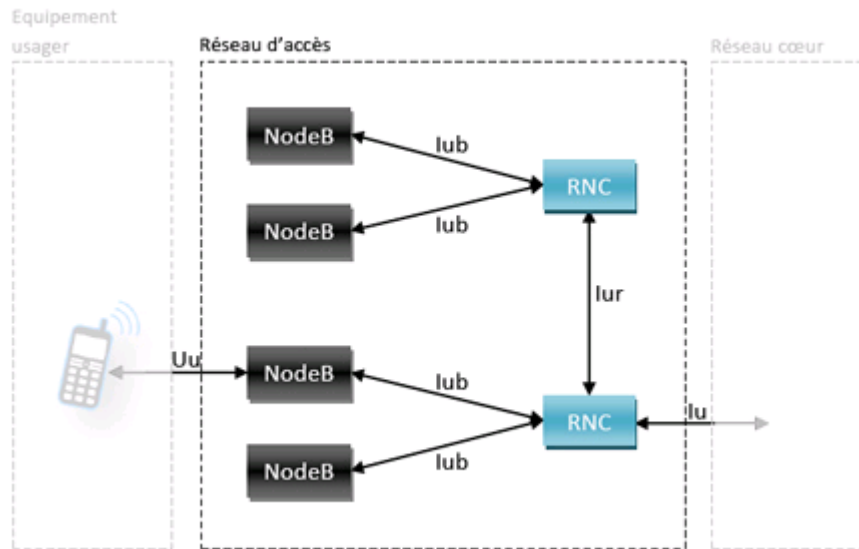


Figure 9 : Architecture du réseau d'accès [13]

✚ **Nœud B :** Il assure la communication radio entre les équipements usagers et l'UTRAN (Joue le Rôle de la BTS dans le GSM). Le Nœud B travaille au niveau de la couche physique (codage et décodage). C'est lui qui s'occupe : du codage et décodage canal pour la correction d'erreurs, de l'adaptation du débit et de la modulation. Il permet :

- Le contrôle de puissance. Le nœud B prélève quelques mesures sur le signal reçu et envoie une commande pour que l'équipement usagers adapte sa puissance. Cela permet une meilleure autonomie pour l'équipement.
- Du point de vue du handover, le nœud B envoie les mesures nécessaires au RNC pour que celui-ci détermine le besoin d'un handover. Notre équipement usagers pourra communiquer simultanément avec plusieurs nœuds B, c'est ce qu'on appelle la macrodiversité. La macrodiversité permet d'augmenter la qualité lors des communications et permet ce soft-handover.

✚ **Contrôleur du réseau radio (RNC) :** (Figure 10) Il constitue le point d'accès pour l'ensemble des services vis-à-vis du réseau cœur. Il gère le protocole RRC (Radio Ressource Control) qui définit les messages et les procédures entre le mobile et l'UTRAN. Il regroupe les fonctionnalités de niveau 2 et 3 du modèle OSI :

- Le contrôle de puissance en boucle externe.
- Le contrôle du handover.

- Le contrôle de l'admission des mobiles au réseau et la gestion de la charge.
- L'allocation de codes CDMA.
- La combinaison/distribution des signaux provenant ou allant vers différents nœuds B dans une situation de macro diversité.



Figure 10 : Exemple d'équipement RNC

Selon son rôle fonctionnel, le RNC est dénommé CRNC (Controlling), SRNC (Serving) ou DRNC (Drift). En général un même équipement RNC peut réaliser ces trois rôles :

- **CRNC** (controlling RNC) : Responsable du control des nœuds B, de la gestion de la charge et du contrôle d'admission et d'allocation de codes (Figure 11).
- **SRNC** (Serving RNC) : Il est unique par utilisateur .Il a pour rôle la gestion de, l'interface Iu, la signalisation RRC (Radio Ressource Control), le traitement de données au niveau de la deuxième couche de l'interface air, la gestion des ressources radio, les décisions du Handover et le control de puissance.
- **DRNC** (Drift RNC) : Permet uniquement le routage entre l'Iub et l'Iur (Figure 11).

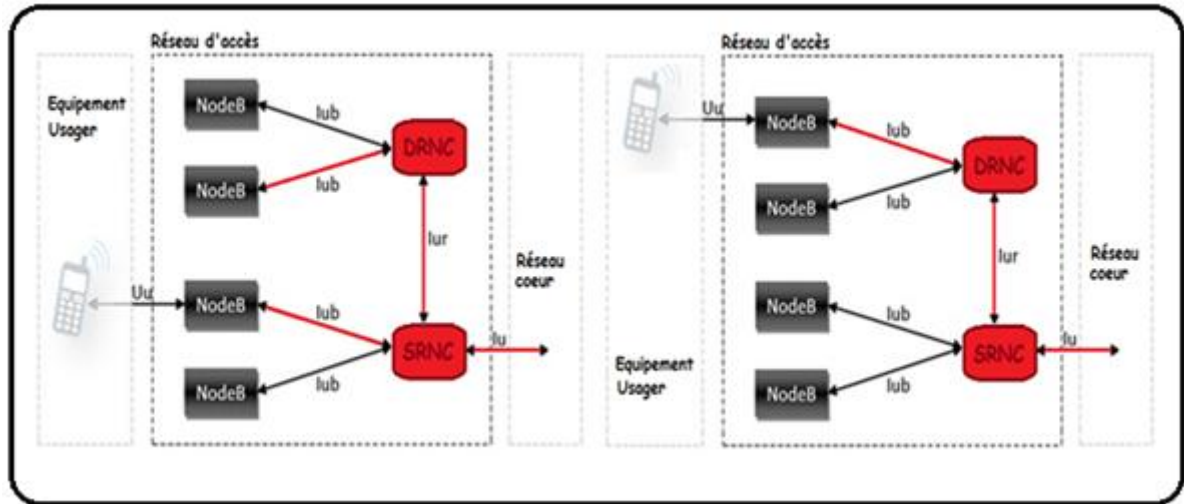


Figure 11 : Serving RNC & Drift RNC

✚ Les interfaces de communication [13,14] :

Plusieurs types d'interfaces de communication coexistent au sein du réseau UMTS (Figure 12):

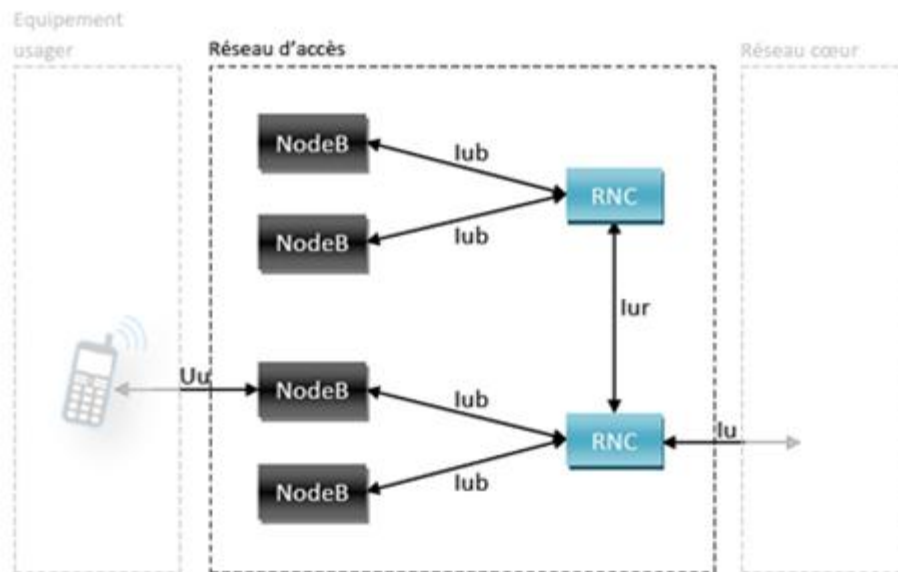


Figure 12 : Les interfaces de communication [13]

- Uu : Interface entre un équipement usager et le réseau d'accès UTRAN. Elle permet la communication avec l'UTRAN via la technologie CDMA (Tableau 4).

- Iu : Interface entre le réseau d'accès UTRAN et le réseau cœur de l'UMTS. Elle permet au contrôleur radio RNC de communiquer avec le SGSN (Tableau 4).
- Iur : Interface qui permet à deux contrôleurs radio RNC de communiquer (Tableau 4).
- Iub : Interface qui permet la communication entre le Nœud B et le RNC.

Interface UMTS	Localisation	Description
Uu	UE-UTRAN	Interface radio qui permet au mobile de communiquer avec l'UTRAN, la technologie UTRA est utilisée dans cette interface,
Lu	UTRAN- réseau cœur	Interface lu-CS , elle permet au RNC de communiquer avec le MSC/VLR (services en mode circuit).
		Interface lu-PS , elle permet au RNC de communiquer avec le SGSN (services en mode paquet).
Lur	RNC-RNC	Elle permet à deux RNC de communiquer. Nécessaire en CDMA pour effectuer, entre autres, la procédure de macro diversité
Lub	Node B- RNC	c'est par cette interface que communiquent le node B et le RNC

Tableau 4 : Interfaces du réseau UMTS

Chacune de ces interfaces supporte deux types de protocoles :

- Protocoles AP (Application Protocol) : permettent l'échange de signalisation entre les équipements.
- Protocoles FP (Frame Protocol) : Utilisés pour transporter les données usager.

Lors de l'introduction de l'UMTS plusieurs changements et réaménagements ont été nécessaires afin de pouvoir adapter le réseau 2G à la structure du réseau 3G.

3. L'équipement usager [15.17] :

L'accès au réseau UMTS est conditionné par la présence d'un équipement usager (UE), l'UE regroupe un équipement mobile (ME) en plus d'une USIM (Universal Subscriber Identity Module).

Le ME est le terminal radio employé pour établir la communication sur l'interface Uu (l'interface air en WCDMA). Il est subdivisé en deux parties :

- L'équipement terminal : c'est la partie où les données d'information sont générées en émission et traitées en réception.
- La terminaison mobile : c'est la partie qui assure la transmission des informations vers le réseau UMTS ou autre et applique les fonctions de corrections d'erreurs...

La carte USIM (Universal Subscriber Identity Module) est la remplaçante de la carte SIM en GSM.

Cette carte USIM joue plusieurs rôles, elle :

- contient une identité qui doit identifier sans aucune ambiguïté l'abonné;
 - IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*);
- contient les détails de l'abonnement :
 - Services, langage de préférence, carnet d'adresses, etc.
- contient les secrets permettant d'authentifier l'utilisateur et de s'authentifier vis-à-vis du réseau et vice-versa :
 - Les codes secrets PIN (*Personal Identification Number*), PIN2, PUK (*Personal Unlocking Key*);
 - La clé secrète K;
 - Les clés de cryptage.
 - Les algorithmes de cryptage;

- permet le chargement de services sur la carte dans un environnement sécurisé permettant :
 - l'interaction avec le mobile, l'affichage d'information sur l'écran,
 - la saisie des données par l'utilisateur, composé des appels,
 - interagit avec le réseau, obtient des informations de localisation
- garde Confidentialité de l'identité de l'utilisateur:
 - Utilisation d'une identification temporaire (TMSI/P-TMSI).
- Permet l'authentification mutuelle des entités:
 - Authentification de l'USIM par le réseau
 - Authentification du réseau par l'USIM

Avec tous ce qu'elle réunit, la carte USIM reste qu'une application logique, qui prend La carte à puce 3G UICC (UMTS Intregrated Circuit Card) comme plateforme logique et physique.

II. Introduction et Evolutions du réseau UMTS

1. Réaménagement de Fréquence [10] :

Les Opérateurs globaux disposaient de site de 2G opérationnels sur tout le territoire national. Pour cela, il a fallu plusieurs aménagements de la part de l'ANRT et des Opérateurs.

Au début du déploiement du réseau UMTS, les fréquences supposées, par les standards internationaux, spécifique à l'UMTS étaient assigné à d'autres utilisateurs (privés, armés...), donc avant l'appel à la concurrence, l'ANRT a établie un autre plan des fréquences permettant a l'UMTS de suivre les normes internationales.

Donc les opérateurs qui ont obtenu les licences, ont payé un dédommagement pour les ex-utilisateurs de cette plage de fréquence.

2. Le réseau cible [18,19]:

1. UMTS Release 99 (R99) :

La première release fut une proposition d'un Upgrade du réseau GSM vers l'UMTS comme illustré sur la figure suivante (Figure 13).

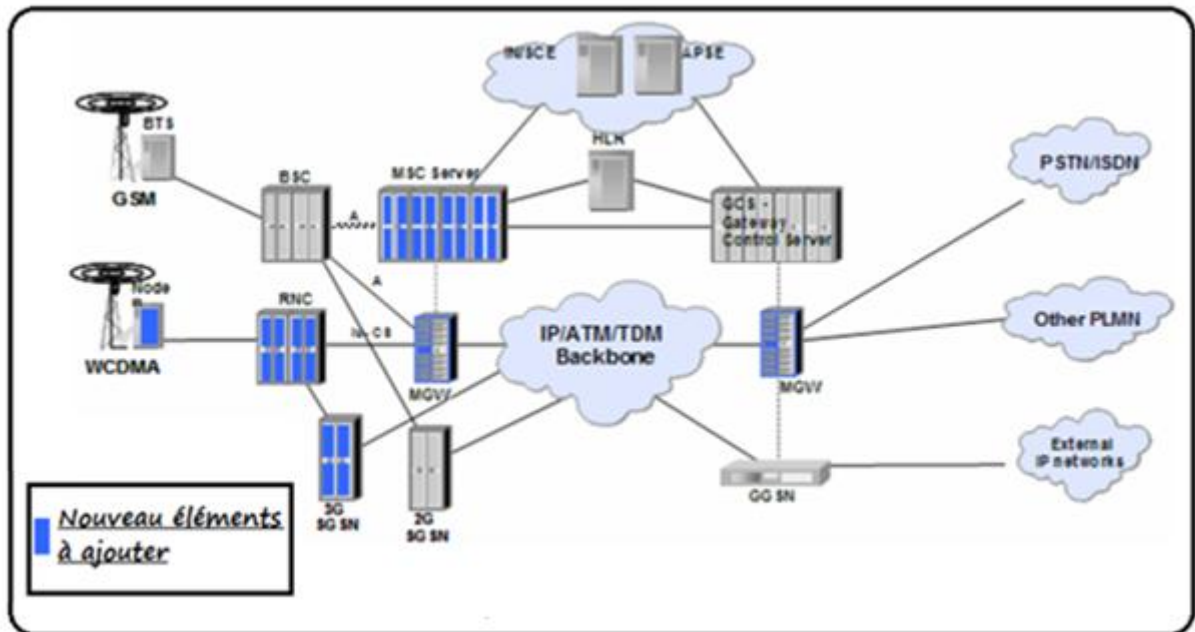


Figure 13 : Exemple d'une architecture du réseau UMTS établie par Maroc Telecom

Les éléments en bleu dans la figure 13 sont les éléments à ajouter dans le réseau 2G afin qu'il fonctionne en 3G.

L'infrastructure 2G de Maroc Telecom, par exemple, est partagée entre différents fournisseurs. Au niveau du réseau d'accès on a Nokia, Motorola et Ericsson et au niveau réseau cœur on a Alcatel et Siemens.

Le changement architectural apporté par le GSM phase 2+ (ou GPRS) par rapport au GSM au niveau du CN a été l'introduction du domaine PS. L'introduction du système mobile 3G devrait nécessiter une installation des infrastructures radio et de l'UTRAN. Une mise à jour logicielle des équipements du PS (SGSN, GGSN) suffisait pour répondre aux exigences des réseaux 3G.

Cette release supporte les fonctionnalités suivantes :

- Un débit de transmission d'au moins de 64 kbps en mode paquet ;
- Support d'au moins tous les services du GPRS (visiophonie et services multimédia) et interconnexion avec d'autres réseaux (RTC, RNIS, GSM...).

2. UMTS Release 4 (R4) :

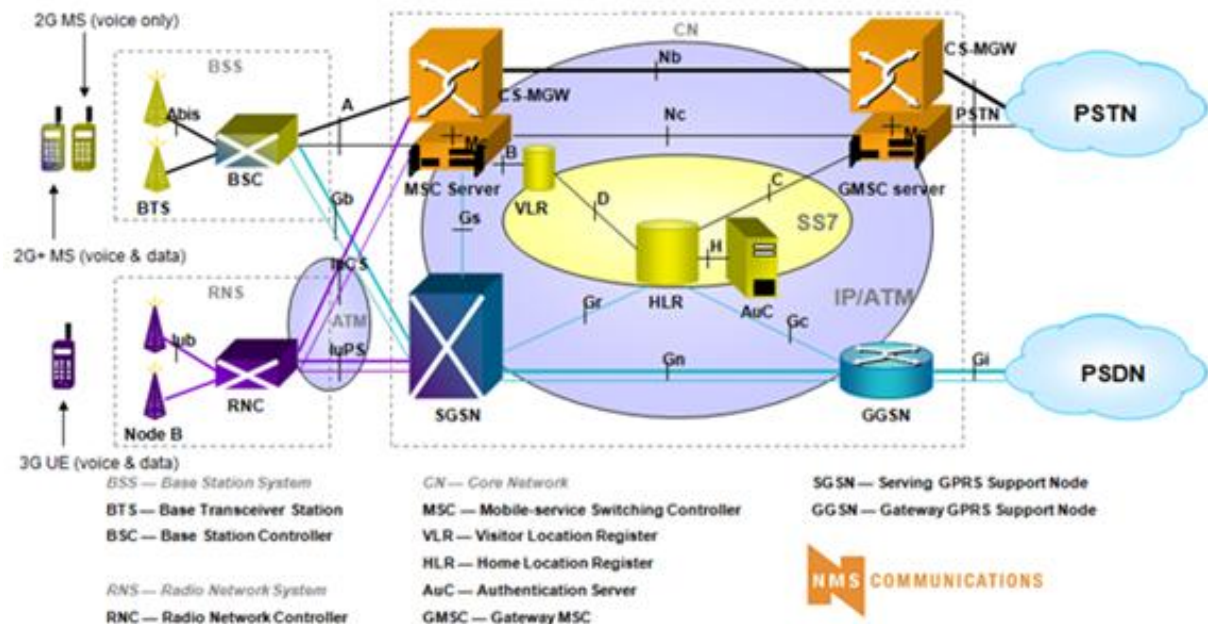


Figure 14 : L'architecture d'UMTS rel 4 [18]

Dans cette phase de l'évolution de l'UMTS, la partie UTRAN n'a pas connu de modification (Figure 14).

La release 4 de l'UMTS a introduit le concept BICC (pour Bearer Independent Call control) dans le domaine CS, dont l'objectif est de séparer les protocoles associés aux contrôles des appels à ceux destinés au transport des données.

Ça implique l'évolution du domaine CS sur la base du NGN (Next Generation Network). La R4 présente des avantages pour le réseau de base en termes de flexibilité et d'évolution, elle réutilise l'IP du domaine PS pour le transport de la voix. Par ailleurs, la R4 dissocie les plans de contrôle et de transport, leur permettant d'évoluer séparément à la différence des commutateurs voix qui sont des structures monolithiques.

Avec la R4, la voix est transportée sur IP dans le réseau de transport uniquement.

3. UMTS Release 5 (R5) [18,19] :

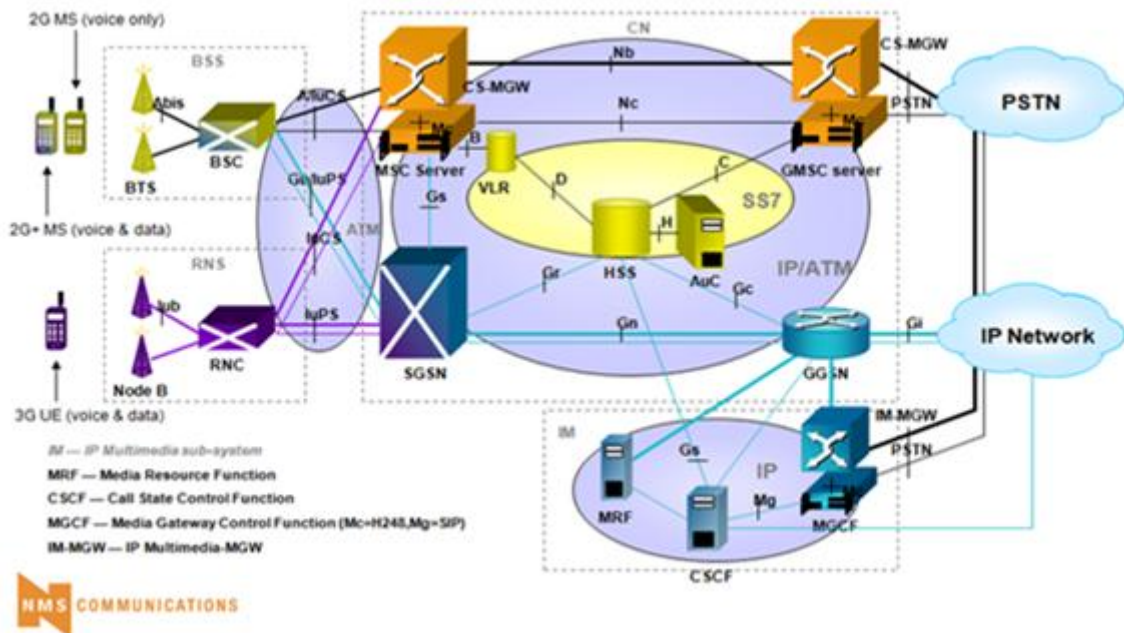


Figure 15 : L'architecture de l'UMTS rel5 [18]

La R5 quant à elle, a introduit un nouveau domaine dans le cœur du réseau UMTS (Figure 15), l'IMS (IP Multimedia Subsystem), s'appuyant sur les services du domaine paquet pour fournir des services de communication convergents (voix sur IP, données, multimédia) en IP. Ainsi, les communications multimédia ne sont plus supportées de manière transparente contrairement à la R99, mais deviennent le mode de communication cible de l'UMTS. Ce n'est que pour des raisons de compatibilité avec les réseaux GSM/GPRS et UMTS et avec les terminaux non IP multimédia que le domaine circuit (MSC servers et MGW associés) est maintenu.

Le changement principal est la technologie de transport, qui sera convertie de l'ATM dans 3GPP R99 en IP dans de 3GPP R4 et R5.

L'objectif est de rendre le réseau complètement en IP. Le cœur du réseau UMTS IP multimédia le protocole IP pour le transport du trafic et de la signalisation associés.

Conclusion :

Le changement majeur entre l'architecture des réseaux 3G et des réseaux 2G réside au niveau du réseau d'accès, car le réseau cœur est presque le même que celui du GSM/GPRS

En plus l'UMTS a introduit plusieurs fonctionnalités comme l'amélioration de la sécurité, l'introduction du Soft HandOver etc.

Chapitre III :

La couche physique

de l'UTRAN

Chapitre III : La couche physique de l'UTRAN

Introduction :

L'interface radio de l'UMTS est structurée en couches (Figure 16), se basent sur les trois premières couches du modèle OSI [20].

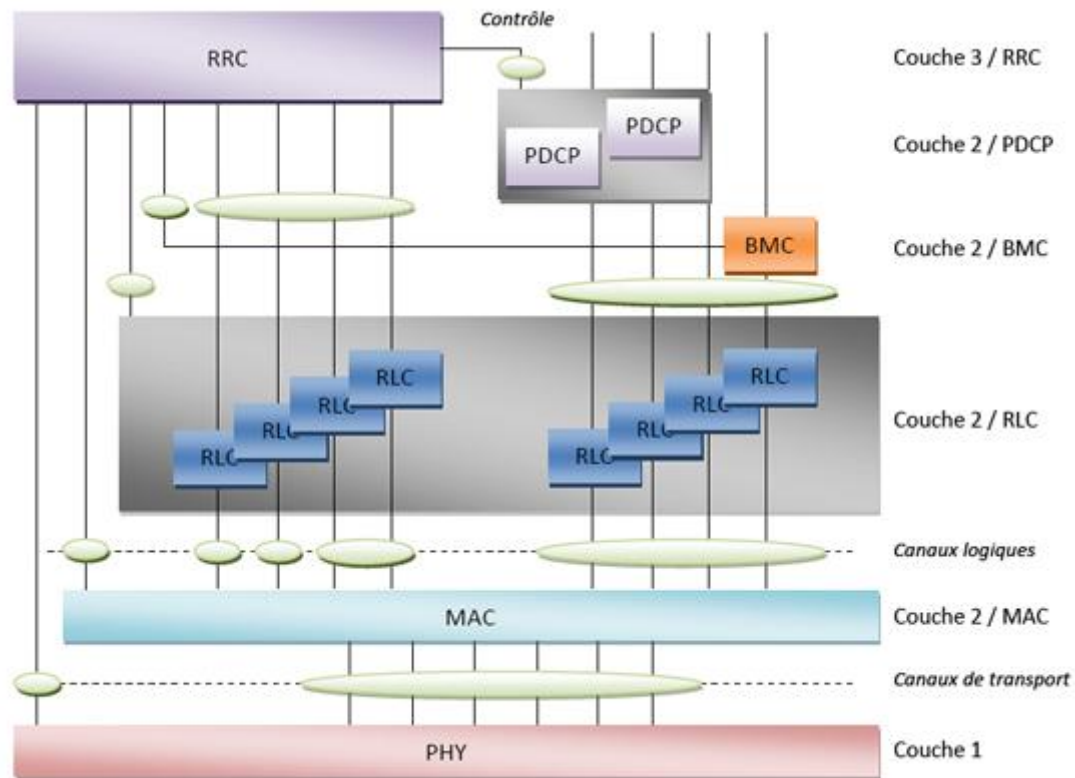


Figure 16 : Vue en couches de l'interface radio de l'UTRAN [13]

- **Le niveau 1 (PHY)** représente la couche physique. Elle réalise les fonctions de codage de canal, d'entrelacement et de modulation.
- **Le niveau 2** est divisée en plusieurs sous couches :
 - ❖ La couche **MAC** (Medium Access Control) remplit la fonction de multiplexage des données sur les canaux de transport radio.
 - ❖ La sous-couche **RLC** (Radio Link Control) permet la fiabilité du transport des données entre deux équipements du réseau.
 - ❖ La sous-couche **PDCP** (Packet Data Convergence Protocol) permet de compresser les données via des algorithmes de compression. Cela permet d'exploiter plus efficacement les ressources radio.
 - ❖ La sous-couche **BMC** (Broadcast/Multicast Control) est en charge d'assurer les fonctions de diffusion de messages sur l'interface radio.

- **Le niveau 3** de l'interface radio contient la couche **RRC** (Radio Resource Control). La fonction principale de cette couche est la gestion de la connexion de signalisation établie entre l'UTRAN et le mobile (par exemple : l'établissement et la libération d'une communication).

I. Les méthodes de Multiplexage :

Le principal problème de transmission de la téléphonie mobile est le partage des ressources radio. En effet, tous les utilisateurs utilisent le même environnement, les fréquences disponibles sont restreintes et l'environnement peut devenir très bruyé, d'où la nécessité d'adopter des méthodes d'accès permettant de fournir l'accès à la ressource pour plusieurs utilisateurs.

- **Multiplexage [16,21] :**

Le multiplexage consiste à diviser les ressources de fréquence limitées dans une cellule entre les différents abonnés et les stations mobiles.

On a trois techniques de multiplexage :

- FDMA : accès multiple par répartition en fréquence.
- TDMA : accès multiple par répartition dans le temps.
- CDMA : accès multiple par étalement spectral.

a. FDMA (Frequency Division Multiple Access)

C'est la plus ancienne des techniques utilisées, elle était déjà utilisée lorsque les téléphones étaient encore analogiques.

Cette technique consiste à diviser la gamme de fréquences disponibles en canaux d'une largeur spécifique appelé bande de fréquence, ainsi à chaque abonné, dans une cellule, on alloue une bande de fréquence pour chaque communication.

On peut voir sur la figure 17 le découpage en fréquence. En supposant que chaque couleur présente une bande de fréquence, donc un abonné, l'utilisateur A par exemple, va occuper toute la bande de fréquence verte durant sa communication.

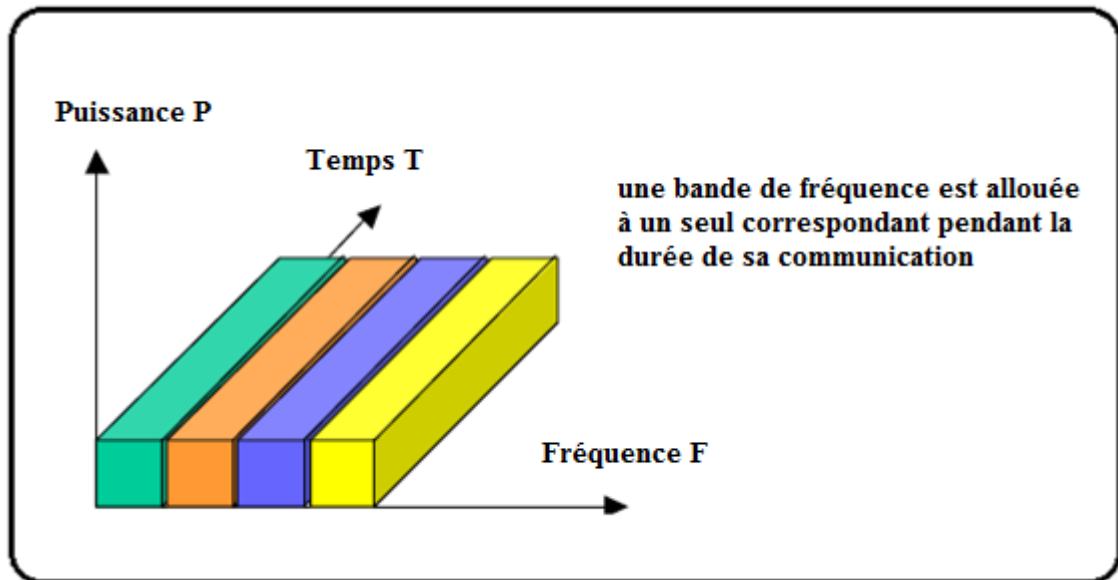


Figure 17 : FDMA (Frequency Division Multiple Access) [21]

En FDMA, au cours d'une communication un utilisateur va utiliser une seule et même bande de fréquence ce qui permet de réduire au maximum les bruits indésirable.

b. TDMA : (Time Division Multiple Access)

En TDMA chaque correspondant ou message occupe la totalité de la bande mais pendant un temps très court. Les échantillons issus d'un message sont mélangés avec ceux des autres, un tri se fait à la réception. Ainsi une fréquence peut être utilisée par plusieurs abonnés simultanément.

La bande de fréquence utilisée en TDMA est divisée en trame de longueur finie, après, chacune de ces trames est divisée en n time slots (TS), chacun de ces time slots de la trame peut être assigné à un abonné différent.

Donc une bande peut contenir n abonnés et pour un abonné sa transmission comporte différents time slots qui lui sont cycliquement assigné (figure 18).

Dans la norme GSM, par exemple, chaque canal physique supporte huit Time slots attribués à huit communications simultanées.

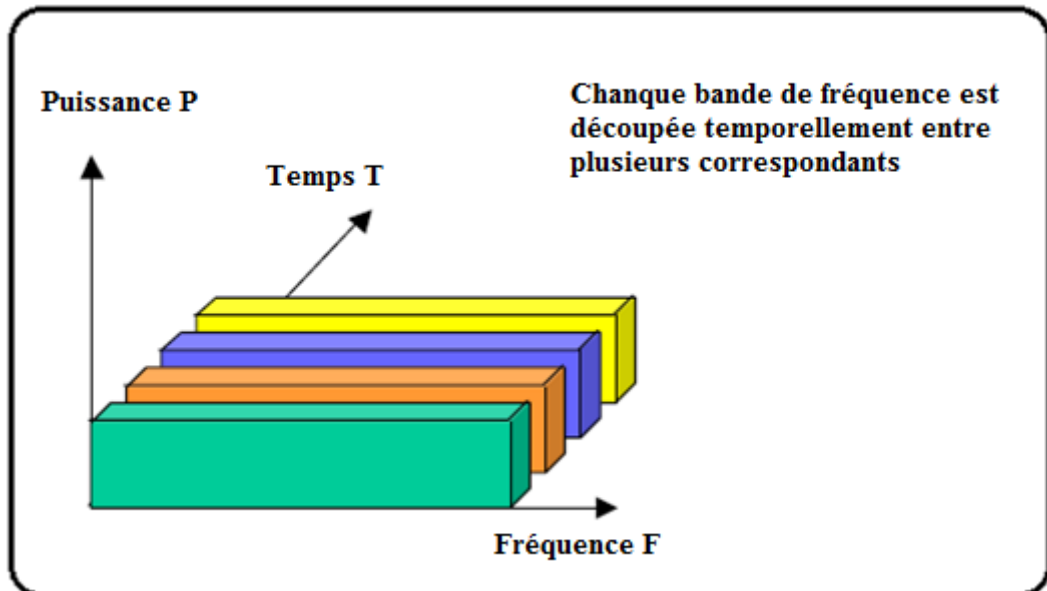


Figure 18 : TDMA (Time Division Multiple Access) [21]

En TDMA, l'abonné utilise plusieurs bandes de fréquence selon un découpage temporelle défini par les timeslots. Ce qui empêche la production d'interférences entre différents abonnés.

c. CDMA (Code Division Multiple Access):

Le CDMA permet à tous les utilisateurs d'accéder simultanément à la totalité de la bande de fréquence, de façon à ce que chaque utilisateur possède un code distinct qui lui permet d'être identifié à la réception, comme on peut voir sur la figure 19.

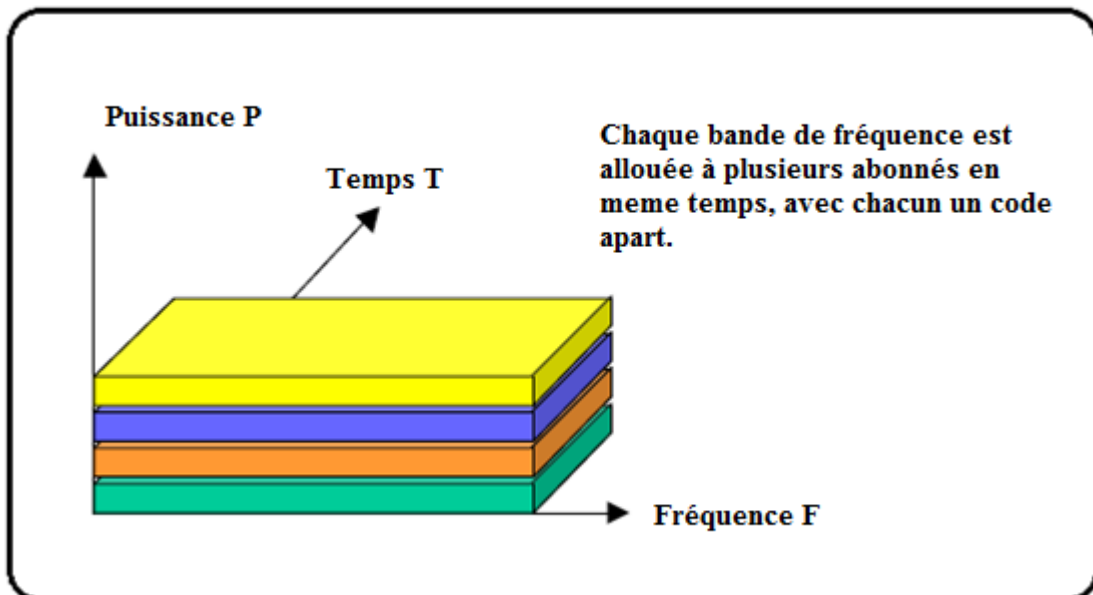


Figure 19 : CDMA (Code Division Multiple Access) [21]

Les systèmes de communication ont des architectures qui visent à maximiser la qualité d'utilisation. Ainsi le CDMA fournit un rapport de signal à bruit permettant d'assurer un bon déroulement des communications. C'est pour cela que l'étalement est effectué après la modulation et avant l'entrelacement.

Lors de ce rapport on se focalisera sur la couche physique de l'interface radio de l'UMTS en mode FDD.

II. Etalement de Spectre et codage [9, 13, 16] :

1. Principe d'Etalement de Spectre :

Le principe d'étalement de spectre consiste à répartir l'énergie d'un signal de façon à émettre sur une bande de fréquence plus large que celle réellement nécessaire à la transmission du signal utile.

Le principe d'étalement de spectre utilisé en UMTS s'appelle le DSSS (Direct Sequence Spreading Spectrum).

Le DSSS consiste à multiplier avec un OU EXCLUSIF le signal d'information par une séquence de code pseudo aléatoire propre à un abonné.

La séquence de code est constituée de N éléments appelés "chips", elle est de longueur L et elle est unique pour chaque utilisateur (Figure III.5).

Le facteur d'étalement SF (spreading factor), ou encore gain de traitement, représente le rapport de la bande après étalement sur la bande avant étalement (Figure 20). L'UTRAN utilise un débit chips constant de 3,84 Mchips /s qui est défini par la norme 3GPP.

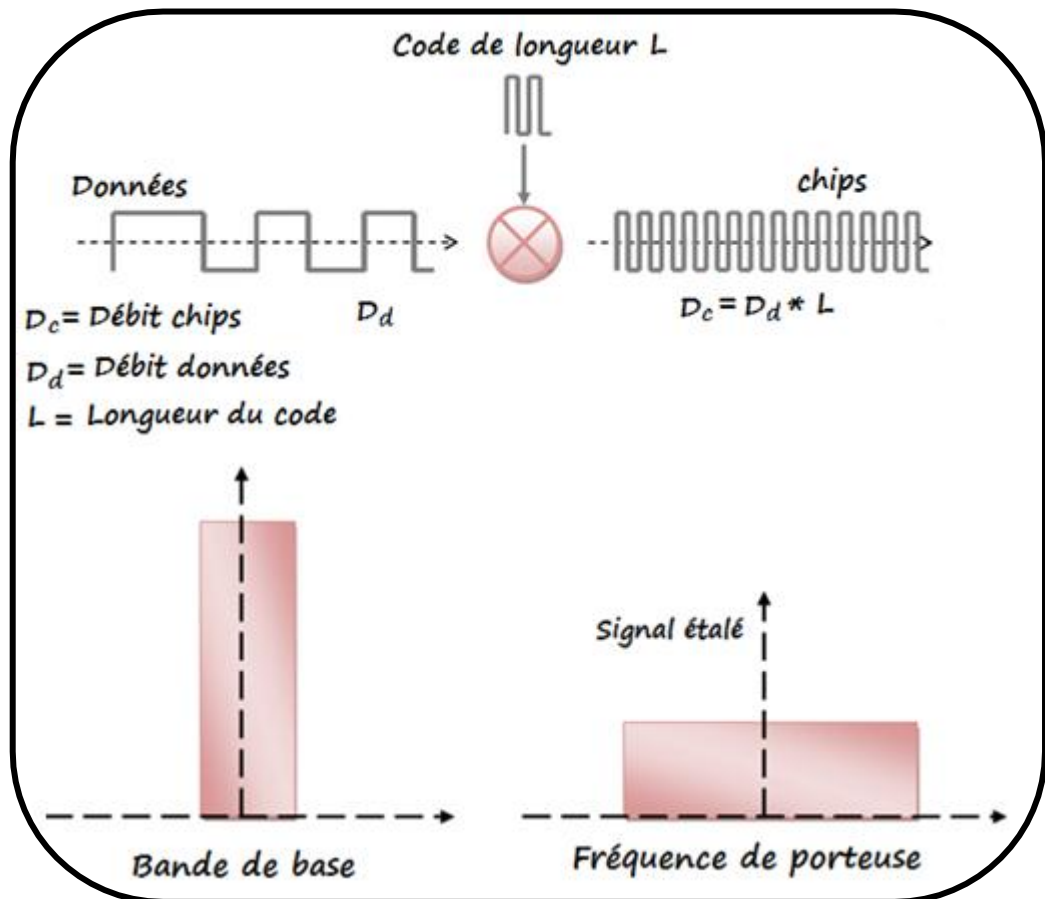


Figure 20 : Principe d'étalement du spectre [13]

Afin d'expliquer la relation entre le débit initial et le débit final, on considère que chaque séquence de code a une durée T , ainsi on a un chip chaque T/N , donc le nouveau signal modulé aura un débit N fois plus grand que le Signal initial, ceci implique l'utilisation d'une bande de fréquence N fois plus étendue.

On prend un exemple (Figure 21) d'étalement par séquence directe, où on a une séquence d'étalement quatre fois plus rapide que les données. [21]

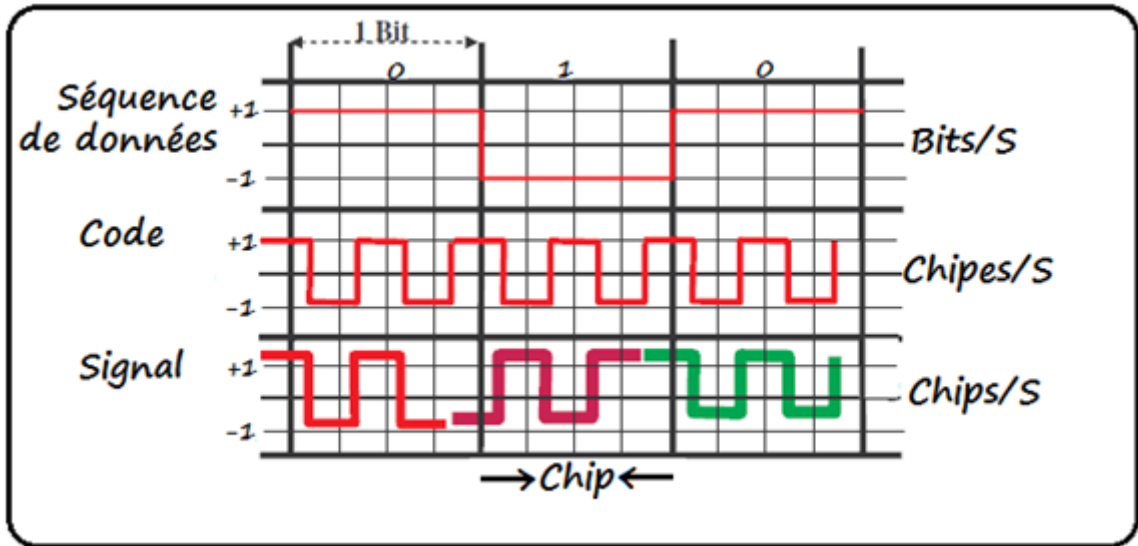


Figure 21 : Etallement par séquence directe [21]

Afin de pouvoir lire le message, il suffit de le désétalement, c'est le rôle du récepteur, qui génère la même séquence d'étalement, une fois qu'il reçoit le message, le récepteur le multiplie à la séquence d'étalement. Ainsi les données des autres utilisateurs restent étalées.

2. Codage [13, 22, 23] :

Pour que l'équipement usager, reste toujours visible par la cellule, qu'il y soit synchrone et pour éviter toutes interférences entre les codes (CDMA), on utilise des codes (Figure 22):

- Des orthogonaux appelés « codes de canalisation (Channelization code) ».
- « Code d'embrouillage (Scrambling code) ».

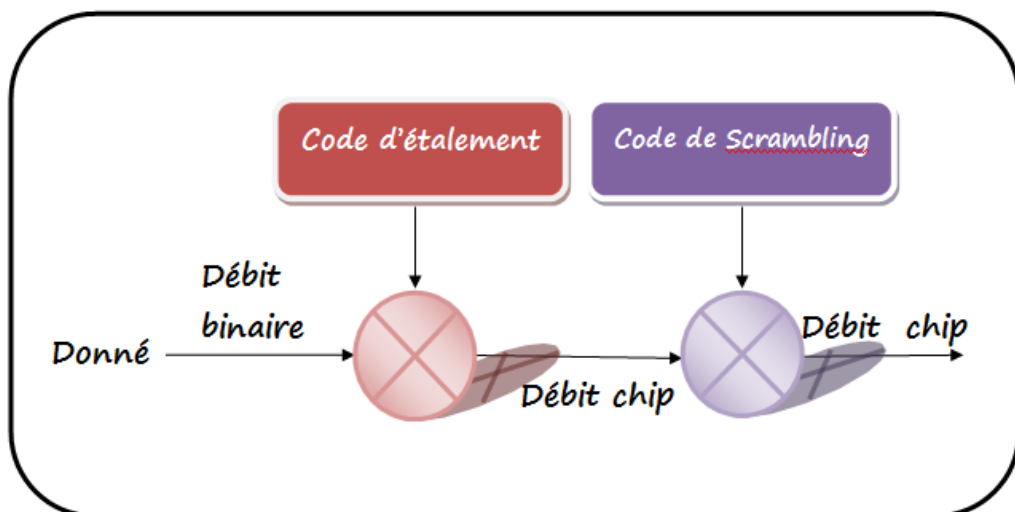


Figure 22 : Codes d'étalement et d'embrouillage

a. Codes de canalisation :

Les codes de canalisation sont des codes OVSF (*Orthogonal Variable Spreading Factor*) orthogonaux.

Il existe plusieurs manières qui permettent de générer des codes orthogonaux, parmi elles la matrice de Hamdamard. Ces matrices sont toujours carrées et peuvent être générées comme suit :

$$H_1 = [1]$$

$$H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$H_{2n} = \begin{bmatrix} H_n & H_n \\ H_n & -H_n \end{bmatrix}$$

Ces codes sont définis par un arbre OVSF (Figure 23) où chaque nœud possède deux fils. Les codes des deux fils sont issus du code de leur père commun, c'est-à-dire que leur code est composé par le code du père et de son complémentaire. L'arbre des codes OVSF ainsi créé peut être représenté sous la forme de la matrice de Hadamard.

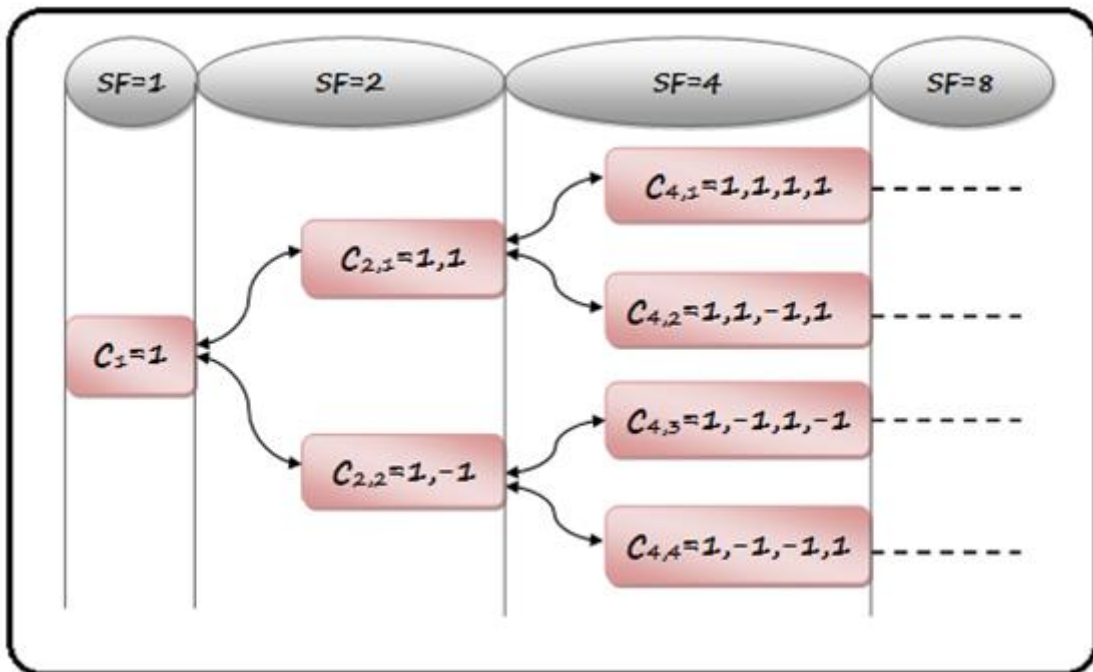


Figure 23 : Arbre des codes OVSF

Sauf que dans cet arbre, il n'est pas possible d'utiliser tous les codes en même temps vu les points de similitude, due au fait que le code de chaque nœud dérive du code du père.

Par exemple (Figure 24) si on prend le code $C_{4,1}=[1,1,1,1]$ on peut plus utiliser les autres codes de la même branche : $C_1, C_{2,1}, C_{\dots}$

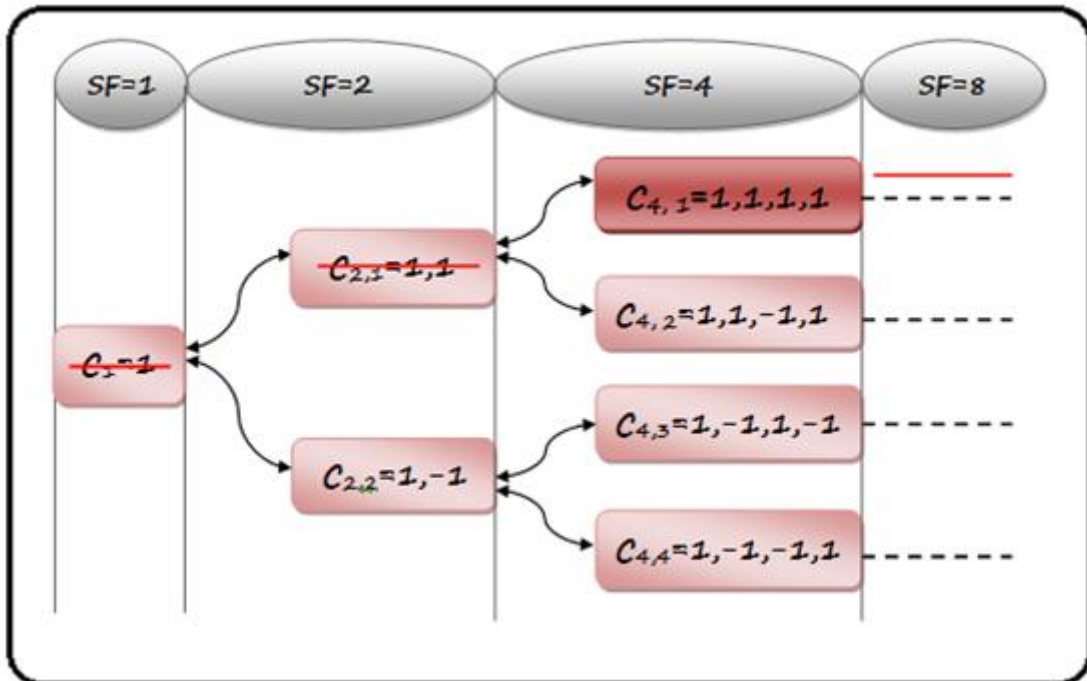


Figure 24 : Exemple d'utilisation d'un code de l'arbre OVSF

Cette règle impose une contrainte forte sur les disponibilités des canaux donc le nombre d'utilisateurs simultanés sur le réseau est limité.

L'arbre de walsh-hadamard permet d'identifier la relation entre le facteur d'étalement et le nombre de codes disponibles pour un étalement spécifique. Ces codes d'étalement sont de longueur variable, ils offrent un SF entre 4 et 256. On peut trouver le nombre de bits dans les trames des canaux dédiés pour le transfert des données, par l'intermédiaire de la relation suivante :

$$SF = \frac{N_{chip}}{N_{bit}} = \frac{\text{Débit chip (Code)}}{\text{Débit bit (Signal)}}$$

$$SF = \frac{256}{2^k} \quad \text{avec} \quad 0 \leq k \leq 6$$

Donc le facteur d'étalement SF peut prendre 6 valeurs uniquement, comme suit (tableau 5) :

k	0	1	2	3	4	5	6
SF	256	128	64	32	16	8	4

Tableau 5 : Les Valeurs du facteur d'étalement

Ainsi pour avoir un grand débit il faut que le SF soit petit et vice versa.

b. Code d'embrouillage (Code de Scrambling) :

Après le code d'étalement, l'information est codée par le code d'embrouillage comme le montre la figure 25.

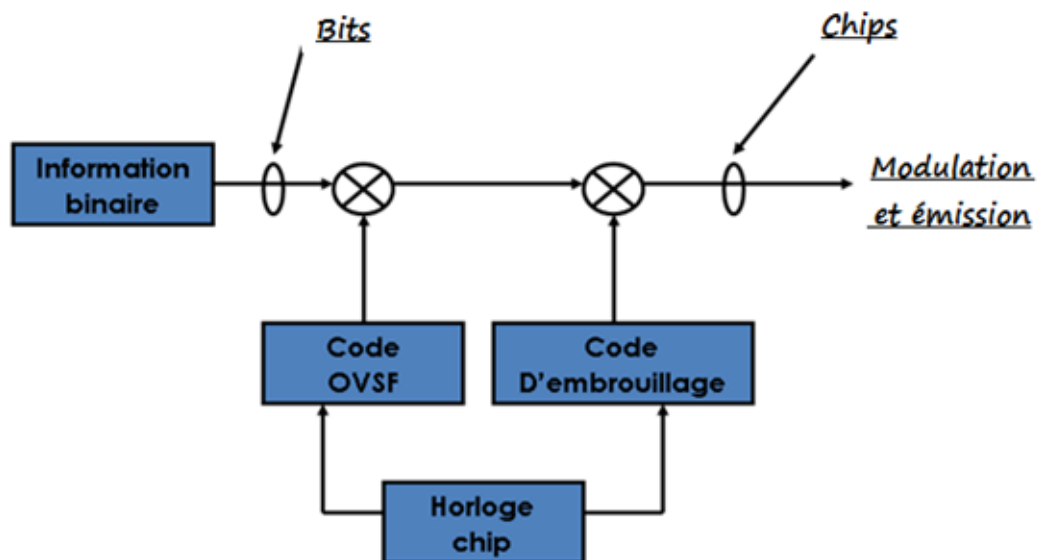


Figure 25 : Code utilisé en UMTS

Les codes d'embrouillage sont des codes qui permettent au mobile d'être détecté et de se synchroniser sur la cellule la mieux reçue pour y lire les informations système. Le code de Scrambling est utilisé pour identifier le mobile en UL « Uplink » et la cellule en DL « Downlink ».

Le signal étalé par les codes de canalisation, est multiplié par un autre code de scrambling. On distingue deux types de codes d'embrouillage les codes d'embrouillage longs, ils ont une taille de 38400 chips, soit la taille d'une trame radio, ils sont au nombre de 2^{24} et les codes d'embrouillage courts qui ont une taille de 256 chips, ils sont au nombre de 2^{24} . Il y a 2^{24} codes longs et 2^{24} codes courts d'embrouillage.

Il existe un arbre de codes d'étalement pour chaque code de scrambling, ce qui permet aux émetteurs d'utiliser leurs arbres de codes indépendamment.

Le tableau suivant réunit les fonctionnalités essentielles des codes de canalisation et d'embrouillage (tableau 6) :

Fonctionnalités	Canalisation Codes/ OVSF	Scrambling Codes
Utilisation	Uplink : Séparation des canaux provenant d'un même terminal.	Uplink : Séparation des terminaux.
	Downlink : Séparation des connexions des différents utilisateurs d'une même cellule.	Downlink : Séparation des cellules.
Longueur	Uplink: 4 a 256 chips.	Uplink: 10ms= 38400 chips.
	Downlink: 512 chips.	Downlink: 10ms=38400 chips.
Nombres de codes	Nombre de codes égale au facteur d'étalement SF.	Uplink : plusieurs millions.
		Downlink : 512
Familles de Codes	OVSF	10ms : Gold code

Tableau 6 : Fonctionnalités des codes de Canalisations et d'embrouillage

III. Méthodes de duplexage en WCDMA [16, 22] :

Les différents modes de multiplexage permettent de partager les ressources de fréquences d'une cellule entre plusieurs utilisateurs. Ceci dit une communication n'est jamais unidirectionnelle donc elle faut utiliser le duplexage suivant les deux modes de transmission :

- UL (uplink) de la station mobile à la station de base et la transmission.
- DL (downlink) de la station de base au mobile.

Mode de duplexage :

1. FDD (Frequency Division Duplex) :

La FDD permet une division duplex par fréquence, le UL et DL utilisent chacun une bande de fréquence différente. L'espace entre les deux bandes de fréquence pour l'UL et la DL est appelé distance duplex (Figure 26). Elle est constante

pour toutes les stations mobiles dans une même norme. D'une façon générale la bande de fréquence de DL est placée à une fréquence plus élevée que la bande d'UL. De cette manière on limite la consommation des équipements mobiles. (Plus la fréquence est élevée, plus la consommation est forte).

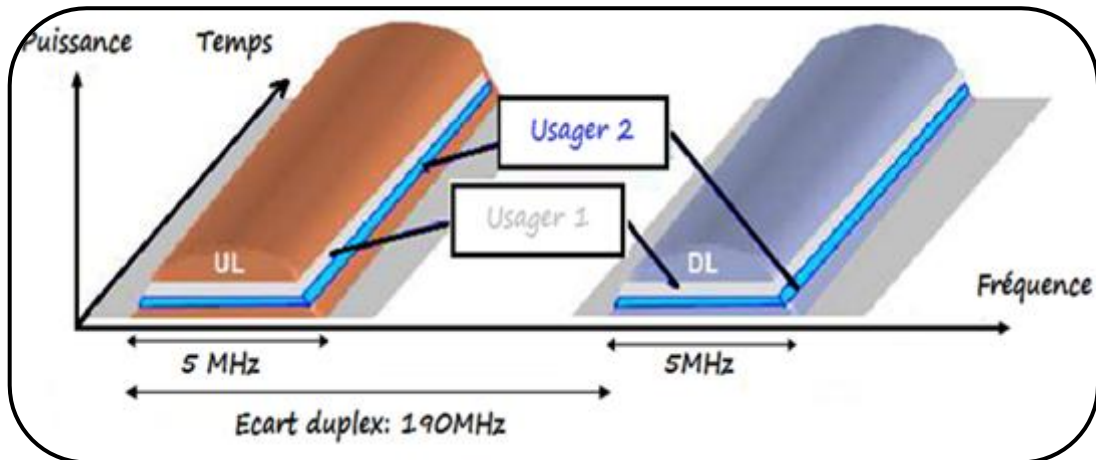


Figure 26 : Mode d'accès FDD (Frequency Division Duplex) [16]

2. TDD (Time Division Duplex) :

Dans le cas de la TDD où la division duplex est par temps, l'UL et DL partagent la même bande de fréquence (Figure 27), ceci est possible si la bande de fréquence est partagée en timeslots (TS). Un certain nombre de ces n timeslots est dédié à la transmission d'UL et le restant à la transmission de DL.

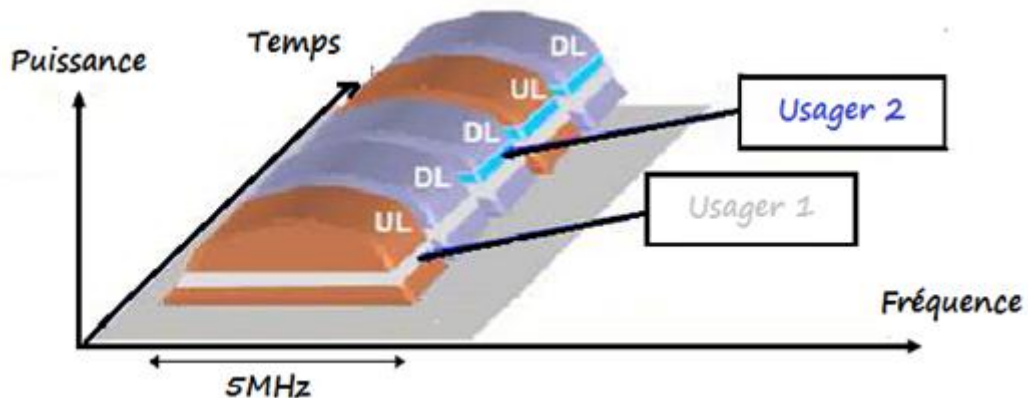


Figure 27 : Mode d'accès TDD (Time Division Duplex) [16]

Le tableau (7) dressé ci-dessous permet de comparer les deux Méthodes de duplexage FDD et TDD:

	FDD	TDD
Largeur de bande	5MHz	5MHz
Longueur de trame		15 Slots par trame
Structure Time Slot	384 Kbps	144 Kbps

Débit max. pour un code	1 code/ 10ms	1 code/ 0.667ms
	FDD	TDD
Codes par trame	1 code/ 10ms	1 code/ 0.667 ms
Déploiement et couverture	Plus particulièrement adapté aux grandes cellules	Limité aux petites cellules
Services	Voix et données à bas et moyen débit	Données en mode paquet
Handover	Soft handover	Hard handover

Tableau 7 : Modes d'accès FDD et TDD

IV. Contrôle de puissance [13, 19, 23] :

Dans un système UMTS, tous les utilisateurs se voient partager la même bande de fréquence. La proportion par utilisateur dépend du débit de l'application de celui-ci, un mobile ainsi émettant à une puissance élevée (à haut débit), peut altérer les signaux des utilisateurs de petites puissances (bas débits) au moment du désétalement, surtout ceux qui se trouvent au bord de la zone de couverture de la cellule.

De ce fait un contrôle de puissance est nécessaire pour garantir un bon fonctionnement du système. En WCDMA il existe trois types de contrôle de puissance (Figure 28).

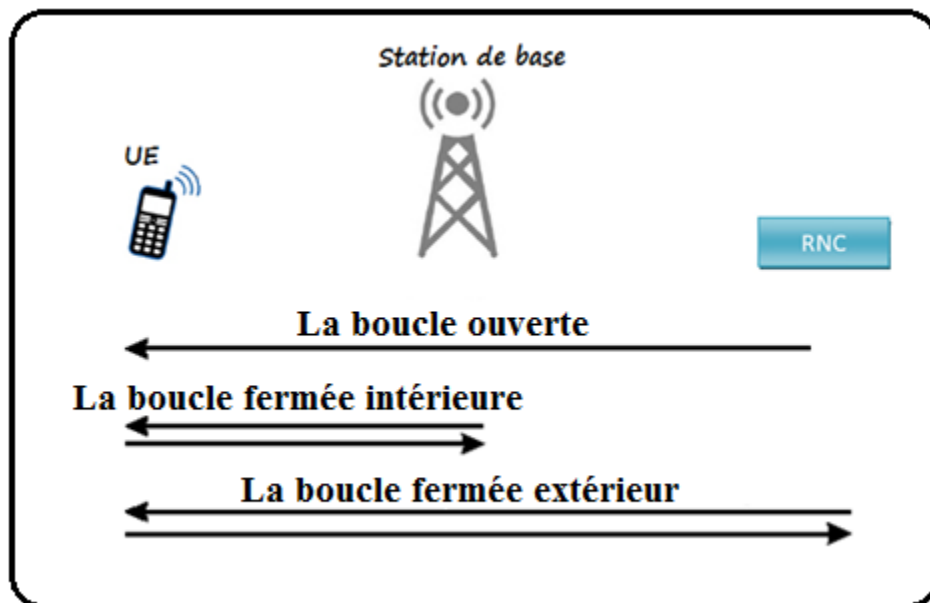


Figure 28 : Les différents types du contrôle de puissance [13]

1. La boucle ouverte (Open Loop Power Control) :

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

Pertes de propagation = puissance émise sur la balise - puissance reçue par le mobile sur la balise.

Le contrôle de puissance en boucle ouverte permet de compenser les affaiblissements de parcours dû à des distances importantes entre l'émetteur et le récepteur (évanouissements à long terme) et, en particulier, les évanouissements dû au phénomène de l'effet de masque.

2. La boucle fermée intérieure (Inner Loop Power Control) :

Le but de ce type de contrôle de puissance est d'asservir le rapport signal sur bruit SIR (Signal to Interference Ratio) reçu à une valeur seuil fixée (SIR cible).

Les stations de base disposent d'une consigne rapport signal sur interférences (SIR), qui dépend notamment de la nature de la communication en cours. La station de base réalise des estimations fréquentes du rapport signal sur interférences (SIR) et les compare à une valeur cible. Si la valeur estimée est supérieure à la valeur cible, la station de base demande au terminal mobile de diminuer sa puissance d'émission. Ceci dit si à l'inverse, la puissance est inférieure, il faut que toutes les stations de base en liaison avec le mobile lui demandent d'augmenter pour que le terminal augmente la puissance d'émission.

Cette opération est réalisée 1500 fois par seconde (1500 Hz) pour UMT, afin de détecter n'importe quelle variation et d'assurer que les puissances émises restent ajustées.

3. La boucle fermée extérieur (Outer Loop Power Control):

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

Pour le sens downlink, les bits de commande de puissance présents sur les canaux de contrôle permettent d'indiquer à la station de base qu'il faut augmenter ou diminuer la puissance d'émission par pas.

V. La Structure des canaux en UMTS :

Le concept de canal se décline sur l'interface radio UMTS en trois types différents : les canaux logiques, les canaux de transport et les canaux physiques. Étudier un sous-système radio revient à étudier les fonctionnalités de la couche physique ainsi que les interactions que celle-ci peut avoir avec les couches supérieures. (Figure 29):

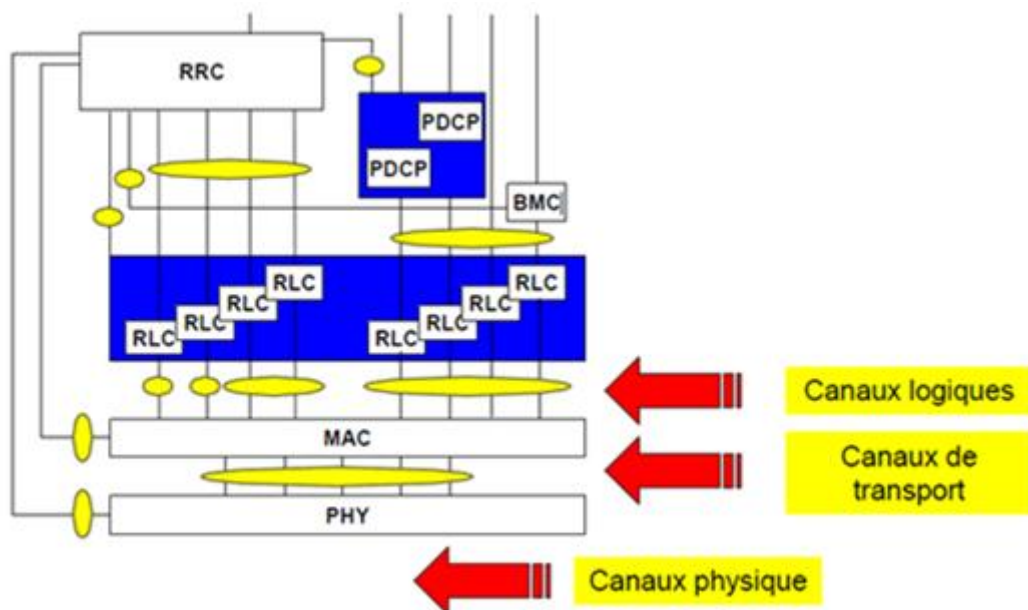


Figure 29 : Structure des canaux en UMTS [16]

1. Les canaux logiques [16, 21, 23] :

Canaux logiques (BCCH, PCCH, DCCH, CCCH, DTCH, CTCH) : ils font référence aux différentes données véhiculées par les protocoles radio de l'UTRAN, surtout celles concernant la couche MAC ;

- **Les canaux logiques de contrôle :**

- **BCCH (Broadcast Control Channel):** utilisé pour la diffusion d'informations de contrôle (system information). Fourni au mobile en veille des informations lui permettant d'accéder au réseau.
- **PCCH (Paging Control Channel):** employé pour l'envoi des messages de paging aux mobiles du réseau.

- **CCCH (Common Control Channel):** utilisé pour envoyer ou recevoir des informations de contrôle de mobiles n'étant pas connectés au réseau.
- **DCCH (Dedicated Control Channel):** sert à envoyer ou à recevoir des informations de contrôle d'un mobile connecté au réseau.

- **Les canaux logiques de trafic :**

- **DTCH (Dedicated Traffic Channel):** sert à échanger des données usager avec un mobile connecté au réseau.
- **CTCH (Common Traffic Channel):** est un canal unidirectionnel utilisé par le réseau pour envoyer des données usager à un ensemble de mobiles (notamment service area broadcast).

2. Les Canaux de Transport [16, 21, 23]:

Canaux transports (BCH, PCH, FACH, RACH, CPCH, DCH) : Un canal de transport est un service offert par la couche physique à la couche MAC pour le transfert d'informations. La notion d'un canal de transport est liée surtout à la façon avec laquelle les données sont regroupées et transportées dans les canaux physiques (Figure 30) ; Ces canaux peuvent être classés en trois catégories :

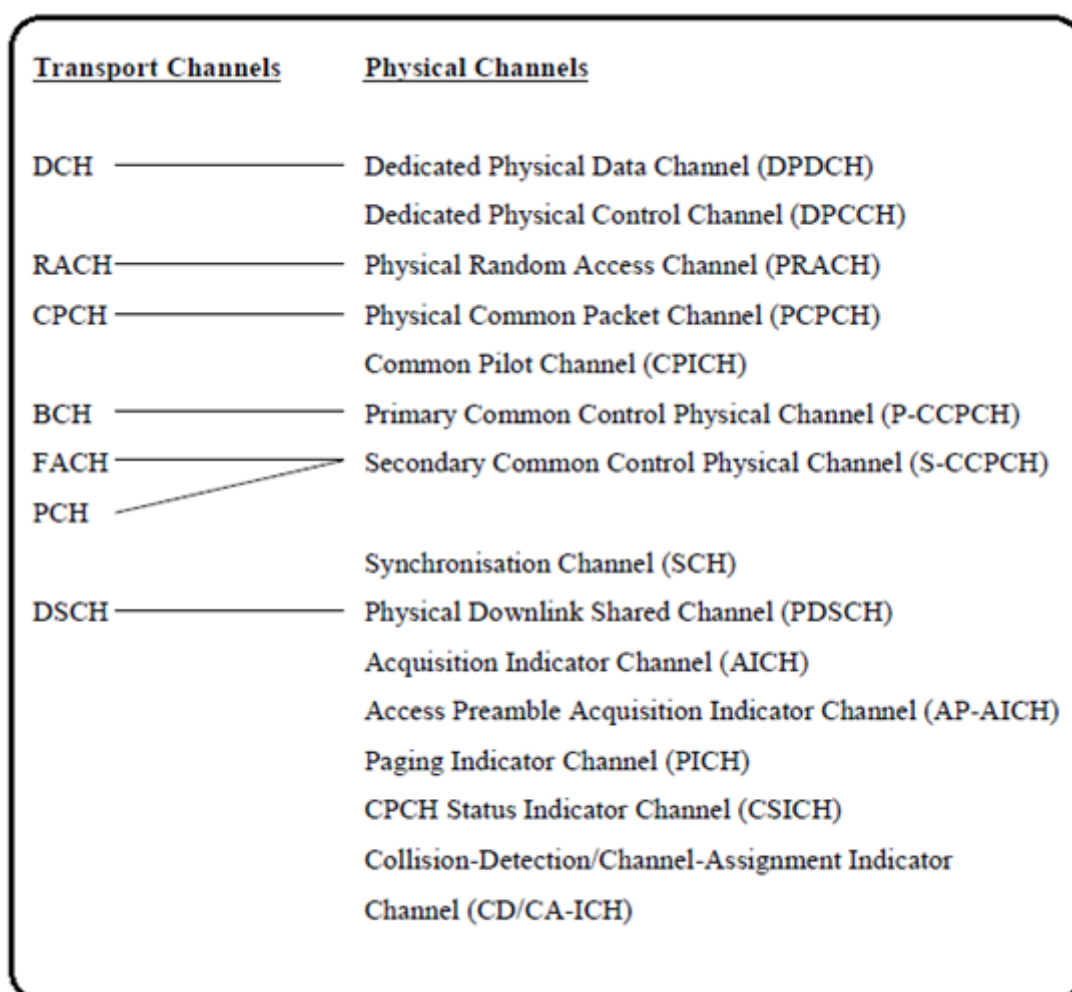


Figure 30 : Relation entre les canaux de transport et les canaux physiques

- **Les Canaux de Transport Dédiés**

- Ce sont des canaux dédiés à un seul UE. Le **DCH (Dedicated Channel)** est le seul type de canal spécifié dans la R99, il est utilisé dans le sens montant ou descendant.

- **Les Canaux de Transport communs**

- **BCH (Broadcast Channel):** un canal de transport unidirectionnel en sens Downlink (réseau vers mobile) et à débit fixe. Diffuse les informations de la cellule destinées à tous les usagers présents dans la cellule.
- **PCH (Paging Channel):** un canal de transport unidirectionnel Downlink (réseau vers mobile). Il permet la diffusion de contrôle à un mobile dont le réseau ne connaît pas la localisation.
- **RACH (Random Access Channel):** un canal de transport unidirectionnel Uplink (mobile vers réseau).
- **FACH (Forward Access Channel):** un canal de transport unidirectionnel Downlink (réseau vers mobile). Il permet le transport d'informations de contrôle à un mobile dont le réseau connaît la localisation à la cellule près. Peut éventuellement transporter des courts paquets utilisateurs.
- **DSCH (Downlink Shared Channel):** unidirectionnel Downlink (réseau vers mobile). Permet le transport de contrôle ou de données et peut être partagé par plusieurs usagers.

- **Les canaux partagés :**

- il existe un seul type de canal partagé spécifié dans la R99 le **DSCH (Downlink Shared Channel)**. C'est un canal utilisé uniquement sur la voie descendante en association avec un ou plusieurs canaux dédiés. Il est partagé par différents utilisateurs.

3. Les Canaux Physique [16, 21, 23] :

Canaux physiques (P/S-CCPCH, PRACH, PDSCH, DPDCH, etc.) : Un canal de transport, caractérisant la manière dont les informations sont transmises

sur l'interface radio, est dissocié du canal physique réellement utilisé. Ainsi, un canal physique peut supporter plusieurs canaux de transport ou un canal de transport peut être supporté par deux canaux physiques distincts.

- **P-CCPCH**: Primary Common Control Physical Cannel
- **S-CCPCH** (Secondary Common Control Physical Channel): Pour le transport
- **PRACH**: Physical Random Access Channel
- **PDSCH**: Physical Dowlink Shared Channel
- **DPDCH** (Dedicated Physical Data Channel) : il achemine les informations du canal de transport DCH. (Voie descendante)
- **DPCCH** (Dedicated Physical Control Channel) : il véhicule les informations de contrôle ou de signalisation générée par la couche physique.

Remarque :

Dans une même liaison radio, il peut y avoir zéro, un ou plusieurs DPDCH et toujours un seul et unique DPCCH.

- **DPCH** (Dedicated Physical Channel) : Il achemine l'information du canal de transport DCH généré par les couches supérieures (voie montante). Il transporte également les informations de contrôle engendré par la couche physique elle-même et, de ce fait, il peut être considéré comme le multiplexage temporel d'un canal physique de données dédié (**DPDCH**) et d'un canal physique de contrôle dédié (**DPCCH**).
- **SCH** (Synchronization CHannel) : il permet aux stations mobiles de se synchroniser avec le réseau et de récupérer le code d'embrouillage spécifique à la cellule courante.
- **CPICH** (Common Pilot CHannel) : il est composé d'une séquence prédéfinie de bits dits « pilotes » qui sont transmis en permanence sur la cellule. Le CPICH peut être considéré comme un canal « balise » dont les terminaux mobiles se servent, entre autres, pour estimer la qualité du canal de propagation.

On peut voir d'après la figure ci-dessous (31) la relation entre les différents canaux et le modèle OSI:

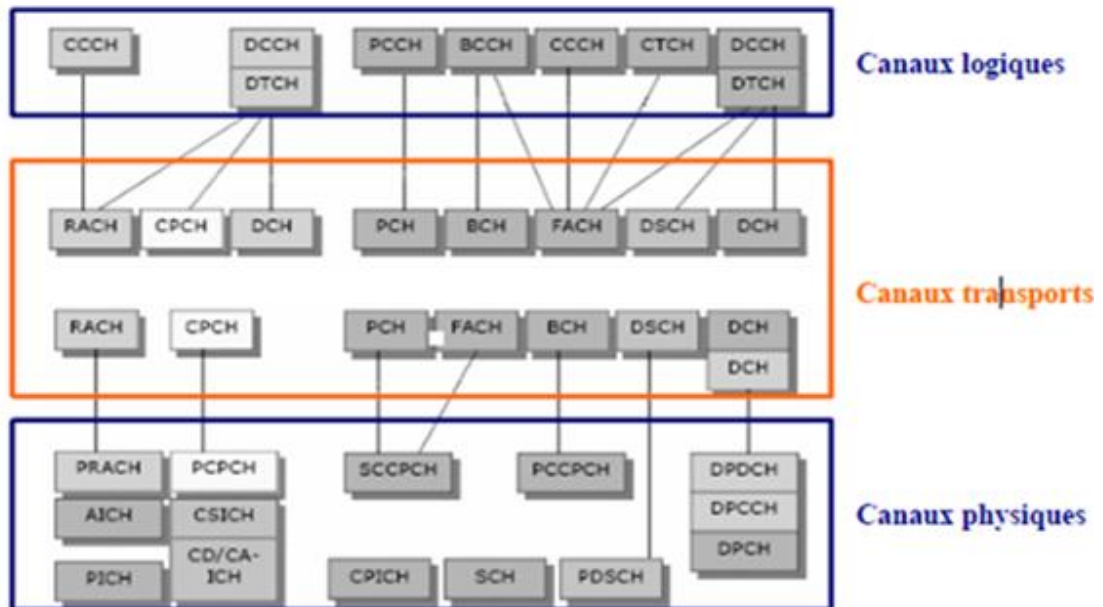


Figure 31 : Canaux logiques et de transport et leurs relations avec le modèle OSI

Remarque :

Pour accéder à un canal (Figure 32), le mobile effectue une transmission consistant à l'émission de 1 ou plusieurs préambules de longueur 4096 chips suivis d'un message de 10ms :

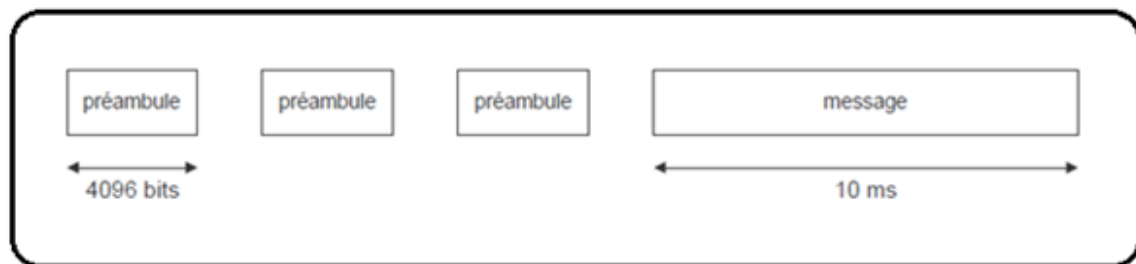


Figure 32 : L'accès à un canal

VI. Synchronisation des slot et trame [21] :

Structure des canaux physiques (Figure 33) :

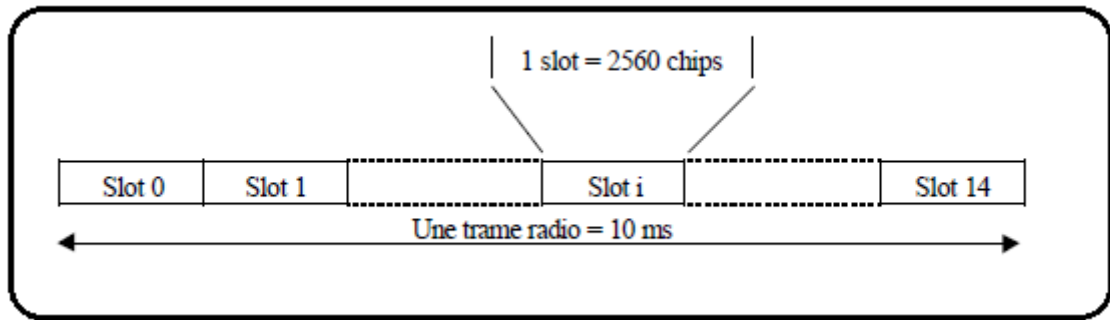


Figure 33 : Structure d'un canal physique

La trame radio de l'UTRAN ne présente pas une répartition des ressources entre utilisateur, mais plutôt une structuration des données émises par un même usager, en plus d'un ajout de bits de contrôle.

Il existe trois canaux physiques mis en jeu lors de la recherche de la cellule :

- P-SCH (primary synchronisation channel): le premier canal de synchronisation.
- S-SCH (secondary synchronisation channel): Second canal de Synchronisation.
- CPICH (common pilot channel): Canal pilot.

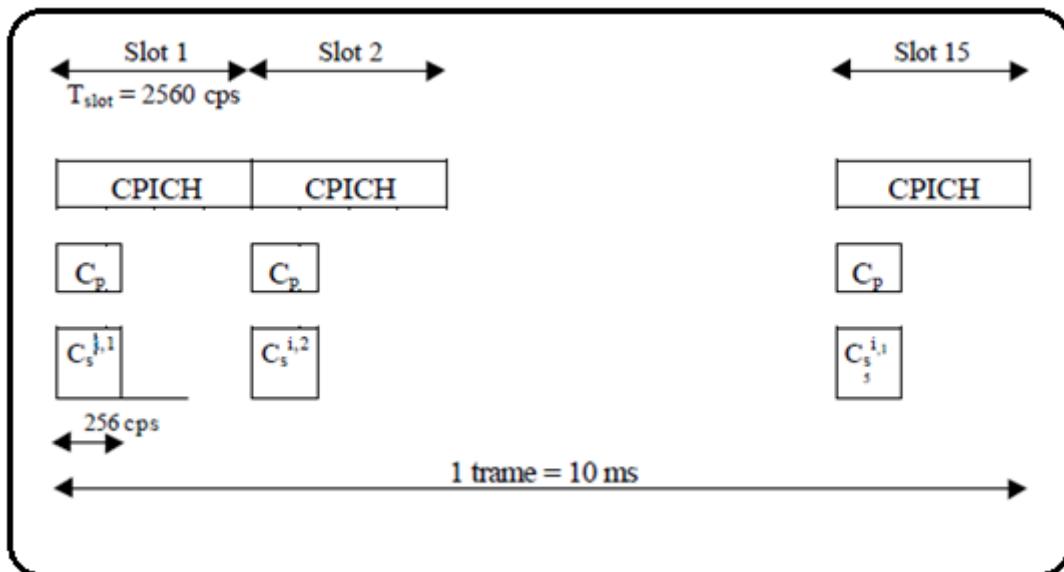


Figure 34 : Synchronisation slot et trame

La Synchronisation se déroule en trois phases (Figure 34):

- Synchronisation slot_ décodage du P-SCH

Le P-SCH correspond a un code C_p de synchronisation primaire = suite de 256 chips.

- ✓ Répétée à chaque occurrence de slot
- ✓ Transmise identiquement dans toutes les cellules de tous les réseaux UTRA.
- ✓ Balayage par le mobile de toute la bande FDD.
- ✓ Corrélation entre le signal reçu et le code CP permettant une synchronisation slot avec la station de base la plus proche.

- Synchronisation frame – décodage du S-SCH

S-SCH C correspond à un code C_S^i code de synchronisation secondaire = suite de 15 séquences de 256 chips.

Avec $0 \leq i \leq 63$

- ✓ Emis en synchronisme avec le P-SCH.
- ✓ Identifie la cellule de manière unique dans une zone géographique donnée.
- ✓ Permet la synchronisation frame du mobile.
- ✓ Le S-SCH ne supporte pas de canal de transport.

- Recherche du code primaire de brouillage correspondant au décodage CPICH :

CPICH est une suite de 10 symboles pilotes prédéfinis (SF=256)

- ✓ Emise dans chaque cellule.
- ✓ 512 codes de brouillage primaire impliquant 64 groupes de 8 codes.
- ✓ Limiter la durée de la recherche en faisant correspondre un groupe à une séquence C_S^i .

VII. Gestion des ressources radio [13, 19, 23] :

En UMTS, On distingue plusieurs types de handOver :

- Softer HandOver.
- Soft HandOver.
- Hard Inter Frequency HandOver.
- Hard inter-systèmes HandOver.

1. Softer HandOver :

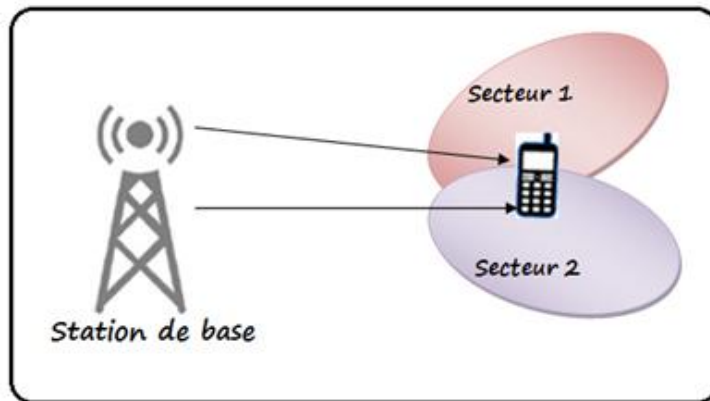


Figure 35 : Softer HandOver [13]

Le Soft HandOver se produit quand lorsqu'un terminal mobile se trouve dans une zone de couverture commune à deux secteurs adjacents d'une même station de base (Figure 35).

Ainsi un DL nécessite l'utilisation de deux codes d'étalement afin que le terminal distingue les deux signaux.

Dans le sens UL, le signal provenant du terminal (le code de canal du mobile) est reçu dans chaque secteur puis redirigé vers le même récepteur et les signaux sont recombinaés. Les signaux sont ainsi combinés au niveau de la station de base.

On compte généralement 5 à 10% des terminaux mobiles d'une cellule qui sont en situation de softer handover.

2. Soft HandOver :

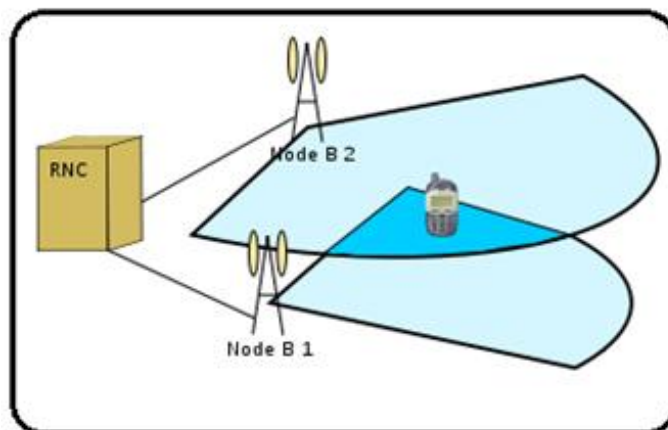


Figure 36 : Soft HandOver

Lorsqu'un appareil mobile se trouve dans une zone de couverture commune à deux stations de base (Figure 36).

Dans le sens DL il n'y a pas vraiment une différence entre le Soft HandOver Et le Softer HanOver. En revanche, dans le sens UL, les signaux reçus par la station de base sont routés et combinés au niveau du RNC, cela permet au RNC de sélectionner la meilleure trame. Et si l'utilisateur quitte cette zone de couverture commune, alors il sera pris en charge par la station la plus proche.

On considère que 20 à 40 % des usagers sont en situation de soft handover.

3. Hard inter-fréquences HandOver:

Il se fait à l'intérieur du système CDMA, il peut être subdivisé en deux types Intra-fréquence HO qui se produit entre des cellules utilisant la même porteuse WCDMA, et Inter-fréquence HO : entre des cellules avec différentes porteuses. Il permet à un appareil mobile de passer d'une fréquence à une autre.

4. Hard inter-systèmes HandOver:

Il permet au terminal mobile de basculer entre des cellules appartenant à deux technologies d'accès radio ou deux modes d'accès radio (Figure 37), comme d'un mode FDD à un mode TDD ou pour passer à un système 2G comme le GSM (pendant la période de coexistence des deux systèmes).

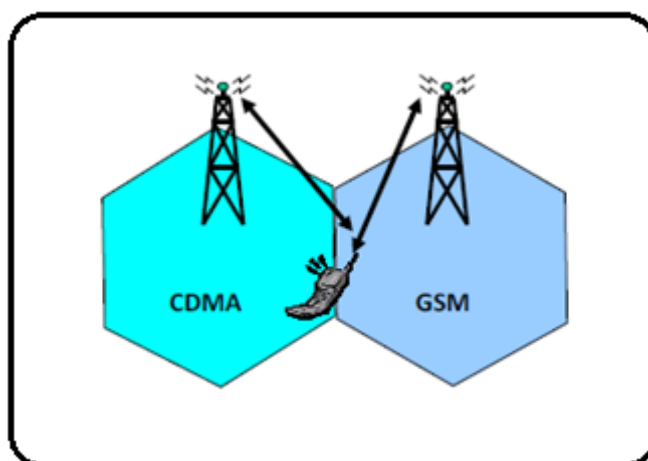


Figure 37 : Hard inter-fréquence HandOver

VIII. Traitement de bout en bout par la couche physique [13]:

Les différentes étapes de la procédure de multiplexage et de codage dans la voie montante sont résumées dans les points suivants (figure38) :



Figure 38 : Traitement de bout en bout par la couche physique

- **Insertion de bits CRC** : le CRC (Cyclic Redundancy Check) est une technique de détection d'erreurs en réception, à laquelle les systèmes de

radiocommunication ont souvent recours, car elle est efficace et simple à mettre en œuvre. Avec la détection d'erreurs, il est possible d'estimer la probabilité d'erreur dans un bloc de bits de transport. Cette situation permet d'évaluer la qualité de la liaison radio et elle peut être utilisée dans des procédures tel que le contrôle de puissance ;

- **Concaténation et segmentation des blocs de transport** : chaque groupe de blocs de transport, correspondant à un même canal de transport dans un intervalle de temps de transmission TTI (Transmission Time Interval), est traité avant d'être envoyé vers le codeur canal, et ce afin que le codeur canal ne détecte en entrée qu'une séquence de bits unique dont la taille ne dépasse pas la valeur maximale notée Z . Si le nombre de blocs de transport dans un TTI est M et si p est le nombre de bits par bloc de transport, la longueur de cette séquence après concaténation est :

$$\text{Longueur de la séquence après ségmentation} = M \times p$$

$$\text{Avec} \begin{cases} M \rightarrow \text{nombre de blocs de transport} \\ p \rightarrow \text{nombre de bits par blocs de transport} \end{cases}$$

Dans le cas où la taille de la séquence dépasse Z , on applique alors une procédure de segmentation dont l'objet est de diviser la séquence en sous-séquences ayant la même taille. La valeur Z est imposée par le type de codage que l'on met en place. Cette opération permet de réduire la complexité du codeur ainsi que celle du décodeur lorsque la séquence à coder est trop longue ;

- **Codage** : une fois que les blocs de transport ont subi les phases de concaténation et de segmentation, les séquences de bits qui en résultent sont livrées au codeur. Le codage fait partie des techniques appelées FEC (Forward Error Correction). L'idée est de coder les bits en émission en ajoutant des bits, de telle sorte qu'en réception, l'on puisse détecter et corriger d'éventuelles erreurs survenues pendant la transmission. Le codage se décompose donc en deux phases : l'encodage, qui est appliqué en émission et le décodage en réception. Il existe deux types de codage en UTRA/FDD :

- Le codage « **convolutionnel** » qui est approprié pour des services de transmission de voix où le taux d'erreur BLER (Block Error Rate) que l'on tolère est de l'ordre de 10^{-3} . En

revanche, pour des services de transmission de données, le taux d'erreur est généralement plus faible (moins de 10^{-5}). C'est pourquoi l'on fait appel à des techniques plus sophistiquées, tel que le turbo code ;

- Le codage « **Turbo** » : est une concaténation de deux encodeurs convolutionnels qui opèrent en parallèle, séparés par un enrelaceur interne.

Une fois l'opération de codage terminée, d'autres étapes sont nécessaires avant d'entamer le multiplexage et que nous résumons comme suit :

- ✚ **Ajustement de la taille de trames** : cette étape, utilisée sur le lien montant, consiste à découper les séquences de bits codés en segments de la même taille et à mettre ces segments en série. Ce procédé est nécessaire lorsque le nombre de bits dans la séquence de bits en entrée n'est pas un multiple du nombre de trames par TTI. Afin de s'assurer que tous les segments aient la même taille;
- ✚ **Premier entrelacement** : l'entrelacement est une technique qui permet d'obtenir une forme de diversité temporelle et d'éviter ainsi les erreurs. Ce procédé consiste à mélanger une séquence de bits en émission, de façon à étaler les erreurs pendant la transmission et rendre plus aléatoire leurs propriétés statistiques.
- ✚ **Segmentation des trames** : ce traitement vient compléter l'ajustement de la taille des trames et s'applique lorsque le TTI est supérieur à 10 ms. Son rôle est de segmenter la séquence de bits contenue dans un TTI en un nombre entier de trames consécutives ;
- ✚ **Adaptation du débit** : un même canal physique peut convoier des bits d'information issus des différents canaux de transport. Or, le débit d'un canal physique est limité. Il faut donc adapter le débit à la sortie de chaque canal de transport. Pour ce faire, on peut être amené à retrancher des bits dans des flots d'information de chaque canal de transport ou à en rajouter.
- ✚ **Multiplexage des canaux de transport** : chaque canal délivre une séquence binaire codée tous les 10 ms. Ces séquences sont ensuite concaténées les unes après les autres pour ne créer qu'un flot binaire unique en série : le CCTrCH ;
- ✚ **Segmentation des canaux physiques et deuxième entrelacement** : la segmentation ne s'applique que lorsque plusieurs canaux physiques sont utilisés pour le même CCTrCH, autrement dit lors d'une transmission en

multicode. Dans ce cas, le deuxième entrelacement s'applique individuellement sur chaque canal physique. A la sortie, l'information est répartie sur le ou les canaux physiques. A ce stade, on est sûr que les bits d'information provenant de chaque canal de transport pourront être accommodés dans des trames de 10 ms.

Les fonctions de multiplexage et de codage canal sur le lien descendant sont similaires à celles mises en place dans la voie montante. Cependant, il existe des particularités propres au lien descendant. En effet, le nombre de bits présents dans la trame d'un canal physique est dicté par le facteur d'étalement SF. Dans la voie montante, ce paramètre peut changer d'un TTI à un autre. Tandis que, dans la voie descendante, la valeur de SF reste constante tout au long de la communication. Ainsi les fonctions d'adaptation de débit et de segmentation sont différentes.

Chapitre IV :

Test pratique

sur un signal UMTS

Chapitre IV : Test pratique sur un signal UMTS :

Pour visualiser un signal UMTS, on a besoin d'un analyseur de spectre et d'une antenne capable de fonctionner sur la bande 1900- 2200MHz. L'ANRT dispose d'un laboratoire de contrôle (Figure 39) qui assure la conformité des installations aux normes nationales.

Pour effectuer les tests, l'ANRT dispose de tous les équipements nécessaires :

- Des Système d'antennes.
- Banc de test des terminaux GSM.
- Générateurs de fréquence (5KHz -6 Ghz).
- Analyseurs de spectre [20 Hz – 40 GHz].
- Récepteur de mesures.
- Contrôleur de processus.



Figure 39 : Laboratoire de contrôle à l'ANRT

I. Analyseur de spectre [24]:



Figure 40 : Analyseur de spectre

L'analyseur de spectre (Figure 40) est avant tout un récepteur, capable de recevoir des signaux sur une bande très large. Il n'est pas figé sur une fréquence donc il permet de balayer le spectre à une vitesse déterminée.

Les analyseurs de spectre modernes permettent en plus de la réception de signaux, la démodulation du signal, donc de l'écouter. C'est pourquoi cet appareil rentre législativement dans la catégorie des scanners.

Un analyseur de spectre doit satisfaire des exigences sévères et pas faciles à acquérir, ce qui explique en partie le prix élevé de ces appareils qui ne trouvent place que dans les grands labos :

- ✓ Etre en mesure de recevoir des signaux radioélectriques sur un spectre déterminé (ex : 100kHz à 3Ghz)
- ✓ Recevoir les plus petits signaux et les plus forts ce qui demande une grande dynamique (et des atténuateurs d'entrée)
- ✓ Etre en mesure d'analyser un signal avec plusieurs bandes passantes (ex : 100 kHz, 10 kHz, 3 KHz)
- ✓ Mesurer précisément l'amplitude d'un signal, ce qui impose de posséder un appareil calibré
- ✓ Afficher l'amplitude en fonction de la fréquence.

1. Les réglages de base d'un analyseur de spectre [24]:

Un analyseur de spectre (Figure 41) présente plusieurs fonctionnalités :

- Choisir la bande de fréquence à visualiser, soit par la précision des bornes soit par le choix de la fréquence du centre ← par le bouton Frequency channel.
- régler la valeur moyenne de la rampe de balayage ← par le bouton Span X scale.
- Etablir la moyenne d'un signal ← par le bouton Average.
- Créer des marqueurs qui aident à identifier la fréquence ou/et l'amplitude d'un signal ← par le bouton Marker.
- Trouver l'enveloppe d'un signal en utilisant la fonction Max Hold ← par le bouton View/trace.
- Faire varier l'atténuation et l'amplitude ← par le bouton Amplitude Y Scale.
- Les réglages secondaires concernent le choix de la bande passante de résolution (RBW), le réglage de l'atténuateur d'entrée, et la bande passante vidéo (VBW).



Figure 41 : Les paramètres de réglage d'un analyseur de spectre

L'analyseur de spectre qu'on utilisera lors de l'application permet de visualiser la bande 9KHz à 3GHz.

II. Application :

L'analyseur peut détecter la bande de fréquence de 3MHz à 3GHz, les fréquences utilisées par les trois opérateurs globaux dans cette bande sont (Figure 42):

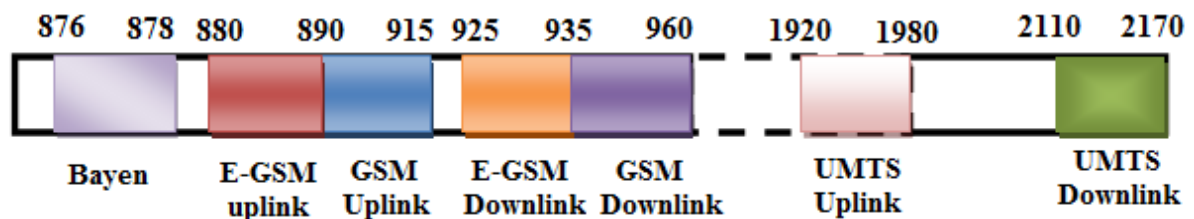


Figure 42 : Plan de fréquence de la bande entre 870 MHz et 2170 MHz au Maroc

➤ Bayen :

- 876 MHz- 878MHz

➤ E-GSM :

- 880MHz- 890MHz Uplink.
- 925MHz-935MHz Downlink.

➤ GSM :

- 890MHz-915MHz Uplink.
- 935MHz-960MHz Downlink.

➤ UMTS :

- 2110MHz-2170MHz Uplink.
- 1920MHz-1980MHz Downlink.

1. Bande donwnlink :

On fixe l'analyseur de spectre sur la bande Downlink (1920-1980MHz) de l'UMTS:

On visualisera le signal à l'aide d'une antenne directive (Figure 43) de deux manières :



Figure 43 : Détection d'un signal 3G à l'aide d'une antenne directive

a. Le premier cas : PEAK

La fonction Peak permet de voir le signal exactement comme il est émis par la station de base (Figure 44).

On règle l'atténuation à 0db.

Table des marqueurs

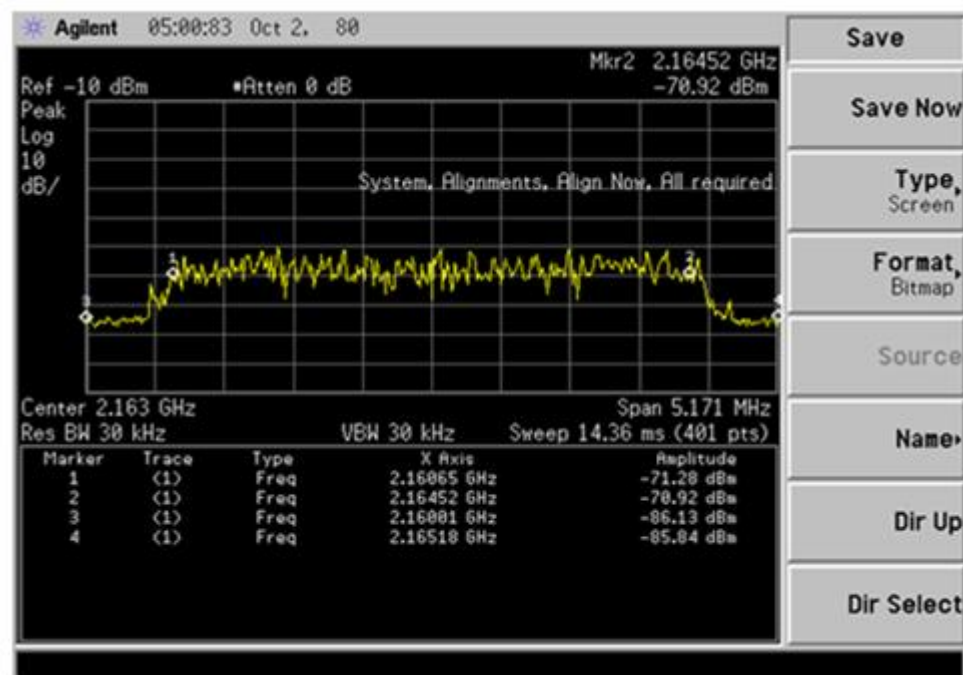


Figure 44 : Capture d'un signal UMTS en utilisant la fonction Peak

On remarque, d'après la table des marqueurs, que la bande de fréquence entre les marqueurs 1 et 2 est presque égale à 4MHz.

b. Deuxième cas : Max Hold

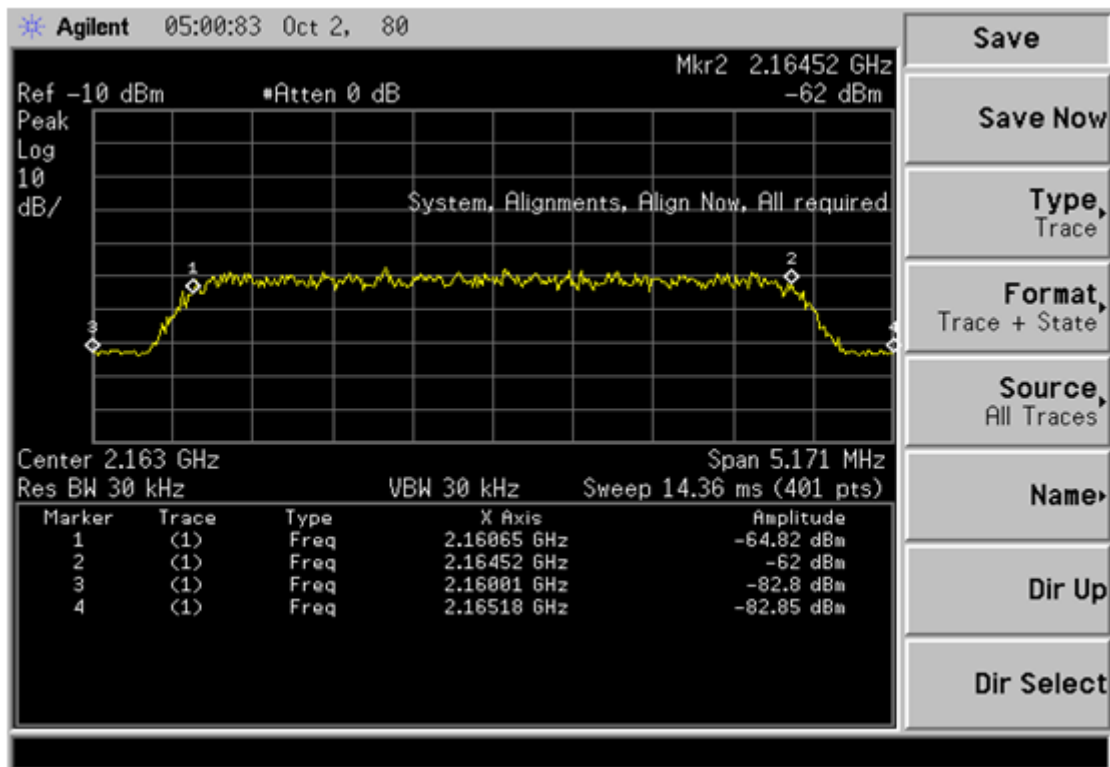


Figure 45 : Capture d'un signal UMTS en utilisant la fonction Max Hold

Avec la fonction Max Hold (Figure 45), l'analyseur de spectre n'enregistre que le max du signal ce qui permet d'avoir l'enveloppe du signal.

2. Bande uplink :

On changera d'antenne dans le cas Uplink, pour utiliser une antenne omnidirectionnel appelé fouet (Figure 46) :



Figure 46 : Antenne Omnidirectionnel (Fouet)

On fixera la bande de l'analyseur sur 2110-2170MHz

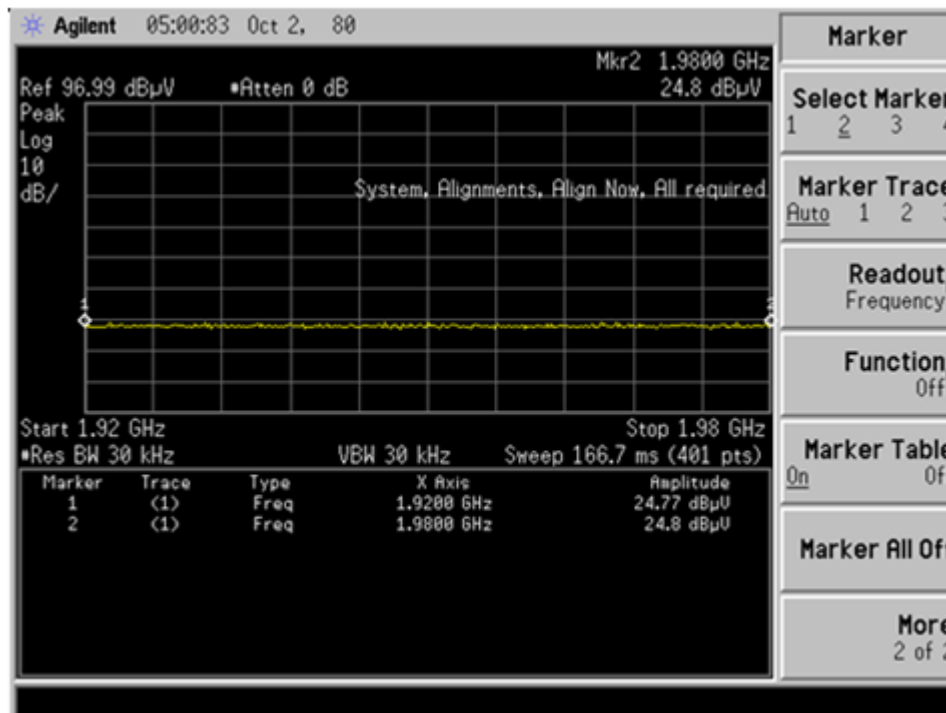


Figure 47 : Capture d'un signal Uplink en UMTS

On remarque que tant qu'il n'y a pas d'émission d'un mobile 3 G, on n'a aucun signal (Figure 47).

On émet un signal à partir d'un équipement usager 3G, on utilise la fonction Max Hold (Figure 48).

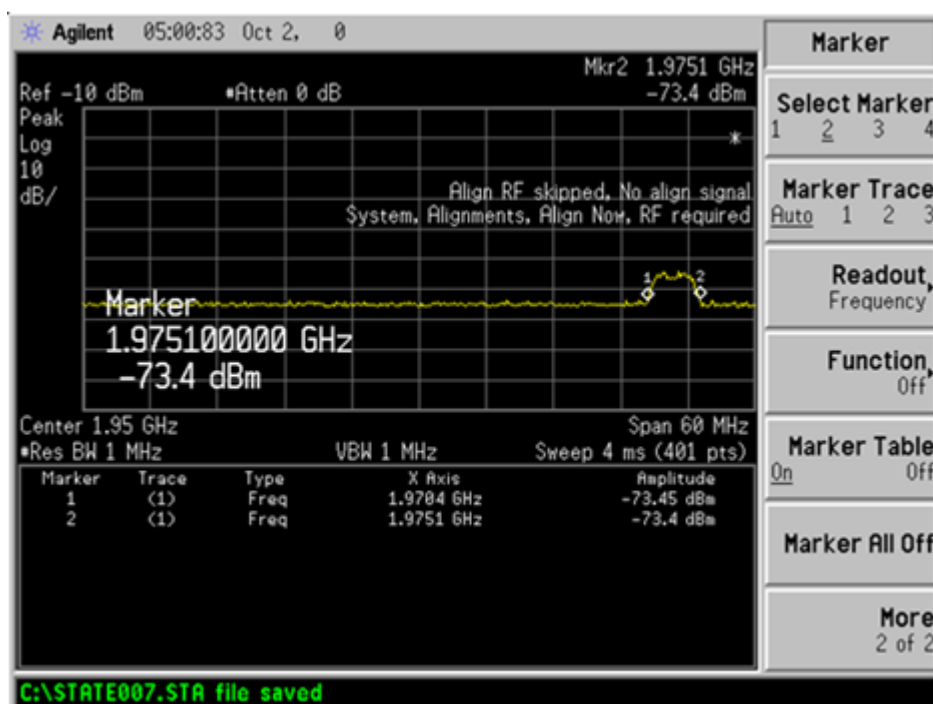


Figure 48 : Capture d'un signal Uplink en UMTS en utilisant la fonction Max Hold (1)

Après avoir eu un signal on utilise la fonction Frequency pour centrer la fréquence sur et on utilise la fonction Span afin d'ajuster l'axe de X (Figure 49).

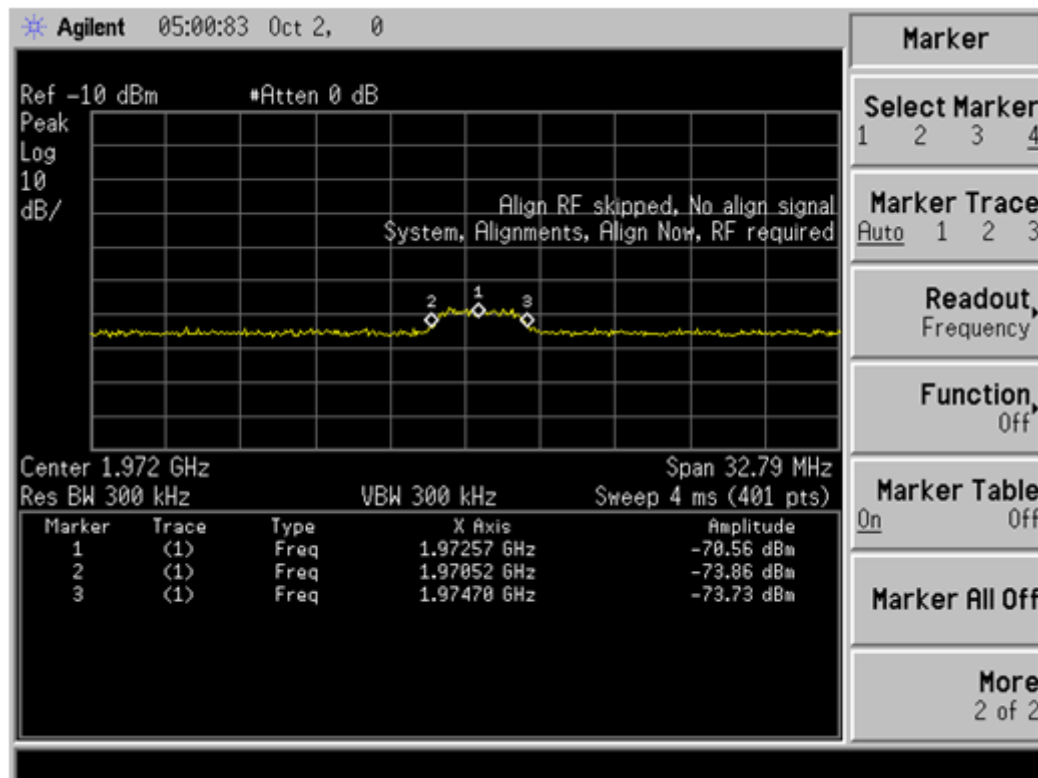


Figure 49 : Capture d'un signal Uplink en UMTS en utilisant la fonction Max Hold (2)

Conclusion :

Avec les nouveaux systèmes dits de troisième génération (3G), les communications pourront être enrichies d'images et de vidéo de grande qualité. L'accès aux informations et aux services, que ce soit sur des réseaux publics ou privés, sera facilité par des débits nettement supérieurs et des fonctionnalités avancées. Cela, combiné avec l'évolution continue des systèmes de 2G, créera de formidables opportunités économiques, non seulement pour les constructeurs et les opérateurs, mais aussi pour les fournisseurs de contenus et d'applications utilisant ces réseaux.

• ANNEXE :

Standardisation :

Après la création des systèmes de téléphonie mobile de la troisième génération, les instances de standardisation se sont tournées vers l'UIT (Union Internationale des Télécommunications), ainsi l'UIT a choisi IMT-2000 pour désigner les cinq technologies d'accès radio des systèmes cellulaires de la 3G, l'IMT fait référence à la bande de fréquence utilisée pour le système et à l'année de sa commercialisation.

L'UIT englobe plusieurs états et partenaires de secteur privés qui s'intéressent à la standardisation et au développement des télécommunications.

La standardisation fut un pas très important vu que les équipements sont produits par différentes compagnies, en plus de l'existence de plusieurs opérateurs avec différentes technologies et infrastructures et aussi le fait que dans chaque pays le choix de la technologie 3G dépend de trois facteurs :

- Techniques : Le débit exigé, et la performance du réseau.
- Politiques : L'accord pris entre les organismes de normalisation et les spécifications régionales.
- Commerciaux : Le cout des installations et des investissements des opérateurs en plus de la compatibilité avec les réseaux 2 G déjà existent.

Donc la standardisation s'est située au niveau de:

- L'architecture basique.
- Les éléments nécessaires du réseau.
- Les protocoles et les interfaces.

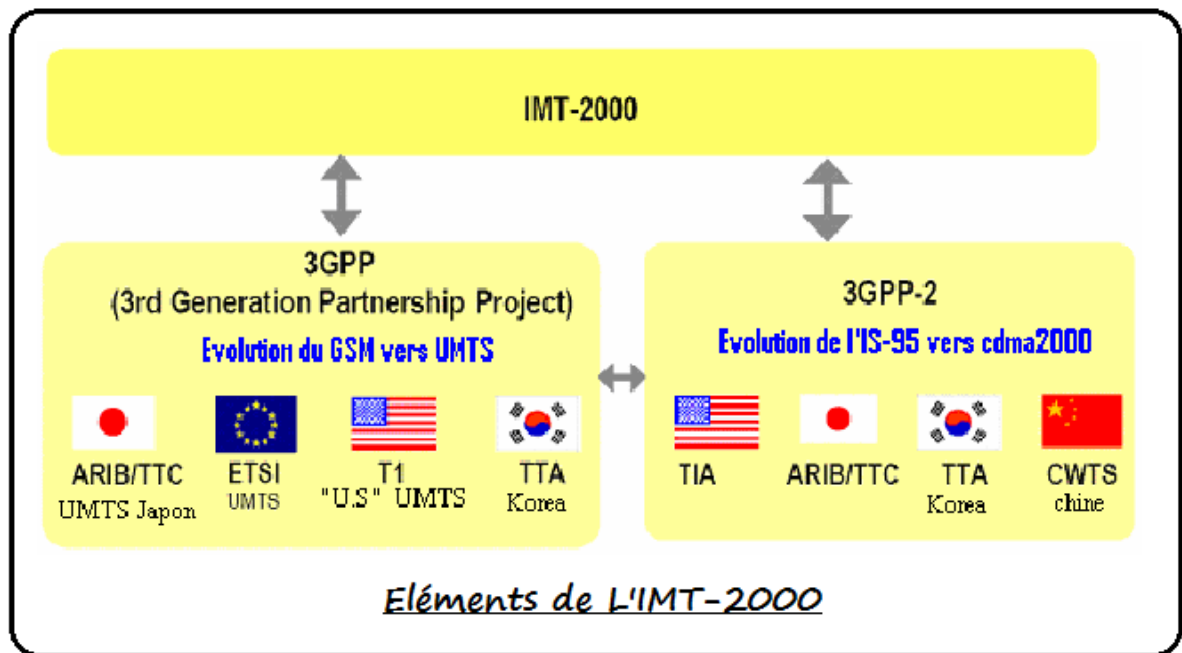
Pour le réseau terrestre, deux groupes ont été formés :

- 3GPP (3rd Generation Partnership Project) est une coopération entre organismes de standardisation régionaux en Télécommunications tels



l'ETSI (Europe), ARIB/TTC (Japon), CCSA (Chine), ATIS (Amérique du Nord) et TTA (Corée du Sud), visant à produire des spécifications techniques pour les réseaux mobiles de 3G. [9]

- 3GPP-2 (3rd Generation Partnership Project 2) est un accord de collaboration établi en décembre 1998, entre ARIB/TTC (la société japonaise radio-industrielle et des entreprises), CCSA (Chine), TIA (Amérique du Nord) et TTA(Corée du Sud). [9]



Parmi les principes de 3GPP :

- Chaque compagnie nomme un délégué pour la représenter (personne d'autre n'y participe).
- Le processus de standardisation se fait via plusieurs « Mailing-lists » et des réunions au moins 6 fois par an.
- A peut près chaque année 3GPP publie une « release ».

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

Les Japonais étaient été très pressés de passer directement à un système 3G et leur travail sur l'IMT 2000 depuis 1997 au sein de leur organisme de normalisation Association for Radio Industry and Business (ARIB) a été très actif.

Les constructeurs quant à eux ont souvent tenté d'imposer comme norme la solution technique mise au point par leur entreprise afin de posséder une avance technologique certaine sur leurs concurrents.

Le 3GPP est divisé en 4 groupes de travail TSG (Technical Specifications Groups) :

- TSG Radio Access Network, chargé de la définition de la partie radio (couches 1 à 3) et des interfaces radios (Iu, Iub et Iur) ;

- TSG Core Network, chargé de l'étude de l'inter-fonctionnement entre les différents réseaux (handover / roaming) ;
- TSG Services & System Aspects, chargé de la définition des services, de l'architecture, de la sécurité, du CODEC et de la gestion du Réseau ;
- TSG Terminals, chargé de l'établissement des tests et des fonctionnalités sur les terminaux.

• Bibliographie & Webographie :

[1] : www.Commentcamarche.net

[2] : http://fr.wikipedia.org/wiki/CDMA_2000

[3] : <http://en.wikipedia.org/wiki/IS-95>

[4] : http://fr.wikipedia.org/wiki/Personal_Digital_Cellular

[5] : <http://www.anrt.net.ma/fr/admin/download/upload/DRISSI%20-%20ANRT.pdf>

[6] : <http://www.hyper-rf.com/hyperfrequences/vulgarisation/UMTS.html>

[7] : http://fr.wikipedia.org/wiki/CDMA_2000

[8] : http://fr.wikipedia.org/wiki/High_Speed_Downlink_Packet_Access

[9]: WWW.Wikipedia.org

[10]: <http://www.anrt.ma/>

[11]: <http://www.lematin.ma/Actualite/Journal/Article.asp?origine=jrn&idr=113&id=64011>

[12]: <http://www.lematin.ma/Actualite/Journal/Article.asp?origine=jrn&idr=113&id=63944>

[13]: http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2006/eric_meurisse/umts.php

[14] : « UMTS : les réseaux mobiles de troisième génération », par Harri Holma et Antti Toskala, éditeur OEM (Osman Eyroles Multimedia).

[15] : Rapport PFE : Etude de la solution Nokia core packet 3G et réalisation d'une application de configuration, par MOUCHENE Fahd, le juin 2006, à l'INPT.

[16] : Cours « L'UMTS et les Technologies émergentes » par M. Moussaoui, ENSA Tanger.

[17] : Fonctionnement et sécurité de la carte USIM par Saïd EL HAJJI et Ghizlane ORHANO

http://www.um5a.ac.ma/news/12Mars2009_carte/Presentation_2.pdf.

[18]: 3G Tutorial /

<http://www.nmscommunications.com/DevPlatforms/default.htm>

[19] : « Le réseau UMTS » par **Javier SANCHEZ**, éditeur : Hermes Science, publications le 31 mars 2004.

[20]: séminaire “Third Generation (3G), Basics CDMA-2000 & CDMA”.

[21] : « Umts - les origines l'architecture la norme » par **Lescuyer**

Pierre, éditeur Dunod, parution le 10/03/2001.

[22] : UMTS, chapitre 4 : Couche physique de l’interface radio

http://agarbi.free.fr/umts_couche_physique.pdf.

[23] : PFE : Etude de la mobilité entre les réseaux GSM et UMTS par Hicham HAFID, le juin 2006 à l’INPT

[24] : <http://www.louis-armand-mulhouse.eu/btsse/acrobat-cours/spectre.pdf>

• Liste des figures et des tableaux:

Figure 1 : L'évolution des normes de la seconde génération à la troisième génération	9
Figure 2 : Bande de fréquence entre 800MHz et 2170MHz	9
Figure 3 Organigramme de l'Agence Nationale de la Régulation des Télécommunications [5]	13
Figure 4 Plan de fréquence de la 3G au Maroc	18
Figure 5 : Différents types d'accès radio	19
Figure 6 : Architecture d'un réseau UMTS	20
Figure 7 : Architecture du réseau Cœur de l'UMTS	21
Figure 8 : Les fonctions du réseau UTRAN	23
Figure 9 : Architecture du réseau d'accès	24
Figure 10 : Exemple d'équipement RNC	25
Figure 11 : Serving RNC & Drift RNC	26
Figure 12 : Les interfaces de communication	26
Figure 13 : Exemple d'une architecture du réseau UMTS établie par Maroc Telecom	30
Figure 14 : L'architecture d'UMTS rel 4	31
Figure 15 : L'architecture de l'UMTS rel5.....	32
Figure 16 : Vue en couches de l'interface radio de l'UTRAN	34
Figure 17 : FDMA (Frequency Division Multiple Access)	36
Figure 18 : TDMA (Time Division Multiple Access)	37
Figure 19 : CDMA (Code Division Multiple Access).....	37
Figure 20 : Principe d'étalement du spectre	39
Figure 21 : Etalement par séquence directe	40
Figure 22 : Codes d'étalement et d'embrouillage	40
Figure 23 : Arbre des codes OVVSF	41
Figure 24 : Exemple d'utilisation d'un code de l'arbre OVVSF	42
Figure 25 : Code utilisé en UMTS	43
Figure 26 : Mode d'accès FDD (Frequency Division Duplex)	45
Figure 27 : Mode d'accès TDD (Time Division Duplex)	45
Figure 28 : Les différents types du contrôle de puissance	46
Figure 29 : Structure des canaux en UMTS	48
Figure 30 : Relation entre les canaux de transport et les canaux physiques.....	50
Figure 31 : Canaux logiques et de transport et leurs relations avec le modèle OSI	52
Figure 32 : L'accès à un canal	52
Figure 33 : Structure d'un canal physique	53
Figure 34 : Synchronisation slot et trame	53
Figure 35 : Softer HandOver	55
Figure 36 : Soft HandOver.....	55
Figure 37 : Hard inter-fréquence HandOver	56
Figure 38 : Traitement de bout en bout par la couche physique	57
Figure 39 : Laboratoire de contrôle à l'ANRT.....	62
Figure 40 : Analyseur de spectre	63
Figure 41 : Les paramètres de réglage d'un analyseur de spectre	64
Figure 42 : Plan de fréquence de la bande entre 870 MHz et 2170 MHz au Maroc	65
Figure 43 : Détection d'un signal 3G.....	66
Figure 44 : Capture d'un signal UMTS en utilisant	66
Figure 45 : Capture d'un signal UMTS en utilisant la fonction Max Hold.....	67
Figure 46 : Antenne Omnidirectionnel (Fouet).....	67
Figure 47 : Capture d'un signal Uplink en UMTS	68
Figure 48 : Capture d'un signal Uplink en UMTS en utilisant la fonction Max Hold (1)	68
Figure 49 : Capture d'un signal Uplink en UMTS en utilisant la fonction Max Hold (2)	69

Tableau 1 : comparaison des technologies 3G	10
<i>Tableau 2 : comparaison des différents types de réseaux mobiles</i>	11
<i>Tableau 3 Les treize opérateurs et leurs License</i>	12
<i>Tableau 4 : Interfaces du réseau UMTS</i>	27
<i>Tableau 5 : Les Valeurs du facteur d'étalement</i>	43
<i>Tableau 6 : Fonctionnalités des codes de Canalisation et d'embrouillage</i>	44
<i>Tableau 7 : Modes d'accès FDD et TDD</i>	46

• **Glossaire:**

3GPP 3rd Generation Partnership Project

A

ATM Asynchronous Transfer Mode
AuC Authentication Center

B

BCH Broadcast Channel
BSS Base Station Subsystem
BTS Base Transceiver Station
BCCH Broadcast Control Channel

C

CN Core Network
CS Circuit Switch
CDMA Code Division Multiple Access
CCPCH Common Control Physical Channel
CCCH Common Control Channel
CTCH Common Traffic Channel
CPICH Common Pilot Channel

D

DCH Dedicated Channel
DCCH Dedicated Control Channel
DPCCH Dedicated Physical Control Channel
DPCH Dedicated Control Channel
DTCH Dedicated Traffic Channel
DRNC Drift Radio Network Controller
DSCH Downlink Shared Channel
DPDCH Dedicated Physical Data Channel

E

EIR Equipment Identity Register
ETSI European Telecommunication Standards Institute
EDGE Enhanced Data Rates for GSM Evolution

F

FDD Frequency Division Duplex
FDMA Frequency Division Multiple Access
FACH Forward Access Channel

G

GPRS General Packet Radio Services
GSM Global System for Mobile Communications

H

HC Handover Control
HO HandOver
HLR Home Location Register

I

IMS IP Multimedia Subsystem
IP Internet Protocol
Iu-CS Interface entre le RAN et le réseau cœur Circuit
Iu-PS Interface entre le RNC et le réseau cœur Paquet
Iur Interface entre deux RNC
Iub Interface entre le RNC et le Node B

M

ME Mobile Equipment
MGW
MSC Mobile Services Switching

N

NMC Network Management Center

P

PCH Paging Channel
PCPCH Physical Common Packet Channel
PDC Packet Data Communication
PDG Packet Data Gateway
PRACH Physical Random Access Channel
PSCH primary synchronisation channel

R

RAN Radio Access Network
RACH Random Access Channel
RNC Radio Network Controller
RNS Radio Network Subsystem

S

SSCH Secondary Synchronisation Channel

SRNC Serving RNC

T

TDMA Time Division Multiple Access

U

UE User Equipment

UMS Universal Mobility Server

UTRAN UMTS Terrestrial Radio Access Network

USIM Universal Subscriber Identity Module

Uu Interface air.

UT User Terminal

V

VLR Visitor Location Register

W

W-CDMA Wideband-Code Division Multiple Access