

UNIVERSITE MOULOU MAMMERI, TIZI-OUZOU



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

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

Option : Communication

Thème:

***Technique de multiplexage WCDMA, simulation
d'une chaîne de transmission sous MATLAB et
mesure du TEB.***

Dirigé par :

M^r. AIT BACHIR.Y

Présenté par :

M^{elle}. NESNAS Salima

M^r. DJEBBAR Idir

Année universitaire 2008/2009

Soutenu le : 07/07/2009

Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement M^r. AIT BACHIR, notre promoteur pour sa disponibilité et la qualité de son encadrement.

Nos remerciements vont ensuite à :

- A tous nos enseignants de nos cursus scolaires, en particulier ceux du département d'électronique de l'université Mouloud MAMMERI.
- L'ensemble du personnel de Mobilis de Tizi-Ouzou ainsi que ceux du centre de Bir-Mourad-Rais de nous avoir bien accueilli et orienté sans oublier l'aide précieuse de MOUALEK Achour.
- A tous ceux qui de près ou de loin nous ont aidé à élaborer ce travail.
- On remercie les membres du jury qui nous ont fait l'honneur de juger notre travail.

Dédicaces

Je dédie cet humble travail :

- ✓ A mes chers parents qui m'ont toujours soutenu par leur indéfectible amour, leur patience et leur réconfort.
- ✓ A la mémoire de ma grand-mère paternelle « Ouerdia ».
- ✓ A ma grand-mère maternelle « wiza » qui j'espère sera présente à toutes mes joies.
- ✓ A mon fiancé « Kader » et à ma future belle famille.
- ✓ A mes deux sœurs « Ouerdia » et « Radia » qui sont toujours là pour moi dans les moments difficiles.
- ✓ A mon petit frère « Said » que j'adore.
- ✓ A mon binôme « Amar » qui a toujours été là pour moi ainsi qu'à toute sa famille.
- ✓ A mon oncle: « Mohamed Arezki », son petit fils adorable « Anis » ainsi qu'à mon oncle « Hamid ».
- ✓ A toutes mes tantes spécialement « Khalti djouher »
- ✓ A mon amie « Dalila », ses adorables enfants et son mari.
- ✓ A mes amies : « Nawel », « Fatiha », « Lamia », « Lilia », « Chahrazed ».
- ✓ Aux familles NESNAS, ALLEK et NEHLIL.
- ✓ A tous ceux que j'aime et que je respecte.

Salima

Dédicaces

Je dédie cet humble travail :

- ✓ A mes chers parents qui m'ont toujours soutenu par leur indéfectible amour, leur patience et leur réconfort.
- ✓ A la mémoire de ma grand-mère paternelle « Ouerdia ».
- ✓ A ma grand-mère maternelle « wiza » qui j'espère sera présente à toutes mes joies.
- ✓ A mon fiancé « Kader » et à ma future belle famille.
- ✓ A mes deux sœurs « Ouerdia » et « Radia » qui sont toujours là pour moi dans les moments difficiles.
- ✓ A mon petit frère « Said » que j'adore.
- ✓ A mon binôme « Amar » qui a toujours été là pour moi ainsi qu'à toute sa famille.
- ✓ A mon oncle: « Mohamed Arezki », son petit fils adorable « Anis » ainsi qu'à mon oncle « Hamid ».
- ✓ A toutes mes tantes spécialement « Khalti djouher »
- ✓ A mon amie « Dalila », ses adorables enfants et son mari.
- ✓ A mes amies : « Nawel », « Fatiha », « Lamia », « Lilia », « Chahrazed ».
- ✓ Aux familles NESNAS, ALLEK et NEHLIL.
- ✓ A tous ceux que j'aime et que je respecte.

Salima



SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre 1 : architecture du réseau GSM et GPRS. | |
| I-Introduction | 3 |
| II- Fréquences de travail | 3 |
| III- Les différentes techniques d'accès multiples | 3 |
| III-1. Accès multiple à répartition en fréquence : FDMA..... | 3 |
| III-2. Accès multiple à répartition en temps : TDMA..... | 4 |
| III-3. Saut de fréquence..... | 5 |
| IV- Concept cellulaire d'un réseau GSM..... | 5 |
| IV-1. Paramètres influents sur la taille des cellules | 6 |
| IV-2. Types de cellules | 6 |
| V- Architecture du réseau GSM..... | 7 |
| V-1. La station Mobile | 8 |
| V-2. Le sous système radio BSS | 8 |
| V-2-1. La BTS..... | 8 |
| V-2-1.a. Les macros BTS..... | 8 |
| V-2-1.b. Les micros BTS | 9 |
| V-2-1.c. Les BTS ciblées | 9 |
| V-2-2. Le BSC | 9 |
| V-3. Le sous système réseau NSS..... | 9 |
| V-3-a. MSC..... | 9 |
| V-3-b. HLR | 10 |
| V-3-c. VLR | 10 |
| V-3-d. AUC..... | 10 |
| V-3-e. EIR..... | 10 |
| V-4. L'OSS | 10 |
| VI- Les interfaces du système GSM | 10 |
| VI-1. Interface U _m | 11 |
| VI-2. Interface A-bis | 11 |
| VI-3. Interface A | 11 |
| VI-4. Interface B | 11 |
| VI-5. Interface C | 11 |
| VI-6. Interface D..... | 11 |
| VI-7. Interface F | 11 |

| | |
|---|----|
| VI-8. Interface H | 11 |
| VIII- Limites du réseau GSM | 12 |
| IX- Le GPRS | 12 |
| IX-1. Nécessité du GPRS | 12 |
| IX-2. Principales caractéristiques du GPRS | 12 |
| IX-3. Principe de localisation..... | 12 |
| IX-4. Classes des terminaux GPRS..... | 12 |
| IX-5. Architecture du système GPRS | 13 |
| Conclusion | 14 |
| Chapitre 2 : architecture UMTS et technique d'accès WCDMA | |
| Historique..... | 15 |
| Les causes du retard de la norme UMTS | 16 |
| I- Introduction | 18 |
| II- Les services offerts et objectifs..... | 18 |
| III- Architecture de l'UMTS | 18 |
| III-1. Le domaine de l'équipement usager | 19 |
| III-1-1. La ME..... | 19 |
| III-1-1-1. Equipement terminal | 19 |
| III-1-1-2. La terminaison mobile | 20 |
| III-1-2. La carte USIM | 20 |
| III-2. Le réseau d'accès (UTRAN) | 20 |
| III-2-1. Le RNC..... | 21 |
| III-2-2. Le Node B | 21 |
| III-3. Le réseau cœur | 21 |
| III-4. Concept de réseau cœur intégré | 22 |
| IV- Méthode de duplexage..... | 22 |
| IV-1. Le mode FDD | 23 |
| IV-2. Le mode TDD..... | 23 |
| V- Le HANDOVER..... | 23 |
| VI- Technique d'accès multiple WCDMA | 25 |
| VI-1. Inconvénients des techniques de multiplexage FDMA et TDMA | 25 |
| VI-1-1. Inconvénients du FDMA..... | 25 |

| | |
|---|----|
| VI-1-2. Inconvénients du TDMA..... | 25 |
| VI-2. La technique CDMA | 26 |
| VI-3. Les principaux paramètres du WCDMA..... | 26 |
| VI-4. La modulation numérique..... | 27 |
| VI-4-1.Généralités..... | 27 |
| VI-4-2.Modulation QPSK..... | 28 |
| VI-5. L'étalement du spectre | 29 |
| VI-5-1. Les codes utilisés dans l'UTRAN | 32 |
| VI-5-2. Les codes OVSF..... | 32 |
| VI-5-3. Séquences de brouillage..... | 34 |
| VI-6. Le contrôle de puissance | 35 |
| VI-6-1. Le contrôle de puissance en boucle ouverte..... | 35 |
| VI-6-2. Le contrôle de puissance en boucle fermée (inner loop)..... | 35 |
| VI-6-3. Le contrôle de puissance en boucle fermée (outer loop)..... | 35 |
| VI-7. Récepteur RAKE | 36 |
| VI-8. Filtre à racine de cosinus surélevé..... | 38 |
| Conclusion | 38 |

Chapitre 3 : WCDMA RAN Protocole

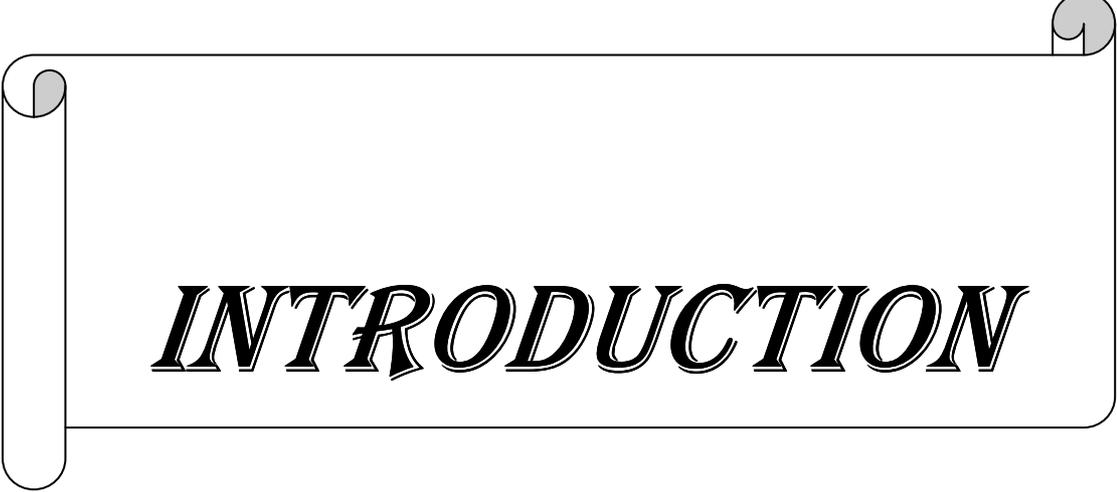
| | |
|---|----|
| I- Introduction | 39 |
| II- Notion d'AS (Access Stratum) et NAS (Non Access Stratum)..... | 39 |
| III- Interface Radio..... | 40 |
| IV- Notion de plan de contrôle et de plan usager | 41 |
| IV-1. Le plan usager..... | 42 |
| IV-2. Le plan de contrôle | 42 |
| V- Les canaux | 42 |

| | |
|---|----|
| V-1. Généralités | 42 |
| V-2. Les canaux logiques..... | 42 |
| V-2-1. Les canaux logiques de contrôle..... | 43 |
| V-2-2. Les canaux logiques de trafic | 43 |
| V-3. Les canaux de transport | 44 |
| V-3-1. Les canaux de transport dédiés..... | 44 |
| V-3-2. Les canaux de transport communs | 44 |
| V-4. Les canaux physiques | 45 |
| V-5. La correspondance entre les canaux..... | 46 |
| VI- Les protocoles radio | 47 |
| VI- 1. La couche RRC..... | 47 |
| VI-1-1. La connexion RRC..... | 47 |
| VI-1-2. Les états de la connexion RRC | 48 |
| VI-1-2-1. L'état CELL_DCH | 49 |
| VI-1-2-2. Les états CELL_PCH et URA_PCH | 49 |
| VI-1-2-3. L'état CELL_FACH | 49 |
| VI-1-3. Fonctions de la couche RRC | 49 |
| VI-2. La couche RLC..... | 50 |
| VI-2-1. Le mode transparent..... | 50 |
| VI-2-2. Le mode non acquitté..... | 50 |
| VI-2-3. Le mode acquitté..... | 51 |
| VI-3. La couche MAC..... | 52 |
| VI-4. La couche PDCP..... | 53 |
| VI-5. La couche BMC..... | 53 |
| Conclusion..... | 54 |
| Chapitre 4 : Simulation d'une chaîne de transmission WCDMA | |
| I- Modélisation du canal de transmission | 55 |
| I-1. Modèle des canaux mono trajets | 56 |
| I-2. Modèle des canaux multi-trajets..... | 56 |
| II- Simulation d'une chaîne de transmission WCDMA..... | 60 |
| II-1. Décomposition et présentation des différents blocs de la simulation | 61 |
| II-2. Paramètres de la simulation | 64 |
| III- Résultats et interprétations..... | 64 |

Conclusion

Bibliographie

Glossaire



INTRODUCTION

Introduction générale

La téléphonie mobile a bouleversé le schéma traditionnel des télécommunications qui était statique, mono-produit, monopolistique, devenue avec le temps dynamique, multi-produits et multiutilisateurs.

Le téléphone mobile a connu en quelques années un développement considérable à tel point qu'il est rentré dans nos vies et qui désormais, fait partie du quotidien de la plupart d'entre nous.

Aujourd'hui, il semble naturel de pouvoir appeler presque de n'importe quel endroit, d'échanger des messages courts et pour les mobiles les plus éclairés d'accéder à internet, écouter de la musique ou de visionner des vidéos. C'est dans cette vision que plusieurs recherches ont été faites pour maximiser la qualité des communications.

Après la 1ère génération de téléphonie mobile utilisant une modulation analogique qui était au début laborieuse, le principal problème de ce réseau était sa faible confidentialité et sa rapide saturation. Arrive la 2ème génération (GSM) qui était le 1^{er} système de téléphonie mobile efficace, économique et universel satisfaisant les exigences d'interconnexion du monde contemporain. Le GSM a fait de la téléphonie mobile un produit de grande consommation, en assurant principalement le service de phonie, mais le faible débit qu'offre ce système ne peut satisfaire la demande d'accès à des services hauts débits comme les applications multimédias surtout avec le développement rapide de l'Internet. Face à cette situation la technologie GPRS a vu le jour.

Avec le GPRS le réseau s'adapte à la communication de paquets avec un débit de 171 Kbit /s.

Les futurs systèmes de troisième génération devront être à même d'offrir des services hauts débits permettant de transmettre images et vidéos ainsi qu'une connexion haut débit à Internet. Ces systèmes de télécommunications de troisième génération sont connus, sous le terme « **UMTS** » (*Universal Mobile Telecommunication System*). Le WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) en est la principale interface air. Elle sera utilisée tant en Europe qu'en Asie et cela dans la même bande de fréquence, autour de 2GHz. Le large marché couvert par le WCDMA et ses multiples capacités multimédias vont sans nul doute créer de nouvelles opportunités pour les constructeurs, les opérateurs ainsi que pour les fournisseurs de contenus ou d'applications.

Notre travail consiste à présenter la norme UMTS d'un point de vue architectural et protocolaire qui sera d'une utilité importante pour la partie pratique où nous aurons à simuler une chaîne de transmission WCDMA sous matlab.

Nous avons subdivisé notre travail en quatre chapitres. Dans le premier, nous nous sommes intéressés à la norme GSM, en présentant son architecture détaillée ainsi que ses principaux paramètres et en mettant en évidence la transition qui s'est faite à travers le GPRS.

Introduction générale

Le deuxième chapitre, est dédié à l'étude du réseau UMTS, où on a exposé les nouveautés par rapport aux générations précédentes, ainsi que les principes de base sur lesquels repose l'UMTS tout en étudiant la technique d'accès radio WCDMA nécessaire à la chaîne de transmission détaillée dans le 4eme chapitre.

Le chapitre trois, décrit les protocoles mis en œuvre sur l'interface d'air WCDMA ainsi que les canaux liant les différentes couches qui seront par la suite exploitées dans la partie pratique.

Le quatrième chapitre sera réservé pour la simulation sous MATLAB d'une chaîne d'émission réception WCDMA ayant pour but le calcul du taux d'erreurs et la mise en valeur du récepteur RAKE compensant l'effet des multi-trajets.

Enfin, nous terminerons notre travail par une conclusion générale.



CHAPITRE 1 :
ARCHITECTURE DU RÉSEAU GSM
ET GPRS

I- Introduction :

Le GSM représente la première norme de téléphonie mobile à vocation numérique, qui offre à ses abonnés une communication fiable de bout en bout. Le réseau GSM a été conçu pour assurer le service des appels ainsi que le transfert de données à faible débit.

Dans le réseau GSM, les données utilisateurs et la signalisation sont transportées dans les canaux de communication.

Dans ce premier chapitre nous allons présenter des généralités sur le réseau GSM.

II- Fréquences de travail :

La bande de fréquence allouée à la norme GSM par l'instance officielle chargée de la gestion des spectres est de 900 MHz subdivisée en deux bandes respectivement :

Bande montante : 890- 915 Mhz

Bande descendante : 935-960 Mhz

Le GSM est un système FDMA/TDMA, car les ressources sont partagées en fréquence et en temps.

III- Les différentes techniques d'accès multiples : [1]

III-1. Accès multiple à répartition en fréquence : FDMA

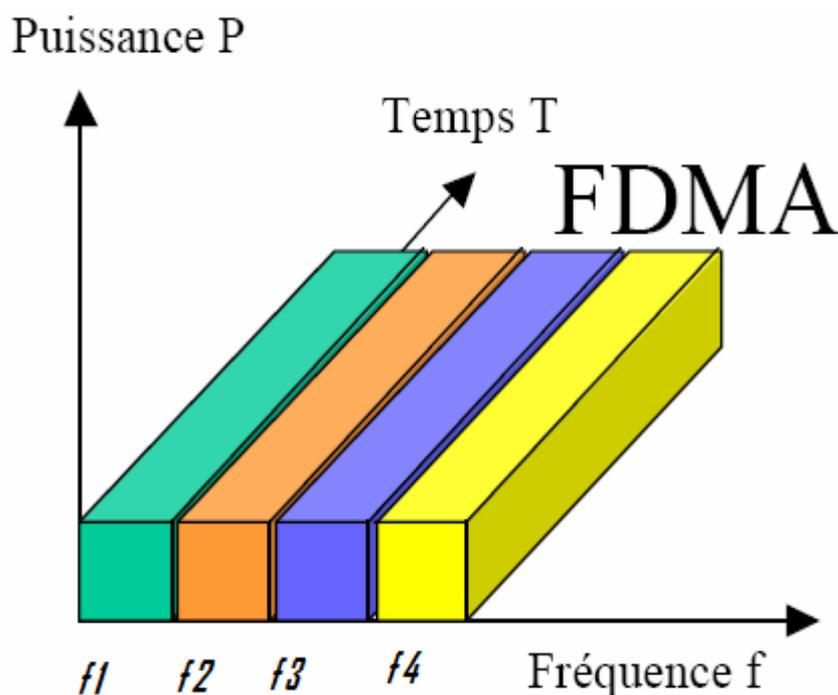


Fig. 1.1-technique FDMA.

La bande de fréquence allouée au GSM laisse place à 124 canaux fréquentiels de 200 KHz de largeur, les signaux sont d'abord modulés, puis émis autour d'une fréquence porteuse ; ces canaux sont à répartir entre les opérateurs. Avec l'augmentation du nombre d'abonnés, cette bande commençait à

se saturer car, comme le montre la figure ci-dessus, 4 fréquences différentes sont allouées à 4 utilisateurs différents et ce en même temps, d'où la nécessité d'introduire une bande supplémentaire de 1800 MHz. Ce système est connu plus communément sous le nom de DSC 1800 (Digital Communication System) dont les caractéristiques sont quasi identiques aux GSM en termes de protocoles et de services offerts ; cette bande est divisée également en deux bandes :

Bande montante : 1710 MHz.

Bande descendante : 1785 MHz.

III-2. Accès multiple à répartition en temps : TDMA

Dans un système, si une ressource parasite émet un bruit à une fréquence donnée, le signal qui se trouve dans cette bande de fréquence sera perturbé, de plus il faut économiser la ressource radio. Pour remédier à ces problèmes, on combine la technique FDMA à un multiplexage temporel qui est une technique de transmission numérique appelée TDMA. Cela permettra à un nombre d'abonnés d'accéder à une même fréquence porteuse (voir **Fig. 1.2**) sans qu'il y ait interférence et en allouant à chaque utilisateur un intervalle de temps appelé "Time Slot".

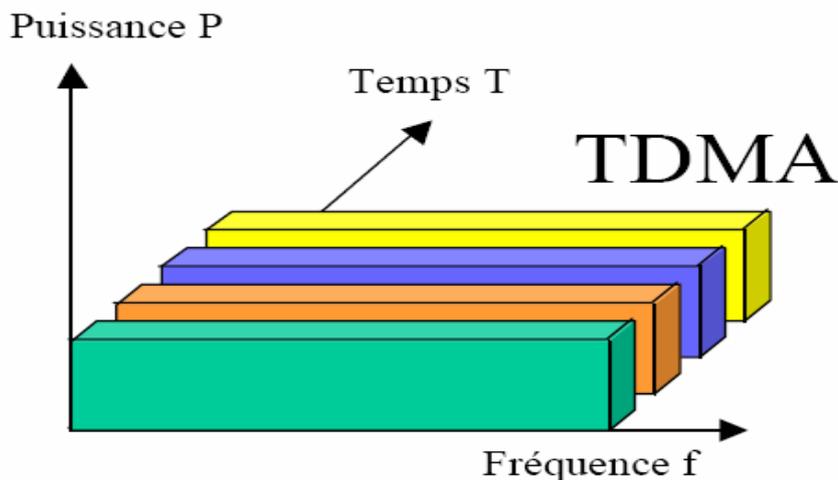


Fig. 1.2- technique TDMA.

Pour la norme GSM, cette durée a été fixée à 7500 périodes de signal de fréquence fournie par un quartz à 13 MHz.

$$T_s = \frac{75}{130} = 0,5769 \text{ ms, soit } 577 \mu\text{s}$$

Sur la même porteuse, les slots sont regroupés en paquets de 8 T_s (0→7) pour former une trame TDMA donc :

$$T_{\text{TDMA}} = 8 \times T_s = 4,6152 \text{ ms.}$$

Dans cette technique GSM, l'utilisateur utilise uniquement un seul time slot et les 7 autres restent libres.

III-3. Saut de fréquence :

Pour protéger les canaux d'une source radio parasite, la fréquence porteuse déployée pour la transmission des données doit varier au cours du temps c'est à dire que le canal physique ne se stabilise pas sur une seule fréquence. Le saut de fréquence permet - si à un moment donné la fréquence du canal est fortement perturbée - d'affecter juste une seule petite partie des données (voir Fig. 1.3).

Il est important de noter qu'il est impossible d'effectuer un saut de fréquence de la bande 900 à la bande 1800.

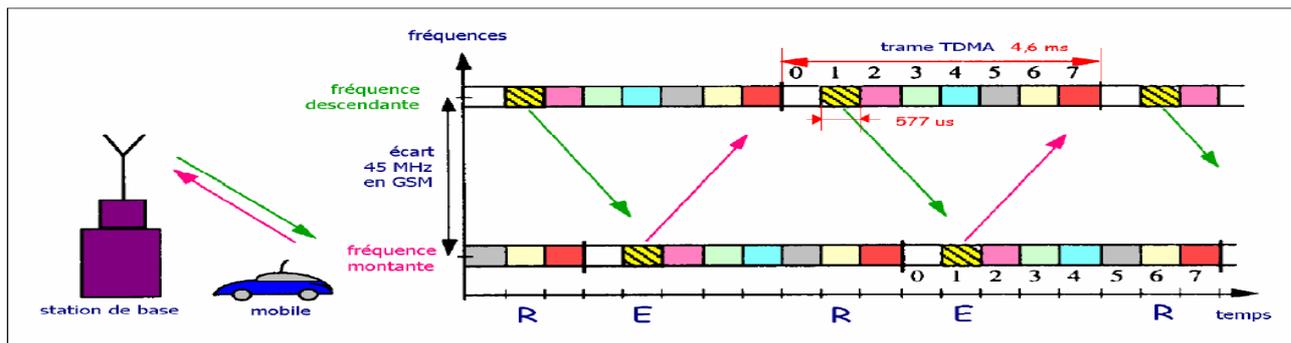


Fig. 1.3- saut de fréquence.

IV- Concept cellulaire d'un réseau GSM : [1], [2]

Le réseau GSM est une norme numérique de seconde génération axée sur la notion de cellule d'où le nom de réseau cellulaire.

Les réseaux de 1ère génération se composaient de cellules de grande taille ayant chacune une station de base située en son centre. Ce système allouait une bande de fréquence à chaque utilisateur appartenant à la cellule de manière permanente, qu'il en ait besoin ou pas; ce qui a pour effet de limiter le nombre d'abonnés qui sera égal au nombre de bandes de fréquences disponibles.

La première amélioration était d'allouer un canal à un utilisateur uniquement lorsqu'il en avait besoin. Ceci avait permis d'augmenter le nombre d'abonnés, sachant que tout le monde ne téléphone pas au même moment. Mais ce système demandait toujours des stations mobiles d'émissions importantes et donc des appareils de taille et de poids conséquents; de plus il n'y avait pas une bonne coordination entre les émetteurs, c'est à dire pas d'interconnexion. Ce qui aura pour conséquence d'avoir des communications interrompues, d'où l'idée de revoir la conception du mode cellulaire, qui a pour but une couverture plus vaste et une importante capacité de fournir un meilleur service aux abonnés quelque soit leur nombre et l'endroit où ils se trouvent.

Le principe de ce système, est de découper le territoire - généralement tout un pays - en petites zones appelées cellules, susceptibles de réaliser une liaison avec le terminal de l'abonné et surtout de passer la main aux cellules voisines. L'ensemble des cellules constituant la zone, doivent se partager les

fréquences dont l'opérateur dispose et chaque cellule est équipée d'une station de base fixe munie d'antennes.

Donc, on peut définir une cellule comme étant une portion de territoire couverte par une station de base grâce à laquelle tous les téléphones mobiles communiquent.

Cette division de l'espace permet d'économiser la bande hertzienne et de maximiser l'exploitation des ressources radio, puisque dans le GSM il est possible de réutiliser des fréquences. Mais, il y'a une contrainte qui s'impose, car deux stations de base adjacentes c'est à dire deux cellules voisines, ne peuvent pas exploiter la même fréquence entre deux communications radio à cause des interférences.

Pour que deux cellules utilisent la même fréquence porteuse, il faut qu'elles soient séparées d'au moins deux cellules, ce qui représente environ une distance de 2 à 3 fois la diagonale de la cellule (voir **Fig. 1.4**).

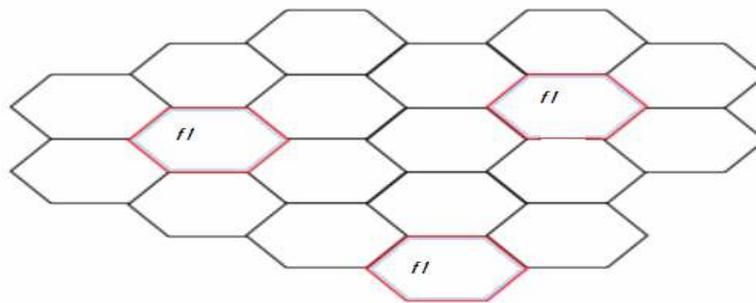


Fig. 1.4- principe de réutilisation de fréquences.

IV-1. Paramètres influents sur la taille des cellules :

La taille des cellules qui forment le réseau, dépend de la puissance d'émission des émetteurs et du nombre d'utilisateurs dans la cellule, mais surtout de la nature de l'environnement et des constructions.

Les opérateurs cherchent justement à maximiser cette taille dans les zones les peu peuplées, afin d'améliorer la couverture de leur réseau, et de la minimiser dans les zones à densité de population élevée, pour augmenter la capacité du réseau ; ceci en limitant la puissance des émetteurs/récepteurs, car si ces dernier sont très puissants, leur champ d'action sera très vaste mais leur bande de fréquence peut être rapidement saturée par des communications.

Par contre en utilisant des émetteurs/récepteurs moins puissants, donc des cellules plus petites avec une ré-exploitation de la bande de fréquence dans les cellules distantes, il n'y aura pas de risque de chevauchement.

IV-2. Types de cellules :

Il existe différents types de cellules selon leurs rayons.

- **les macros cellules** : dans ces cellules, les mobiles peuvent être situés jusqu'à 35 Km de la station de base, selon les obstacles rencontrés. Elles sont utilisées pour couvrir des zones les moins peuplées. Les émetteurs exploités dans ce type de cellules, sont très puissants et leurs antennes doivent être placées à au moins 30 m de hauteur.
- **Les micros cellules** : la taille dans cette catégorie des cellules permet de réduire la puissance d'émission. Elles sont destinées à couvrir des zones de forte densité de trafic. Leur portée moyenne est de 500 m environ.
- **Les picos cellules** : ce sont des cellules de taille très petite. Elles sont utilisées dans des zones encore plus petites que celles des micros cellules (gare, aéroport...). Leurs rayons est de 100 m environ.

Selon le type de cellules utilisées, on fait appel à des antennes directives pour privilégier certains abonnés, sectoriels pour rayonner selon des directions différentes.

V- Architecture du réseau GSM :

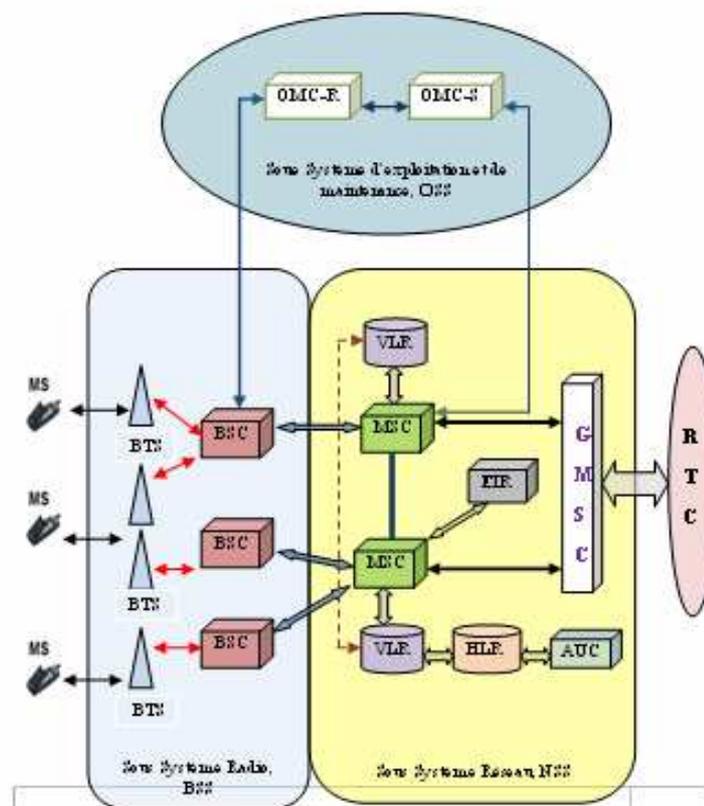


Fig. 1.5-architecture du GSM.

L'architecture de base du système GSM se compose de 4 entités qui ont chacune un rôle fonctionnel dans le réseau GSM (voir Fig. 1.5). Ces entités sont comme suit :

- 1- La station mobile MS (Mobile Station).

- 2- Le sous système radio BSS (Base Station Sub System).
- 3- Le sous système réseau NSS (Network Sub System).
- 4- Le sous système d'exploitation et de maintenance OSS (Operating Sub System).

V-1. La station Mobile :

Est le seul élément auquel l'utilisateur a directement accès. Elle est constituée d'un terminal mobile et d'une carte SIM.

Ses principales fonctions sont :

- Transmettre et recevoir le signal radio, les communications voix, la messagerie et elle gère le répertoire.
- Protéger les abonnés par la procédure d'authentification.
- Effectuer des mesures des signaux émis par les cellules voisines qui permettent le handover.
- Convertir la parole.
- Multiplexage et répartition dans le temps.

V-2. Le sous système radio BSS : est l'ensemble des constituants qui ont pour fonction la gestion et la transmission par voie hertzienne. Il se compose de la station mobile BTS et du contrôleur de station de base BSC.

V-2-1. La BTS :

C'est un élément central et le point d'entrée du réseau GSM. On peut la définir comme étant un ensemble d'émetteurs /récepteurs qui assurent les liaisons radioélectriques d'une cellule donnée. Elle est reliée à la station mobile par l'interface radio, et communique avec un contrôleur de station de base via l'interface a-bis.

La capacité maximale d'une BTS est de n porteuses, cela veut dire qu'elle peut véhiculer $n \times 8$ time slot.

Les principales fonctions de la BTS sont :

- Effectuer les mesures radio entre elles et la station mobile (niveau de champ reçu et la qualité du signal) pour garantir une bonne qualité de communication dans la cellule.
- Activer et désactiver des canaux radio.
- La transmission radio (modulation, démodulation, codage, correction d'erreurs)
- Assurer le bon déroulement de la communication.
- Compenser le temps de propagation

Il existe plusieurs types de BTS (voir **Fig. 1.6**):

V-2-1.a. Les macros BTS (BTS rayonnantes) : ce sont les BTS les plus visibles placées sur des points hauts (sommets,.....). Elles sont utilisées pour couvrir des zones où la densité de trafic est faible.



Fig. 1.6-différents types de BTS.

V-2-1.b. Les micros BTS : elles sont idéales pour couvrir des zones à densité de trafic élevée.

V-2-1.c. Les BTS ciblées : elles permettent d'émettre suivant un angle précis. Elles sont utilisées où la densité de communication est très élevée et recouvre les picos cellules.

V-2-2. Le BSC :

C'est un maillon très important dans la chaîne de communication. Il gère une ou plusieurs BTS, il a pour fonction de gérer les ressources radio dans la zone couverte par les BTS qu'il contrôle. En se basant sur les mesures effectuées par les BTS, le BSC décide du transfert intercellulaire. Enfin une fonction très importante est qu'il est un concentrateur de trafic, car il transfère toutes les informations venant des différentes BTS qu'il couvre vers une sortie unique et vice-versa (il commute les données aux abonnés en les dirigeant vers la station de base).

V-3. Le sous système réseau NSS:

Son rôle se focalise sur la prise en charge de toutes les fonctions de contrôle et d'analyse d'informations contenues dans les bases de données afin d'établir des connexions qui sollicitent le chiffrement, l'authentification et le roaming.

Il se constitue du :

V-3-a. MSC :

Il est relié au sous système radio grâce à l'interface A. Sa tâche principale consiste à établir des commutations entre les abonnés du réseau mobile, comme il assure d'autres fonctions qui sont comme suit :

- Transmettre des messages courts
- Effectuer un dialogue avec le VLR de manière à contrôler la mobilité des données dynamiques du HLR
- Vérifier les paramètres d'un abonné lors d'un appel et mettre à jour les données dynamiques du HLR.

- Assurer l'interconnexion du système mobile avec le réseau RTC.

V-3-b. HLR :

C'est la mémoire liée au réseau. Elle constitue une base de données ayant pour tâche de gérer les abonnés d'un opérateur donné en offrant un accès rapide pour garantir un temps d'établissement de la connexion aussi court que possible. Il contient un certain nombre de données relatives aux abonnés tel que le IMSI, le MSDN, le profil de l'abonnement, les services souscrits, autorisation des appels, type d'abonnement..., comme il contient aussi des données dynamiques tel que le numéro du VLR où il est enregistré, la localisation de l'abonné grâce aux informations transmises par la MS à travers le réseau, l'état du terminal (éteint ou allumé)

V-3-c. VLR :

C'est une base de données qui stocke des informations dynamiques. Il regroupe toutes les autres données qui lui sont transmises par le HLR avec lequel il communique.

V-3-d. AUC:

C'est une base de données qui fournit les clefs secrètes afin d'authentifier l'abonné, de crypter les communications et d'assurer la confidentialité de chaque appel en vérifiant si le service demandé est autorisé.

V-3-e. EIR:

C'est une base de données qui a pour objectif de vérifier si le mobile possède les autorisations nécessaires pour accéder au système. Par mesure de sécurité l'EIR comprend deux sections :

-White liste : ce sont tous les IMEI attribués à tous les opérateurs des différents pays avec lequel il existe des accords de roaming international.

-Black liste : ce sont tous les IMEI qui ont été bloqués.

V-4. L'OSS:

C'est un système qui permet de gérer, de superviser et de veiller au bon fonctionnement de l'ensemble du réseau GSM.

VI- Les interfaces du système GSM:

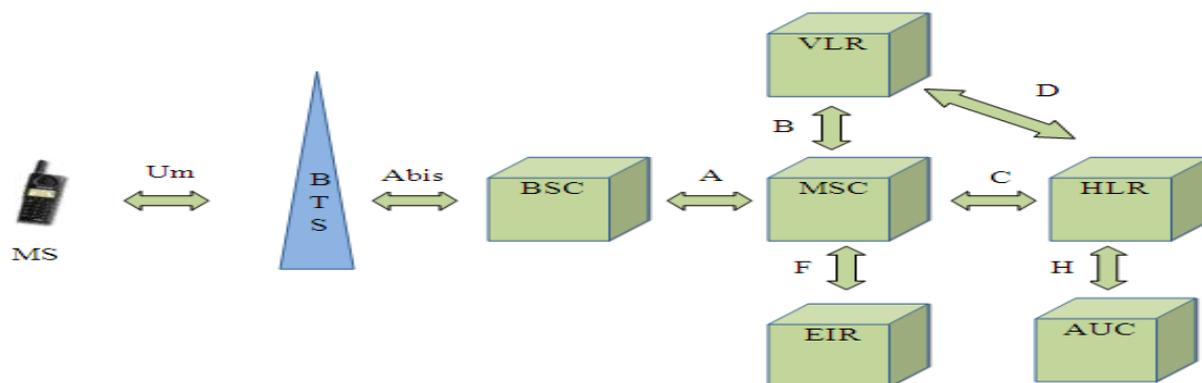


Fig. 1.7-les interfaces du système GSM.

VI-1. Interface U_m : les stations mobiles sont reliées à une BTS via une interface appelée interface radio (U_m , interface air).

VI-2. Interface A-bis : L'interface A-bis représente la liaison entre la BSC et la BTS. Cette liaison se charge des fonctions suivantes :

- Transport d'information vers le BSC.
- Commande de la BTS.
- Signalisation.
- Communication vocale et données des abonnés mobiles.

VI-3. Interface A : c'est une interface qui relie le BSC et le MSC.

VI-4. Interface B : liaison établie entre le MSC et le VLR.

VI-5. Interface C : le MSC est relié au HLR grâce à cette interface qui établit l'interconnexion du HLR pour un appel entrant ou pour un message court rentrant.

VI-6. Interface D : elle relie le VLR au HLR et permet donc au MSC/VLR de communiquer avec le HLR de tout le réseau.

VI-7. Interface F : liaison établie entre le MSC et EIR pour la vérification de l'identité du terminal.

VI-8. Interface H : liaison établie entre le HLR et le AUC pour l'échange de données d'authentification.

VII- Le Handover :

Lors d'un déplacement, il est possible que l'on sorte d'une cellule ou que l'on s'éloigne de l'antenne. Ceci implique l'affaiblissement du signal en niveau et en qualité. Il est alors nécessaire de passer à la cellule adjacente qui prendra mieux en charge la communication.

Le transfert intercellulaire d'un mobile au cours d'une communication a pour but d'assurer la continuité du service sans être interrompu.

Lorsque la procédure du handover est mise en œuvre, la station mobile qui possédait un canal donné reçoit un nouveau canal dans la nouvelle cellule.

VIII- Limites du réseau GSM :

- Débits de transmission limitée à 9000 bit/s.
- Temps d'établissement long:20~25s.
- Facturation selon le temps de connexion et non pas en fonction du volume de données transférées.
- Interconnexion complexe avec le réseau paquet.

Afin de contourner tous ces problèmes (monopolisation, facturation, débit) la technologie GPRS a été certifiée.

IX- Le GPRS (General Packet Radio Service):**IX-1. Nécessité du GPRS:**

Le problème le plus récurrent reste le débit offert par le système GSM (9,6 Kbit/s) qui reste insuffisant pour l'internet mobile. Les réseaux à commutation de circuit sont inefficaces pour gérer les transmissions de données fréquentes et trafic internet.

C'est à partir de toutes ces contraintes que le GPRS a fait son apparition.

Le GPRS (General Packet Radio Service) est une technique de transmission de données en "commutation de paquets" ce qui permet aussi de ne pas monopoliser le canal de communication. Il permet d'atteindre un débit théorique de 171 Kbit/s. Le système GPRS repose sur le réseau GSM car celui-ci se charge de fournir la voix. Quant au GPRS, il fournit les services qui sollicitent les données par paquets.

IX-2. Principales caractéristiques du GPRS :

- Transport de données utilisateur et signalisation.
- Connexion stable.
- Temps d'accès réduit.
- Débit plus élevé.
- Facturation du volume téléchargé.

IX-3. Principe de localisation :

Avec l'introduction du GPRS, le concept cellulaire a été revu dans le sens de la hiérarchie, des zones dites de routage et les zones dites de localisation.

- **Zone de routage :** c'est un ensemble de cellules, caractérisant le lieu où se trouve un abonné GPRS.
- **Zone de localisation :** c'est un ensemble de zones de routage, qui caractérisent le lieu où se trouve un abonné GSM.

IX-4. Classes des terminaux GPRS :

Le fait marquant dans le système, est l'augmentation du débit qui reste significatif ; il a fallu modéliser le réseau de manière à ce qu'il supporte ces changements. Tous ces changements se sont répercutés sur l'abonné usager qui à son tour, devait migrer vers de nouveaux types de terminaux. Il existe deux classes de terminaux ; classes "lettres" et classes "chiffres".

a- Classes lettres :

- **Classe A** : le terminal peut être en communication simultanément sur le service GPRS et sur d'autres services GSM.
- **Classe B** : le terminal peut être déclaré sur les réseaux GPRS et GSM et écouter simultanément les deux signalisations. Le terminal ne peut être en communication que sur les services GPRS ou les services GSM.
- **Classe C** : le terminal ne peut être utilisé que pour les services GPRS.

b- Classe chiffres :

La vitesse de transmission augmente grâce à l'agrégation de canaux.

Lors de l'achat d'un terminal mobile, sur certains emballages, il existe cette mention X+X, où le premier terme, représente le nombre de canaux descendants (du réseau vers le téléphone), et le deuxième le nombre de canaux ascendants (du téléphone vers le réseau).

IX-5. Architecture du système GPRS :

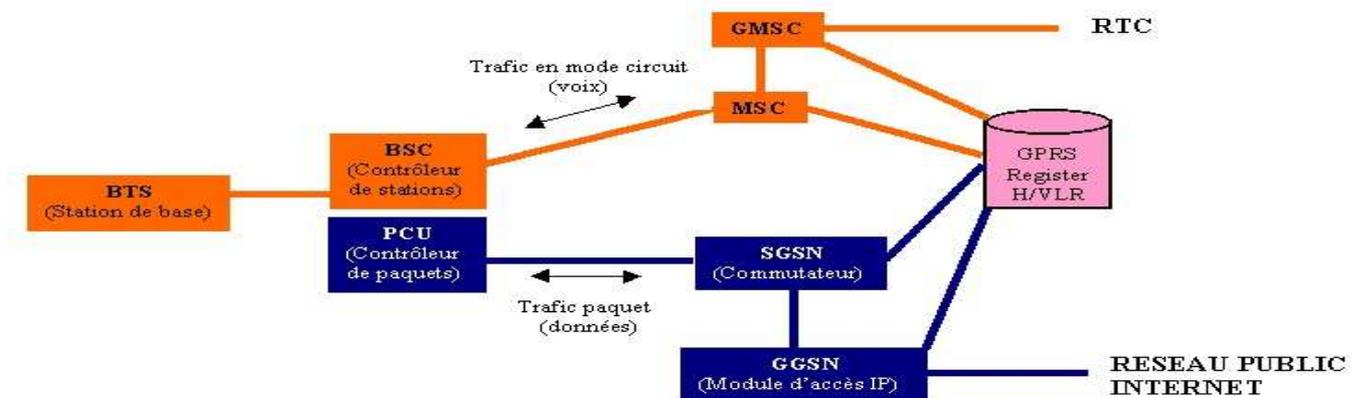


Fig. 1.8- architecture du GPRS.

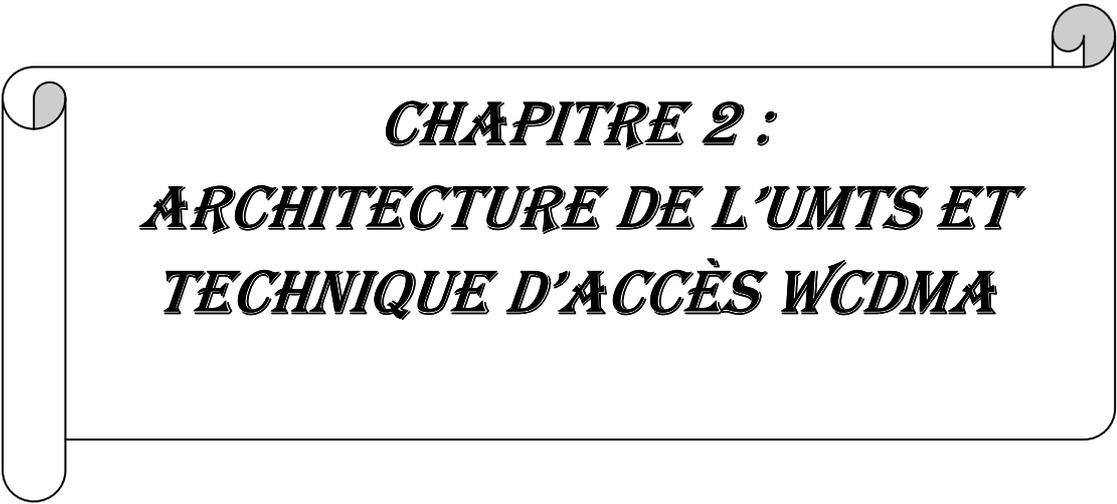
C'est une évolution vers l'Internet mobile qui permet aux usagers munis de terminaux mobiles supportant la norme GPRS de se connecter à internet. L'opérateur téléphonique joue le rôle d'intermédiaire (voir Fig. 1.8). L'infrastructure du réseau GSM n'est pas modifiée, bien au contraire elle est exploitée à nouveau, tout en ajoutant quelques éléments nouveaux. Pour les stations de base le rajout d'un logiciel de manière à contrôler mieux le réseau est nécessaire. Le BSC subit quelques transformations en lui ajoutant un contrôleur de paquets PCU (Paquets Controller Unit).

Le réseau GPRS étant un réseau à base IP, il est constitué de routeurs IP. Le réseau GSM étant un réseau mobile d'où l'intérêt de pouvoir gérer cette mobilité de manière à intégrer cette faculté au GPRS et ce par le biais du GSNS (GPRS Support Nodes) qui se décompose en deux équipements :

- **le SGSN (Serving GPRS Support Node) :** qui est considéré comme un MSC, son rôle consiste à prendre en charge les MS c'est-à-dire gérer les abonnés présents dans une zone géographique et à leur délivrer des paquets de données.
- **le GGSN (Gateway GPRS Support Node) :** Il fait office de module d'accès à Internet. C'est un routeur qui se charge de connecter le réseau UMTS à un réseau externe de commutation de paquets (IP). Il sert de passerelle entre le SGSN du réseau et les autres réseaux de données.

Conclusion :

Le service GPRS permet de considérer le GSM comme un réseau à transmission de données par paquets entre un accès radio et des terminaux mobiles. Le GPRS est compatible avec le protocole IP et X 25. L'architecture du BSS est reprise mais supporte de nouvelles fonctions. Des routeurs spécialisés SGSN et GGSN sont introduits dans le réseau GPRS. La transmission par paquets sur la voie radio permet d'économiser la ressource radio : un terminal peut être attaché au réseau, c'est à dire être susceptible d'émettre et de recevoir des données à tout moment, sans que le réseau lui alloue un canal radio dédié. Les débits instantanés maximaux envisagés sont d'environ 171 Kbit/s. Le GPRS est donc le premier pas vers la troisième génération (UMTS). Il doit encore fournir des démonstrations. On peut déjà trouver dans le commerce des téléphones compatibles avec cette technologie. Les applications mobiles basées sur la plate-forme General Packet Radio Service sont le premier pas vers la diffusion de l'Internet mobile.



CHAPITRE 2 :
ARCHITECTURE DE L'UMTS ET
TECHNIQUE D'ACCÈS WCDMA

Historique :

Lorsque le GSM a atteint ses limites en termes de support de service de transmission de données à haut débit et que d'un autre côté les services sur internet se sont développés, les professionnels et même le grand public ont alors éprouvé le besoin de réunir deux applications, à savoir la mobilité et l'accès à internet.

Depuis 1985 l'union internationale de télécommunication (U.I.T) s'intéresse à la création d'un standard de 3ème génération. Le but principal de ce système est de regrouper tous les réseaux du monde de la 2ème génération, en un seul réseau et de lui associer des capacités multimédia.

Une multitude de groupes, travaille afin d'œuvrer à la normalisation du système de la 3ème génération de téléphonie mobile.

En Europe, le système 3G est nommé UMTS. Ce système suit les recommandations de l'IMT 2000. Sa standardisation a débuté en 1990 au sein de l'ETSI qui fédère les travaux européens de normalisation grâce à des comités techniques (SMG) comportant des représentants de constructeurs déjà impliqués dans les réseaux GSM (Nokia, Ericsson, Alcatel-Lucent...) et des opérateurs européens, afin de définir une interface air unique pour ces systèmes IMT 2000.

Le PHS est la seconde génération de téléphonie mobile au Japon, cette norme a eu un tel succès que les Japonais donneraient tout pour passer à la 3G grâce à leur implication et leur influence sur l'IMT 2000 depuis 1997 au sein de l'ARIB.

L'ETSI et l'ARIB arrivent toujours à des résultats assez semblables lors des réunions de travail. C'est la raison pour laquelle ils ont réfléchi à une coopération "3GPP" qui a lieu en 1998 dans le but de s'entraider et d'arriver le plus rapidement possible à une solution qui sera proposée à l'IUT.

Le 3GPP vise à achever les spécifications du réseau d'accès et du réseau cœur qui compose l'UMTS avec une participation internationale en tenant compte des acquis du GSM.

Le 3GPP regroupe actuellement 4 organismes, à savoir :

- L'ARIB au Japon : Le Japon a lancé une norme FOMA qui est rendue compatible à l'UMTS.
- L'ETSI en Europe
- Le TTA en Corée
- Le T1P1 : représente les Etats-Unis, qui sont également présents dans le 3GPP2.

La Chine a rejoint le 3GPP en 1999 par l'intermédiaire du CWTS.

Parallèlement le 3GPP2 est créé à l'initiative des défenseurs du système nord Américain IS-95 de deuxième génération utilisant déjà la technique CDMA. Leur 3ème génération a été développée dans le cadre de l'IMT 2000 et cela donne CDMA 2000.

La Finlande est le 1^{er} pays à avoir attribué des licences UMTS.

La mise en service de l'UMTS était prévue pour 2001 au Japon et vers 2002 en Europe.

Il existe dans le monde plusieurs normes de 3ème génération concurrentes de l'UMTS. Ces normes suivent les recommandations de l'IMT 2000.

- CDMA 2000 en Amérique.
- WCDMA au Japon.
- TD-SCDMA en Chine.

Le système UMTS a été testé pour la 1ère fois en 2001 et en 2002 à l'île de MAN et à Monaco.

En Mars 2004 ont eu lieu les premiers déploiements commerciaux en Europe.

Les causes du retard de la norme UMTS :

L'UMTS arrive sur le marché de la mobilité des télécoms avec presque trois ans de retard, 2004 sera la vraie année de son démarrage. Cela peut s'expliquer par :

a- le coût d'attribution des licences :

L'UMTS est une technologie pleine d'avenir mais malheureusement très coûteuse pour les opérateurs qui veulent l'acquérir. Les états européens ont proposé des licences fixes à des prix exorbitants en sachant que l'Internet vivait à cette époque là un succès énorme (150 milliards d'euros pour un chiffre d'affaires de 200 milliards d'euros) ; cette somme a freiné le développement de l'UMTS et a affecté la santé financière des opérateurs européens. Ces prélèvements ont poussé les opérateurs à minimiser rigoureusement leurs commandes auprès des constructeurs de matériel (Alcatel-Lucent, Ericsson, Nokia...). Ces derniers se sont donc retrouvés en difficultés.

Heureusement que les opérateurs ont puisé des ressources acquises grâce au succès du GSM, pour se lancer dans la 3G.

En plus des coûts prohibitifs des licences, le problème technique (qu'ils n'ont pas pu résoudre aussi facilement que l'on pouvait l'espérer), était une autre raison expliquant ce retard.

b- les difficultés technologiques :

Dans la norme UMTS comme tout autre réseau, les performances du système sont inversement proportionnelles au nombre d'abonnés connectés sur un relais. D'après un équipementier du domaine, dans un même relais d'une zone urbaine très dense, seuls 9 utilisateurs pourront atteindre les 2 Mb/s dans une situation d'immobilité, et 15 abonnés dans un état de mouvement, mais pour un débit 6 fois inférieur ; ce qui poussera à terme à la multiplication des stations de bases pour atteindre les débits annoncés.

Aux premiers tests, des problèmes de logiciels ont surgi, rendant ainsi la fonction du handover soit très longue ou carrément inexécutable, ce qui entraîne des ruptures intempestives de connexion.

Enfin le démarrage de l'UMTS était conditionné par la disponibilité des terminaux bi-modes (GPRS/UMTS) afin de pouvoir utiliser pleinement le réseau. Le défi est donc de passer d'une norme à une autre sans difficultés, ce qui n'a pas été facile à réaliser.

c- les difficultés commerciales :

Les tarifications qui seront proposées par l'UMTS restent sans contexte la principale inconnue liée au déploiement de ce réseau.

Dans le cadre du lancement du réseau UMTS, une tarification par rapport au volume de données échangées reste la meilleure solution, ou du moins une transparence plus accrue serait envisagée, car les abonnés ont besoin de beaucoup plus de prévisibilité en matière de facturation.

Un facteur important mérite aussi d'être cité, c'est la mésentente entre opérateurs et fournisseurs d'accès (qui sont pointés du doigt). Un modèle utilisé comme celui de Bouygues en France appelé I-MODE (technologie importé du JAPON se basant sur le GPRS) reflète le meilleur exemple de coordination entre les différents acteurs de la scène télécom.

La véritable rentabilité de cette norme connaîtra sa véritable apogée entre 2014 et 2017 d'où le break observé par certains opérateurs dans l'attente de la maturité du marché. Mais 2004 reste en effet l'année du boom pour cette grande technologie, dans la mesure où 34 opérateurs comptent se lancer dans le bain.

I- Introduction :

Le numérique est le point de départ de toutes les avancées technologiques. L'UMTS est une norme de 3ème génération cellulaire, numérique mondialement connue et adoptée par l'IMT 2000.

L'introduction de ce réseau tiendra compte des facteurs techniques, politiques et commerciaux.

L'UMTS transforme plus radicalement l'interface radio pour améliorer la qualité des communications en tendant vers une qualité d'audition proche de celle de la téléphonie câblée.

L'UMTS peut supporter à la fois la téléphonie mobile (commutation de circuit) et le transport de données en introduisant d'autres services par le moyen d'utilisation des débits nettement supérieurs aux systèmes précédents.

II- Les services offerts et objectifs :

L'UMTS représente la clef de réussite pour les systèmes 3G, car il permet des améliorations substantielles par rapport au GSM, parce que :

- il permet un accès plus rapide à Internet depuis les portables, grâce à l'accroissement significatif des débits (2 Mb/s théoriquement)
- il supporte des applications multimédias à large bande telle que la visiophonie.
- il permet l'utilisation de nouvelles ressources en fréquence : donc une meilleure efficacité spectrale.
- il permet la convergence de l'informatique, des télécommunications et de l'audiovisuel vers l'UMTS.
- il améliore la qualité des communications.
- il permet de concevoir une norme compatible à l'échelle mondiale, contrairement aux normes utilisées au Japon et aux Etats-Unis.
- il répond au problème de saturation des réseaux GSM surtout dans les grandes villes.
- il fournit des débits de 2 Mb/s théoriquement sous certaines conditions.
- il offre une haute flexibilité pour introduire facilement des services.
- il permet une surveillance vidéo à distance.
- il permet une navigation routière au GPS.

III- Architecture de l'UMTS :

La caractérisation du réseau UMTS par une architecture flexible et modulaire lui permet de s'interconnecter et d'intégrer des systèmes de 2ème et 3ème génération.

Pour parler de l'architecture de l'UMTS (voir **Fig. 2.1**), il faut introduire la notion du domaine qui prendra en charge la façon de délimiter les équipements existants dans le réseau.

Cette architecture comprend deux domaines principaux :

- Le domaine de l'équipement usager.
- Le domaine de l'infrastructure qui à son tour se compose de deux sous domaines :
 - Réseau d'accès.
 - Réseau cœur.

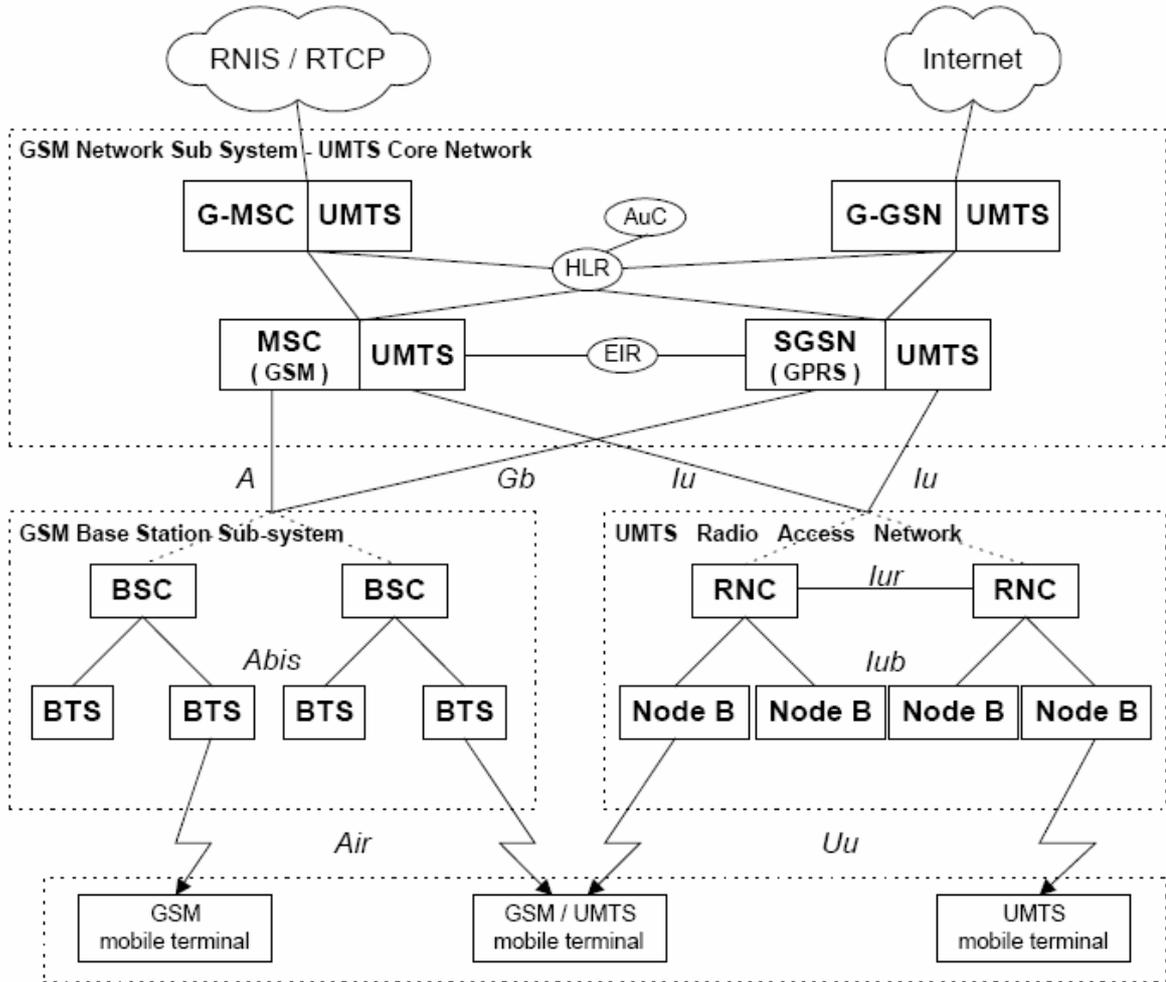


Fig. 2.1- architecture du réseau UMTS.

III-1. Le domaine de l'équipement usager :

L'UE consiste en un équipement mobile et une USIM.

III-1-1. La ME : est un terminal employé pour la communication radio sur une interface U_u (interface air WCDMA). En d'autres termes, elle permet à l'abonné de passer la main à l'infrastructure par l'intermédiaire de l'interface U_u . La ME comprend :

III-1-1-1. Equipement terminal : il englobe les services accessibles par l'utilisateur.

Ex : navigateur web, gestionnaire des MMS.

III-1-1-2. La terminaison mobile :

Elle assure la transmission de l'information vers le réseau UMTS ou autre. Elle comprend toutes les fonctions associées à la couche physique de l'UTRAN, ainsi que les protocoles du niveau 2 (MAC et RLC).

Les portables UMTS doivent être bi-modes, c'est-à-dire compatibles avec le GSM. Donc ils doivent assurer la continuité de service (voix, SMS, MMS) dans les zones non couvertes par l'UMTS. Cette continuité fait partie des engagements des opérateurs.

III-1-2. La carte USIM :

L'accès aux services de l'UMTS est conditionné par la présence d'une carte à puce appelée carte USIM. Cette carte doit suivre les spécifications 7816 de l'ISO qui spécifie différents aspects de cette carte (dimension, caractéristiques électriques, protocole d'échanges de données entre la carte et le terminal) ce qui rend cette carte indépendante du fabricant et de l'opérateur du réseau courant.

Elle comporte l'identité de l'abonné, des algorithmes d'authentification et des clefs de chiffrement l'IMSI, MSISDN, le répertoire, la langue, la liste des réseaux interdits...etc.

On sait que les téléphones 3G sont appelés à donner à l'abonné l'opportunité de transmettre des données, de visionner des vidéos... et d'appeler en tout point de la planète ; c'est la raison pour laquelle la carte UICC contient une application USIM et SIM.

III-2. Le réseau d'accès (UTRAN) :

L'UTRAN offre à l'équipement usager les ressources radio et les mécanismes adéquats afin d'acheminer les informations (données et signalisations) jusqu'au réseau cœur.

L'UTRAN est la principale évolution qui s'est faite par rapport au GSM grâce à la nouvelle technique de multiplexage utilisé dans ce domaine (WCDMA) dont nous parlerons de façon plus approfondie dans la suite de ce chapitre.

Le réseau d'accès se compose d'un ou plusieurs RNS. Chaque RNS comprend un contrôleur du réseau radio RNC qui contrôle une ou plusieurs nodes B.

III-2-1. Le RNC :

C'est l'élément intelligent de l'UTRAN. Il est l'équivalent des BSC dans le réseau GSM.

Le RNC constitue une passerelle entre l'équipement mobile et le réseau cœur grâce aux interfaces U_U et I_U respectivement.

Le RNC a pour fonction principale le routage et la synchronisation des communications entre le Node B et le réseau cœur. Il accomplit les fonctions suivantes :

- Sécurité : qui consiste à rendre confidentiel les informations échangées par l'interface radio grâce à des séquences de chiffrement.
- L'allocation des codes CDMA.

- Mobilité : elle regroupe tout ce qui est handover ; estimation de la position géographique.

III-2-2. Le Node B :

Désigne le nœud d'accès à l'UTRAN. Il joue un rôle semblable à la BTS dans le GSM. Il se compose de plusieurs stations de bases et des contrôleurs de sites.

Il se charge de convertir les signaux venant de l'interface radio en un flux de données et vis versa et de le transférer au RNC grâce à l'interface I_{ub} .

Les nodes B interviennent aussi au niveau de la couche physique, pour le contrôle de la puissance des terminaux en effectuant des mesures de champ et en les envoyant au RNC pour décider du handover.

Comme il assure d'autres fonctions telle que :

La modulation QPSK, l'adaptation de débit, codage et décodage de canal, correction des erreurs, amplification des signaux, filtrage et rayonnement.

- Le RNC et le Node B peuvent supporter les modes de duplexages FDD et TDD mais une cellule ne supporte qu'un seul mode.

III-3. Le réseau cœur :

Le réseau cœur (CN) est responsable de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes.

La version 99 des spécifications de l'UMTS s'appuiera dans un 1^{er} temps sur le réseau cœur du GPRS, c'est-à-dire que le réseau cœur de l'UMTS est scindé en deux parties distinctes dites domaines.

Le CS (Circuit Switched) Domain.

Le PS (Packet Switched) Domain.

Le domaine circuit permettra la gestion des services correspondant aux conversations téléphoniques.

Il nécessite un temps de transfert faible ; le CS supporte un débit de 384 Kb /s.

Les éléments qui composent ce domaine sont : -le MSC /VLR

-base de donnée VLR

-GMSC (commutateur relié au réseau externe)

Le domaine paquet PS a pour fonction de gérer les services correspondant à la navigation sur Internet, aux jeux en réseau et aux e-mails. Ces applications transitent en mode paquet avec des débits pouvant aller jusqu'à 2 Mb/s.

Les éléments constituant ce domaine :

SGSN : est l'équivalent du MSC/VLR en mode paquet.

GGSN : est l'équivalent du GMSC en mode paquet qui commutera vers Internet et les autres réseaux de transmission de données.

Comme il existe dans le réseau cœur des éléments communs aux PS et CS qui sont :

- HLR, - EIR, - AuC.

III-4. Concept de réseau cœur intégré :

La norme GSM permet de relier les domaines circuit et paquet malgré leurs séparations. L'UMTS s'approfondira et ira plus loin dans cette approche en introduisant la notion de réseau cœur intégré qui facilitera l'exécution des procédures combinées de mise à jour de localisation pour le CS et le PS (voir Fig. 2.2).

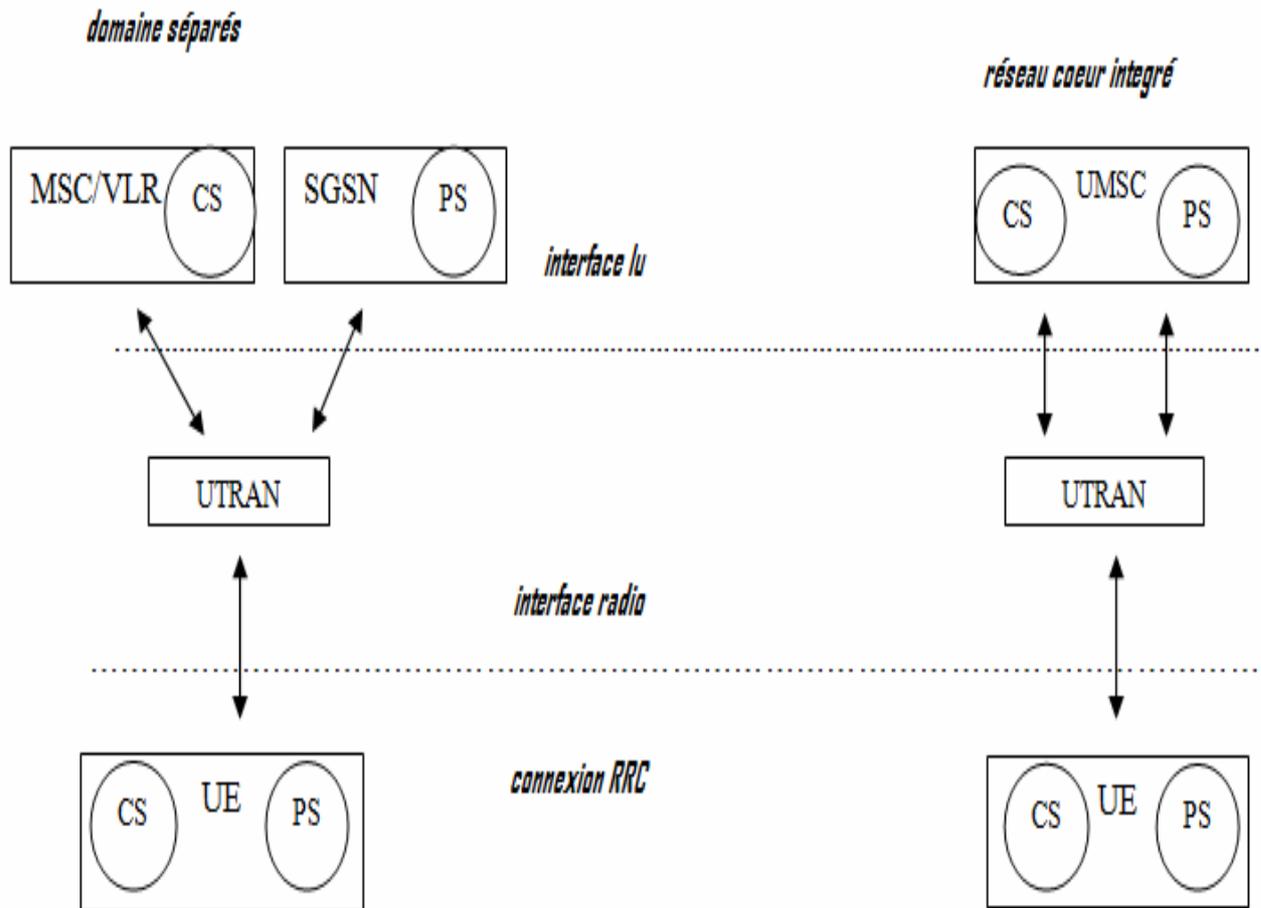


Fig. 2.2- concept de réseau cœur intégré.

A ce moment là, on aura une entité dans le réseau cœur qui regroupera à la fois la fonction du MSC/VLR et du SGSN qui sera appelée UMSC ; donc le gain apporté dans les équipements communs sera le double, ce qui a pour effet de gagner du temps en termes de traitement des procédures et la diminution du coût de maintenance du réseau.

IV- Méthode de duplexage :

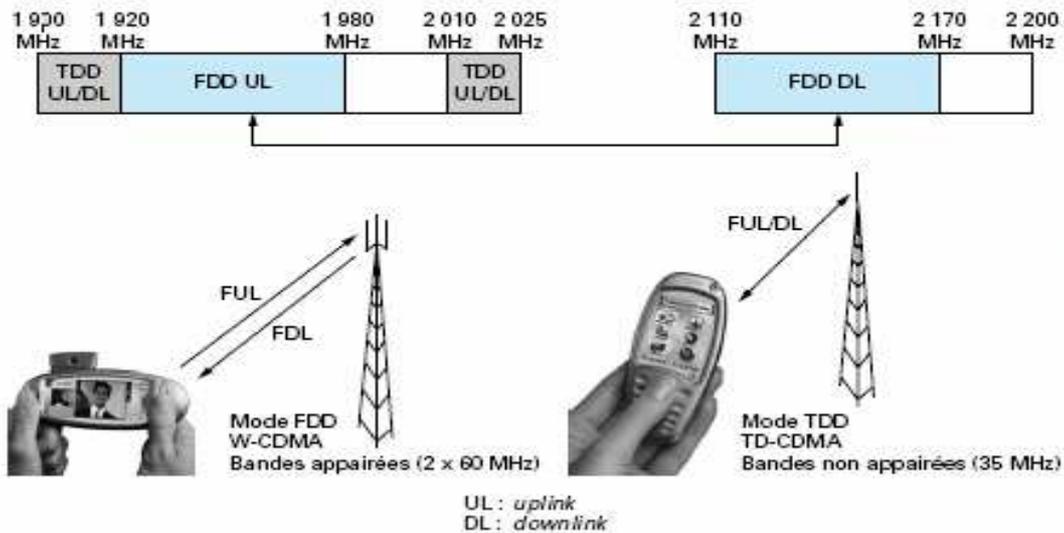


Fig. 2.3- mode de duplexage.

La norme UMTS a défini deux modes d'exploitation qui permettent l'échange de l'information entre le mobile et la station de base pour séparer la transmission UL et DL (mode FDD, TDD) (voir Fig. 2.3).

IV-1. Le mode FDD :[4]

Parmi les 230 MHz qui ont été identifiés par l'IMT 2000, 2x60 MHz sont appariées pour ce mode FDD.

Ce mode exploite deux bandes de fréquence, l'une pour transmettre, et l'autre pour recevoir simultanément avec une fréquence de garde obligatoire 190 MHz afin d'éviter les interférences.

La plage de fréquences utilisée dans ce mode est 1920- 1980 MHz (uplink)
2110- 2170 MHz (downlink)

La largeur de la porteuse est de 5 MHz alors qu'en GSM elle est de 200 KHz.

IV-2. Le mode TDD : [4]

En TDD, une seule fréquence est utilisée alternativement pour le transfert des données depuis l'appareil mobile vers la station de base, et inversement avec une séparation des séquences uplink et downlink dans le temps, en divisant la bande en time slots qui sont repartis entre les deux transferts. La largeur du canal est également de 5 MHz.

Les bandes de fréquences sont 1885- 1920 et 2010- 2025 MHz.

Le mode FDD se trouve dans un état de grande maturité par rapport au TDD grâce au soutien des différents groupes de 3GPP. C'est la raison pour laquelle il a été choisi par la norme UMTS.

V- Le HANDOVER :[4]

Dans le but d'assurer une bonne continuité des appels des abonnés en bordure de cellules tout en étant en mouvement, le réseau doit être capable de gérer toutes ces transitions géographiques. Cela en introduisant un mécanisme de transfert intercellulaire appelé handover.

Il existe quatre types de handover :

- **Le soft handover** : durant ce mécanisme deux ou plusieurs nodes B appartenant ou pas au même RNC couvre un terminal mobile (on prend le cas où le soft handover implique deux nodes B). Les deux Nodes B engagés dans ce type de handover déploient deux canaux radio différents simultanément. Donc deux signaux provenant des nodes B sont reçus par le terminal mobile grâce à un récepteur en râteau (rake) qui doit les distinguer grâce à l'utilisation de deux codes d'étalement propres à chaque cellule. (voir **Fig. 2.4**).

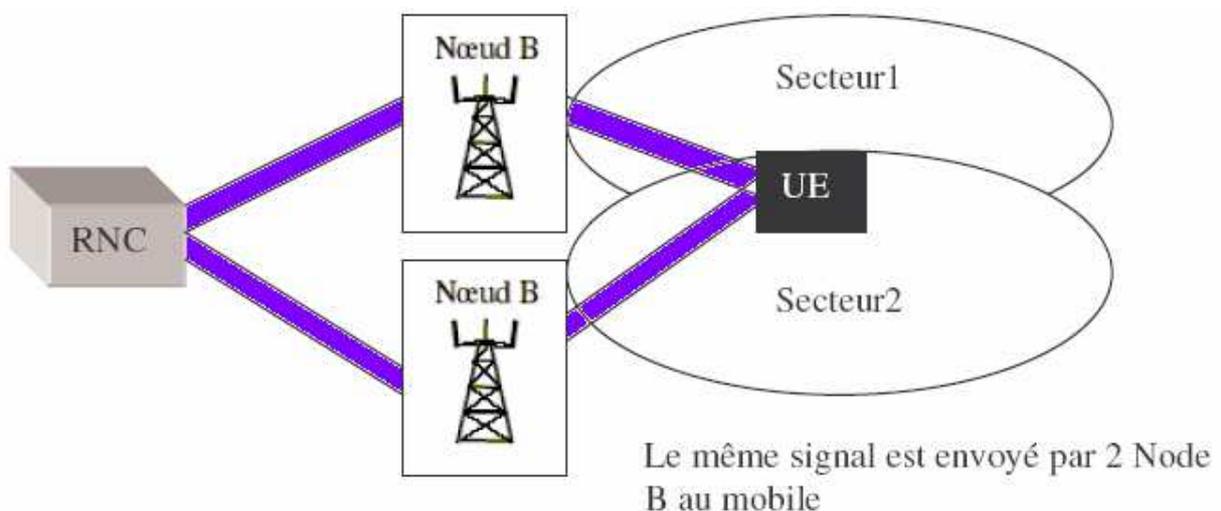


Fig. 2.4- soft handover.

Sur le lien montant : les données reçues par les deux Nodes B sont routées et combinées au niveau du RNC. Cela permet de sélectionner la meilleure trame parmi les deux signaux reçus.

- **Le softer handover** : c'est le cas où deux secteurs d'un même node B couvrent un mobile (voir **Fig. 2.5**). Du point de vue terminal, il n'existe quasiment pas de différence entre le softer et le soft handover ; par contre dans le sens montant, les signaux issus du terminal sont détectés par les deux secteurs du Node B et routés vers le même récepteur en râteau et combinés au niveau du node B.

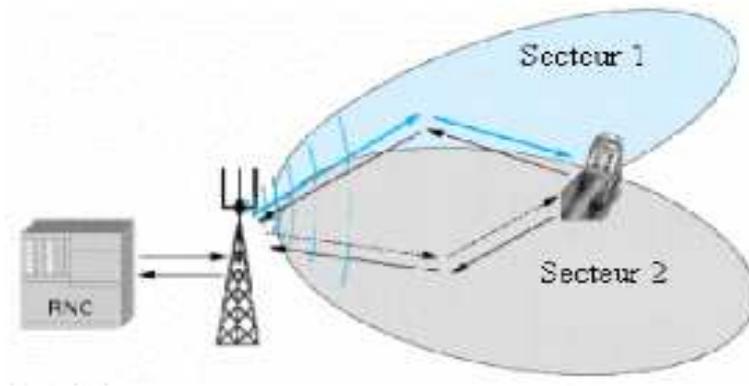


Fig. 2.5- softer handover.

Le hard handover: Il existe deux types de hard handover; hard handover inter-fréquence, handover inter-systeme.

- **Hard handover inter-frequence:** permet à un mobile de changer de fréquence.
- **Hard handover inter-systeme :** permet de passer du mode FDD au mode TDD, ou bien d'une norme à une autre.

La méthode du hard handover utilisée dans le GSM entraîne une coupure de transmission lorsque l'ancien canal n'est plus utilisé et que le nouveau ne l'est pas encore. On ne s'aperçoit pas de cette coupure car elle est de l'ordre des ms. Mais dans le cas de la transmission des données, des problèmes de perte d'informations peuvent surgir, grâce à un protocole dit RLP. Ces données sont retransmises à nouveau.

VI- Technique d'accès multiple WCDMA :

VI-1. Inconvénients des techniques de multiplexage FDMA et TDMA :

L'accès multiple est la technique de gestion de la ressource fréquentielle et temporelle qui permet à différents usagers d'interconnecter leurs circuits de voix téléphonique, de données et autres. Cela constitue un des critères fondamentaux de la qualité du réseau, en particulier la capacité (nombre d'abonnés acceptable avant la saturation).

Les deux techniques FDMA et TDMA présentent beaucoup d'inconvénients.

VI-1-1. Inconvénients du FDMA :

Le plus gros inconvénient du système FDMA est l'apparition de produits d'intermodulation qui consomment une partie de l'énergie et augmentent avec le nombre de porteuses. Ceci a pour effet de faire chuter la capacité du réseau et surtout pouvoir brouiller le signal utile. Cela nous mène à réduire la largeur de la bande utile en insérant des bandes de garde dans le but de résoudre le problème d'intermodulation et celui du recouvrement spectral incorrigible efficacement par filtrage. Ce qui implique que la largeur de la bande utile décroît en augmentant le nombre d'utilisateurs.

VI-1-2. Inconvénients du TDMA :

Les principaux inconvénients du système TDMA sont :

- l'utilisation d'un dispositif de synchronisation dans le réseau et une légère perte de capacité.
- La nécessité d'employer des temps de garde, ce qui se traduit par une grande complexité des équipements.
- l'interférence inter-symbole qui présente un grand inconvénient, mais ce problème est résolu en introduisant des techniques de filtrage et d'égalisation.

VI-2. La technique CDMA :

L'accès CDMA constitue une alternative aux autres accès multiples dans le domaine des systèmes de communication mobile et terrestre.

La technique d'accès CDMA est une technique radicalement différente des deux précédentes, car le principe consiste à affecter aux utilisateurs en communication dans une même cellule, la même bande de fréquence simultanément. Comme on verra plus loin les signaux sont séparés au moyen d'un code propre à chacun qui les différenciera à la sortie.

L'UMTS a adopté un système CDMA nouveau, appelé WCDMA, ou CDMA à large bande, supportant les informations usagers pouvant atteindre 2 Mb/s au lieu de quelques dizaines de Kb/s dans les systèmes précédents.

VI-3. Les principaux paramètres du WCDMA :

- Le WCDMA est un mode d'accès multiple à répartition de code utilisant une technique d'étalement par séquence directe. Les bits correspondant aux utilisateurs sont étalés sur une large bande. Afin de pouvoir supporter des débits très élevés jusqu'à 2 Mb/s, le WCDMA utilise des transmissions à facteur d'étalement variable et à Multicodes.
- Le débit chip fixe de 3,84 Mc/s
- Un opérateur selon sa licence, peut employer différentes porteuses dans le but d'augmenter la capacité de son réseau à condition qu'il respecte l'espacement entre les porteuses qui sont de 200 KHz, suivant le niveau d'interférence entre les porteuses.
- Le WCDMA utilise deux modes de fonctionnement ; le mode FDD (deux bandes passantes utilisées) et le TDD (une bande passante).
- L'UMTS est conforme à la norme GSM car le handover entre le GSM et l'UMTS est possible.
- Contrairement à l'IS-95, le WCDMA ne nécessite pas de synchronisation des stations de base. Ce qui facilite le déploiement de ces stations.

Dans la partie qui suivra nous allons essayer d'aborder théoriquement les techniques inhérentes à la chaîne de transmission utilisant un accès WCDMA étudiée dans la partie pratique.

VI-4. La modulation numérique : [5], [7]

Tout signal transmis sur une voie radio doit s'adapter au canal de transmission. Or, les messages numériques tels qu'ils soient ne sont pas conformes aux caractéristiques du canal. C'est la raison pour laquelle on opte pour la modulation numérique qui consiste à associer une suite numérique binaire appelée signal modulant à un signal porteur analogique appelé porteuse.

VI-4-1. Généralités :

Parmi les grandes catégories de modulation numérique utilisées nous citons :

- Modulation par saut d'amplitude ASK.
- Modulation par saut de fréquence FSK.
- Modulation par saut de phase PSK.

Il existe plusieurs critères de choix du type de la modulation numérique. Le 1^{er} critère essentiel est l'efficacité spectrale qui est le rapport du nombre de bits transmis par seconde par hertz de bande. Il caractérise la capacité d'une modulation à faire passer un débit maximum dans une largeur de canal. Elle est comprise entre 2 et 8 dite "modulation performante".

$$\rho = \frac{d}{b} = \frac{\text{débit binaire}}{\text{bande occupée autour de la porteuse}}$$

Où le $d = \frac{1}{T_b}$, T_b durée d'un bit en s.

Le 2^{eme} critère selon lequel on juge la modulation numérique est la probabilité d'erreur qu'elle produit lors d'une transmission à l'existence d'un bruit blanc. On estime cette probabilité par le taux d'erreur binaire ou symbole :

$$TEB = \frac{\text{nombre d'élément binaire faux}}{\text{nombre d'élément émis}}$$

Et en dernier, on a les équipements électroniques qui rentrent en jeu par le choix du type de la modulation numérique choisie selon la complexité de conception des circuits utilisés.

Le signal porteur sinusoïdal peut s'écrire comme suit :

$$x(t) = A_{RF} \cos(2\pi f_0 t + \varphi_0)$$

Les caractéristiques physiques du signal porteur sont :

- L'amplitude.
- La fréquence.
- La phase.

Le principe de la modulation est de faire varier un des ces paramètres au rythme du signal numérique modulant.

On obtient donc un signal haute fréquence centré autour de f_0 contenant l'information $d(t)$.

On obtient la relation suivante :

$$x_{mod}(t) = A \cos(2\pi f_0 t + \varphi(t))$$

$A(t) = A_{RF} K d(t)$ → représente la modulation d'amplitude. Avec $a(t) = K d(t)$

$\varphi(t) = K d(t)$ → représente la modulation de phase.

$\varphi(t) = K \int d(t)$ → représente la modulation de fréquence.

$$x_{mod} = A_{RF} a(t) \cos(2\pi f_0 t) \cos(\varphi(t)) - a \sin(2\pi f_0 t) \sin(\varphi(t))$$

$$x_{mod} = A_{RF} (I(t) \cos(2\pi f_0 t) - Q(t) \sin(2\pi f_0 t))$$

$$\begin{cases} I(t) = a(t) \cos \varphi(t) \\ Q(t) = a(t) \sin \varphi(t) \end{cases}$$

Pour une modulation de phase :

$$x_{mod} = I(t) \cos(2\pi f_0 t) - Q(t) \sin(2\pi f_0 t).$$

Cette relation nous montre que tout signal radio fréquence modulé présente une double modulation en quadrature. Inphase et quadrature.

En notation complexe :

$$\tilde{x}_{mod} = \tilde{x}_e(t) e^{j2\pi f_0 t}$$

Avec :

$\tilde{x}_e(t)$: est l'enveloppe complexe.

$$\tilde{x}_e(t) = I(t) + jQ(t)$$

$I(t)$ et $Q(t)$ sont les parties réelles et imaginaires de l'enveloppe complexe.

$a(t)$ et $\varphi(t)$ sont le module et la phase de l'enveloppe.

Dans le 4ème chapitre, relatif à la chaîne de transmission étudiée, nous nous intéresserons à la modulation QPSK.

VI-4-2. Modulation QPSK :

Le WCDMA utilise ce type de modulation pour ses nombreux avantages. Elle se caractérise par un saut de phase ($45^\circ \rightarrow 135^\circ \rightarrow -45^\circ \rightarrow -135^\circ$).

Les bits du train binaire sont regroupés et convertis en composantes symbole.

$$T_{symbole} = N_b T_{bit}$$

N_{bit} : Nombre de bits pris par symbole.

$$M = 2^{N_b}$$

M : Nombre d'états de la modulation

Dans une modulation QPSK, le nombre d'états est de 4, ce qui implique que deux bits forment un symbole.

Donc :

$$T_{\text{symbole}} = 2 T_{\text{bit}}$$

Le modèle général des modulations de phase sont données par :

$$\tilde{x}_s(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} e^{j\varphi_n} \text{rect}_{T_s}(t - nT_s)$$

φ : La suite des valeurs discrètes de phase qui peuvent se calculer par la formule $\varphi_n(t) = \pi \left(\frac{2d+1}{M} \right)$

d : est la valeur du symbole en décimal, il peut prendre les valeurs suivantes : 0, 1, 2, 3

Les formes temporelles des composantes symboles s'écrivent :

$$I(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} I_n \text{rect}_{T_s}(t - nT_s)$$

$$Q(t) = \sum_{n=0}^{+\infty} Q_n \text{rect}_{T_s}(t - nT_s)$$

Où : $I_n(d) = \cos(\varphi_n(d))$

$Q_n(d) = \sin(\varphi_n(d))$

La figure ci-dessous présente un diagramme de constellation d'une modulation QPSK.

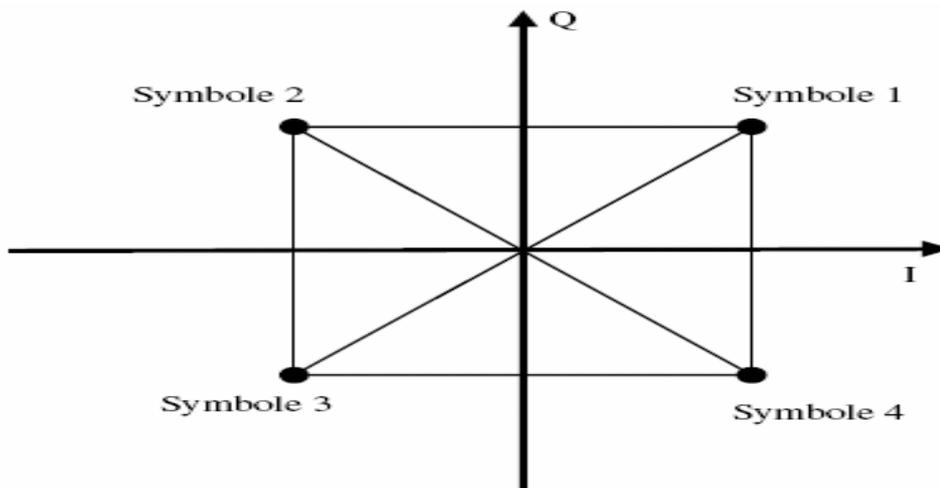


Fig.2.6- diagramme de constellation d'une modulation QPSK.

VI-5. L'étalement du spectre :

C'est dans les années 90, avec l'apparition des communications, que l'étalement de spectre est utilisé pour le partage des ressources radios. En effet cette technique est l'un des avantages mis en œuvre dans le système WCDMA, car la puissance du signal est étalée sur toute la largeur de la bande de fréquence disponible. Cela fait apparaître deux caractéristiques importantes :

- L'étalement de la puissance sur la bande spectrale disponible, confondra le signal WCDMA avec le bruit du canal et donc difficilement détectable par des utilisateurs espions tout en gardant la même puissance (voir **Fig.2.7**).
- Un signal CDMA étalé est plus résistant aux brouilleurs au cours de la transmission, car lors du désétalement pendant que le message est reconstruit, la puissance du brouilleur est étalée (voir **Fig. 2.8**).

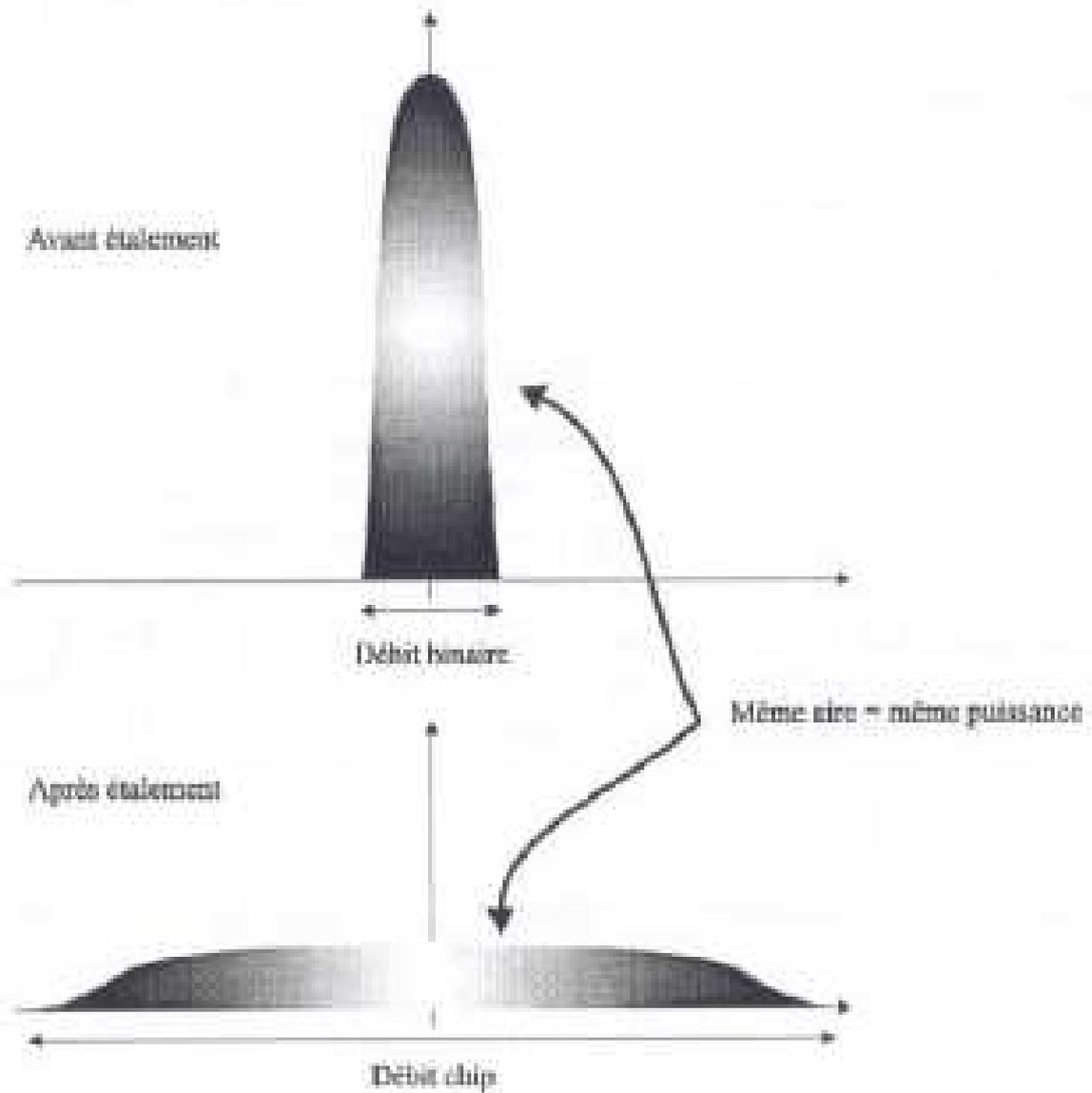


Fig. 2.7- puissance d'un signal étalé.

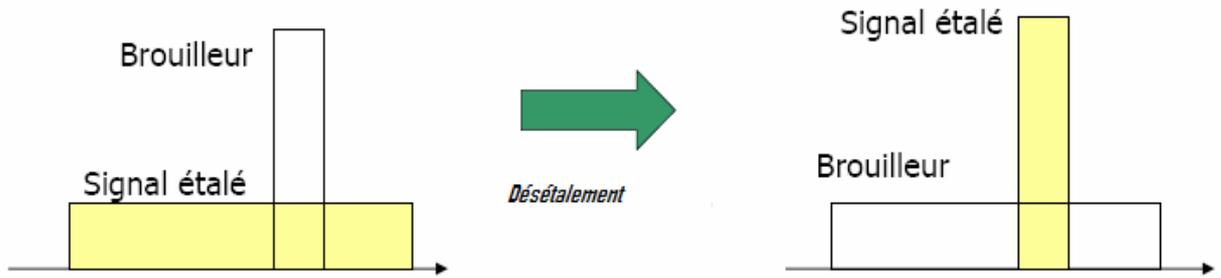


Fig. 2.8- étalement du brouilleur.

Après plusieurs études sur la capacité maximum d'un canal de transmission, Shannon et Haltey ont aboutis à la relation suivante :

$$C = B \log \left(1 + \frac{S}{b} \right)$$

Comme nous pouvons le constater, cette relation montre la capacité maximale d'un canal de transmission, c'est-à-dire que le débit maximum d'une source pour la transmission d'information sans erreur est proportionnel à la bande passante du canal et au logarithme du rapport S/b. En utilisant un codage adéquat on peut donc augmenter voire maximiser la capacité en agissant sur un des deux paramètres.

Le WCDMA utilise l'étalement de spectre à séquence directe DSSS.

L'idée est de transformer un signal relativement étroit en un signal qui a l'apparence d'un bruit sur une large bande (voir Fig. 2.9). Le principe du DSSS consiste à multiplier simplement une séquence d'informations numériques par une séquence de code PN, codée au préalable NRZ. Le débit des éléments binaires de codage est très supérieur à celui des éléments binaires d'information, ce qui a une influence majeure sur l'occupation spectrale.

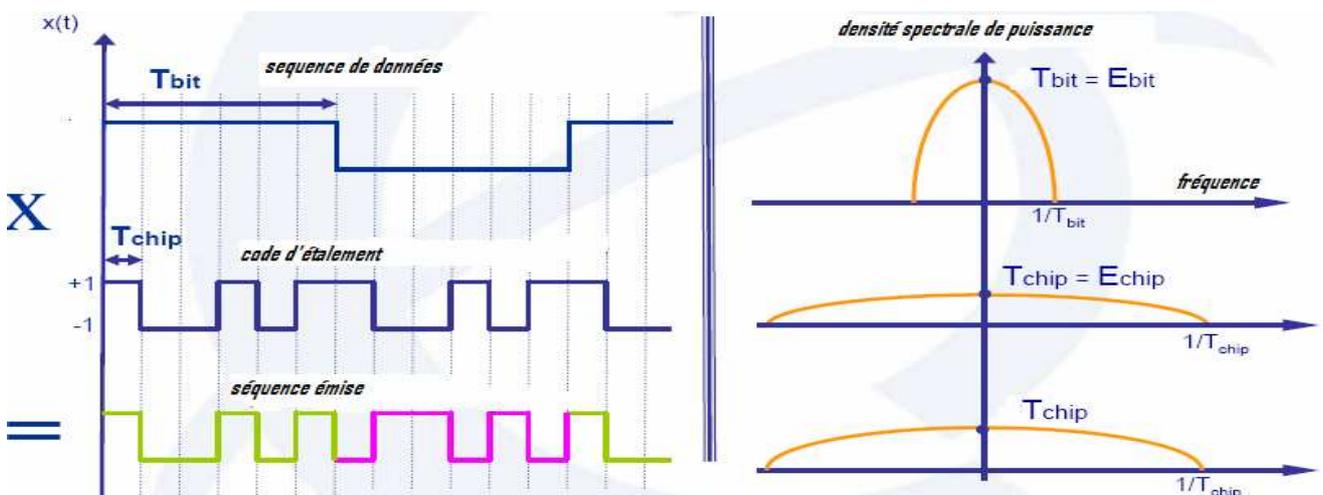


Fig. 2.9- étalement du spectre.

On appelle SF (spreading factor) ou encore gain de traitement, le rapport G entre la bande du signal résultant du processus d'étalement B_{chip} et la bande occupée par le signal d'information B_{bit} .

$$G = \frac{B_{chip}}{B_{bit}} = \frac{T_{bit}}{T_{chip}}$$

Le gain de traitement est un point très important car il détermine la capacité des systèmes de communication WCDMA, comme il offre à ce dernier une certaine robustesse face aux interférences qui sont générées par la réutilisation de la même porteuse sur des stations de base proches les unes des autres.

A la réception, la même opération est effectuée. En faisant l'approximation d'un trajet unique, on peut considérer que le signal reçu $R(t)$ est égal au signal émis affecté d'un retard τ .

$$R(t) = d(t-\tau) \cdot C(t-\tau).$$

Le signal $R(t)$ est multiplié par une réplique du code émetteur à la réception, en calculant la corrélation du signal avec une réplique du code émetteur. Cela nous permettra de récupérer l'information.

$$E(t) = d(t-\tau) \cdot C(t-\tau) \cdot C(t-\tau).$$

Si le récepteur utilise un mauvais code le signal, il ne sera pas récupéré à la réception. C'est la raison pour laquelle il doit y avoir une parfaite synchronisation entre l'émetteur et le récepteur afin de désétalement correctement les signaux.

En cas d'émission simultanée de différents signaux, un signal composite est émis (somme des différents signaux encodés).

$$E(t) = C_1(t) \cdot d_1(t) + C_2(t) \cdot d_2(t) + \dots + C_n(t) \cdot d_n(t).$$

Lors du démultiplexage des données reçues le récepteur utilisant la séquence C_1 va multiplier le signal reçu par $C_1(t-\tau)$, le résultat étant :

$$E(t-\tau) = C_1(t-\tau) \cdot d_1(t-\tau) \cdot C_1(t-\tau) + C_2(t-\tau) \cdot d_2(t-\tau) \cdot C_1(t-\tau) + \dots + C_n(t-\tau) \cdot d_n(t-\tau) \cdot C_1(t-\tau).$$

On note que $C_1(t-\tau) \cdot C_1(t-\tau) = 1$.

$$C_i(t-\tau) \cdot C_i(t-\tau) = 0 \text{ pour } i \text{ différent de } 1.$$

VI-5-1. Les codes utilisés dans l'UTRAN :

Les codes mis en œuvre sur l'interface radio de l'UTRAN sont de types OVVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor) appelés codes de canal dans les spécifications de l'UTRAN. Chaque séquence du code est propre à un canal physique car les séquences sont orthogonales de plus elles ne sont pas toutes de même longueur, selon le débit des données à transmettre, cela nous permettra de faire varier le gain de traitement, en dépit du chip rate qui est fixe dans l'UTRAN.

VI-5-2. Les codes OVVSF : [4]

Les codes sont générés de l'UTRAN de manière récurrente

$$\begin{aligned}
 c_1 &= (c_{1,1}) = (1) \\
 c_2 &= \begin{pmatrix} c_{2,1} \\ c_{2,2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \\
 c_{2n} &= \begin{pmatrix} c_{2n,1} \\ c_{2n,2} \\ c_{2n,3} \\ c_{2n,4} \\ \vdots \\ c_{2n,2n-1} \\ c_{2n,2n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (c_{n,1})(c_{n,1}) \\ (c_{n,1})(-c_{n,1}) \\ (c_{n,2})(c_{n,2}) \\ (c_{n,2})(-c_{n,2}) \\ \vdots \\ (c_{n,n})(c_{n,n}) \\ (c_{n,n})(-c_{n,n}) \end{pmatrix} \quad n \geq 2
 \end{aligned}$$

La figure ci-dessous montre la représentation des codes OVSF sous forme d'arbre. De cette structure, on constate que toutes les séquences de code appartenant à un même niveau hiérarchique de l'arbre sont toutes de même longueur et par conséquent elles permettront le même gain de traitement (ex : SF=2 pour tous les codes $C_{2,i}$), comme elles sont orthogonales lorsqu'elles sont alignées (ex : l'intercorrélation $C_{4,2}, C_{4,4}=0$)

Par contre, deux codes appartenant à la même branche de l'arbre, l'un étant par exemple le père de l'autre, ne sont pas orthogonaux, ce qui implique qu'un code $C_{2n,i}$ de l'arbre ne peut être employé que si aucun code situé sur les sous branches généré à partir de $C_{2n,i}$ jusqu'à la racine de l'arbre n'est utilisé.

Cette contrainte limite sérieusement le nombre de codes utilisables simultanément. Ainsi lorsque les quatre codes de SF 4 (ou les 8 codes de SF 8) sont utilisés, plus aucun code de l'arbre ne peut être utilisé.

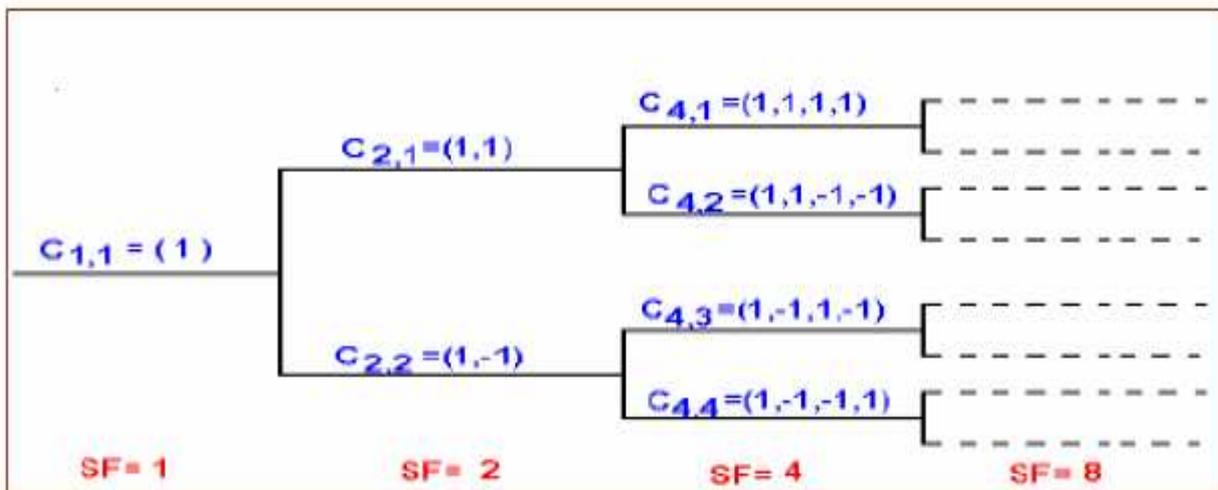


Fig. 2.10- arbre de génération des codes OVSF.

VI-5-3. Séquences de brouillage :[7]

Les codes OVSF ne sont pas tous pseudo aléatoires, par exemple les séquences de type $C_{2n, i}$ sont des suites interrompues de 1. Par conséquent elles ne peuvent être utilisées ainsi car elles sont détectables. Il est donc indispensable d'avoir recours à un deuxième niveau de codage, utilisant cette fois-ci des séquences PN appelées codes de brouillage.

Il existe différentes méthodes de génération de séquences PN. L'une des plus simples consiste à utiliser un générateur à base de registre à décalage et d'additionneur "ou exclusif". Un générateur de séquences pseudo aléatoires est représenté dans la figure ci-dessous.

Sur l'interface UTRAN, le mécanisme est plus sophistiqué, la grandeur est composée de 25 registres à décalage générant une séquence de $2^{25}-1$ éléments binaires.

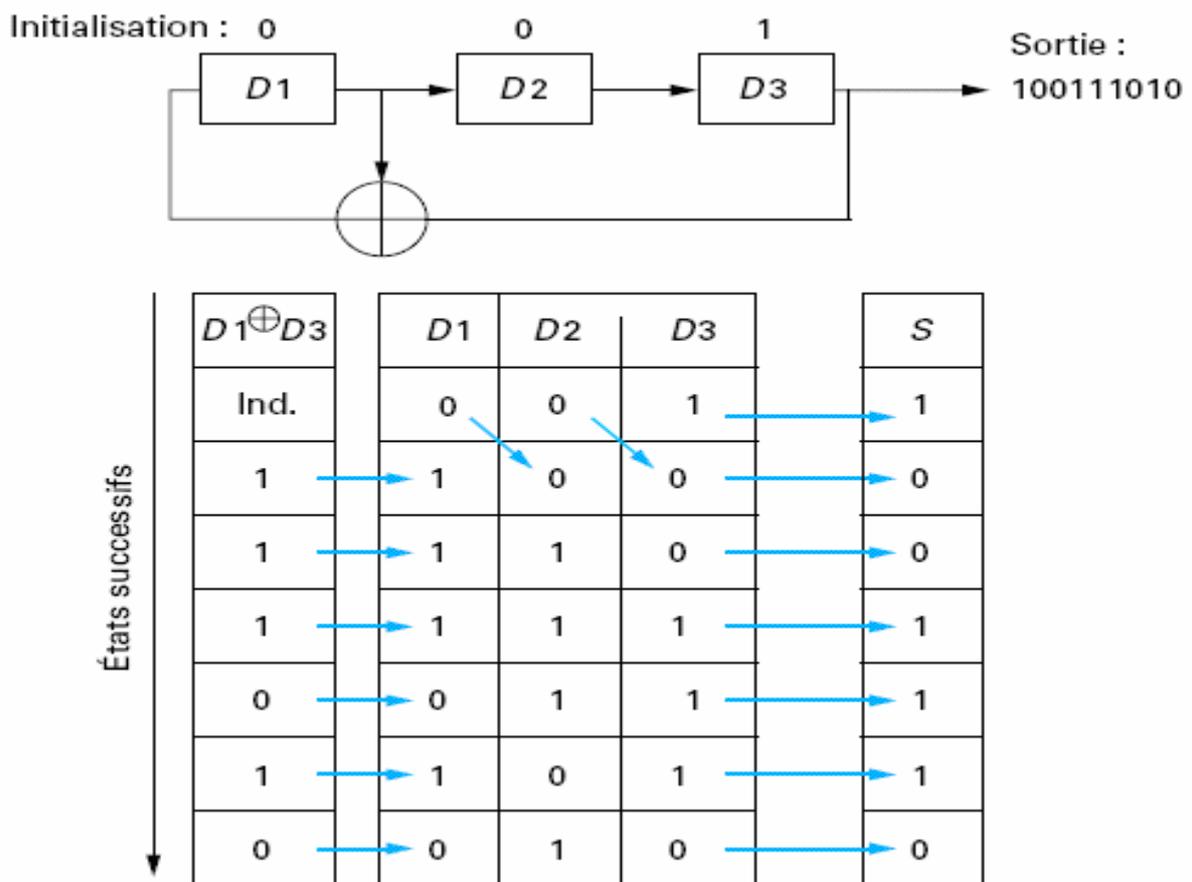


Fig. 2.11- génération des codes PN.

VI-6. Le contrôle de puissance :

Contrairement aux techniques FDMA et TDMA, dans le système WCDMA, tous les utilisateurs utilisent la même bande de fréquence où chacun est une source d'interférence par rapport aux autres. Par conséquent le contrôle de puissance est une procédure particulièrement obligatoire.

Sur la voie montante, en l'absence du contrôle de puissance d'émission des mobiles, les usagers se trouvant au bord des cellules se voient désavantagés par rapport à ceux qui sont moins loin de la

station de base qui reçoit mieux ces derniers. On parle d'effet proche lointain (near-far). Il est donc primordial d'ajuster en permanence cette puissance des mobiles du réseau (à 1500 Hz).

Pour la voie descendante, tous les signaux sont émis à partir d'une source unique, ce qui implique que les niveaux de puissance à l'émission est équilibré. Dans ce cas, le contrôle de puissance se résume à limiter des interférences pour les cellules voisines et à fournir à l'utilisateur la qualité de service demandée.

Il existe trois types de contrôle de puissance :

VI-6-1. Le contrôle de puissance en boucle ouverte :

Il est déployé lors de l'accès initial du mobile au réseau d'accès. Le terminal d'utilisateur effectue la mesure du niveau de puissance sur le canal CPICH de la station de base sélectionnée, en tenant compte de la perte de propagation calculée dans le canal. En effet, le mobile ajuste la puissance d'émission de sa demande d'accès, en lisant à partir des informations système envoyées par la station de base, le niveau de puissance déployée par le canal balise et déduit les pertes précédentes.

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

Dans le cas où il n'y a pas de réponse du Node B, le UE se voit dans l'obligation d'élever sa puissance.

VI-6-2. Le contrôle de puissance en boucle fermée (inner loop) :

L'information est véhiculée sur la voie montante. A ce moment, le Node B mesure le E_b/N_0 reçu. Par la suite, il le comparera au E_b/N_0^* (E_b/N_0 cible) qui dépend de la nature de la communication en cours. Deux cas peuvent se présenter :

- Si $E_b/N_0 > E_b/N_0^*$ le Node B demande à l'UE de baisser sa puissance.
- Si $E_b/N_0 < E_b/N_0^*$ le Node B demande à l'UE d'augmenter sa puissance.

Ce principe reste exploitable dans le sens descendant, sachant que dans ce cas la raison en est toute différente. Dans ce sens de la transmission, la puissance provenant du Node B doit être la plus faible possible tout en garantissant une bonne qualité de réception.

VI-6-3. Le contrôle de puissance en boucle fermée (outer loop) :

C'est une boucle plus lente que la précédente, elle fixe la valeur de la consigne E_b/N_0^* et la transmet aux Nodes B.

Cette valeur est calculée d'après une mesure de la qualité des trames reçues des stations de base sur une certaine durée (pourcentage de trame erronée). C'est une mesure de qualité numérique.

Dans le cas où la qualité résultante est en effet trop élevée, on peut diminuer la consigne, ce qui aura pour incidence de conduire le mobile à transmettre moins fort. Si elle est trop faible, dans ce cas il faudra l'augmenter, le mobile transmettra plus fort.

VI-7. Récepteur RAKE :

Même si les ondes électromagnétiques se propagent en lignes droites en espace libre, c'est rarement le cas dans un environnement réel notamment urbain.

Ces ondes se propagent dans un canal caractérisé par plusieurs réflexions, diffractions et atténuations du signal dues à des obstacles tel que les immeubles ou tout simplement le relief de la zone. Cela engendre une propagation caractérisée par des trajets multiples et il en résulte un signal qui peut mettre plus ou moins de temps pour arriver au niveau du récepteur. Ce dernier reçoit donc différentes répliques décalées dans le temps (voir **Fig. 2.12**) avec différentes puissances.

Si la différence entre deux versions d'un même signal est supérieure à $0,26 \mu\text{s}$, il sera possible d'identifier, de décoder indépendamment les deux composantes de ce signal puis de les additionner d'une manière cohérente. Cette valeur minimale correspond à une différence de parcours de 78m.



Fig. 2.12- les retards induits par les trajets multiples.

Les multi trajets engendrent une dispersion dans le temps de l'énergie du signal d'où l'importance des multiples récepteurs à corrélation qui ont pour tâche de recombinaison cette énergie. En effet, chaque récepteur doit être paramétré de façon à recevoir le signal ayant une puissance maximale. On suppose que L répliques d'un symbole soient reçues avec des évanouissements indépendants les uns des autres, il y a une très grande chance que l'une des répliques n'ait pas subi une atténuation forte.

L'idée consiste à exploiter cette diversité afin d'augmenter la fiabilité de transmission et de lutter contre les évanouissements.

Le récepteur mis en œuvre est le récepteur RAKE (voir **Fig. 2.13**). Il peut être utilisé pour les deux sens de transmissions, aussi bien dans un mobile que d'une station de base.

Le récepteur RAKE est composé d'un certain nombre de doigts (éléments individuels) indépendants comportant chacun un générateur de codes et un corrélateur qui a pour fonction de désétaler les symboles du signal utilisateur.

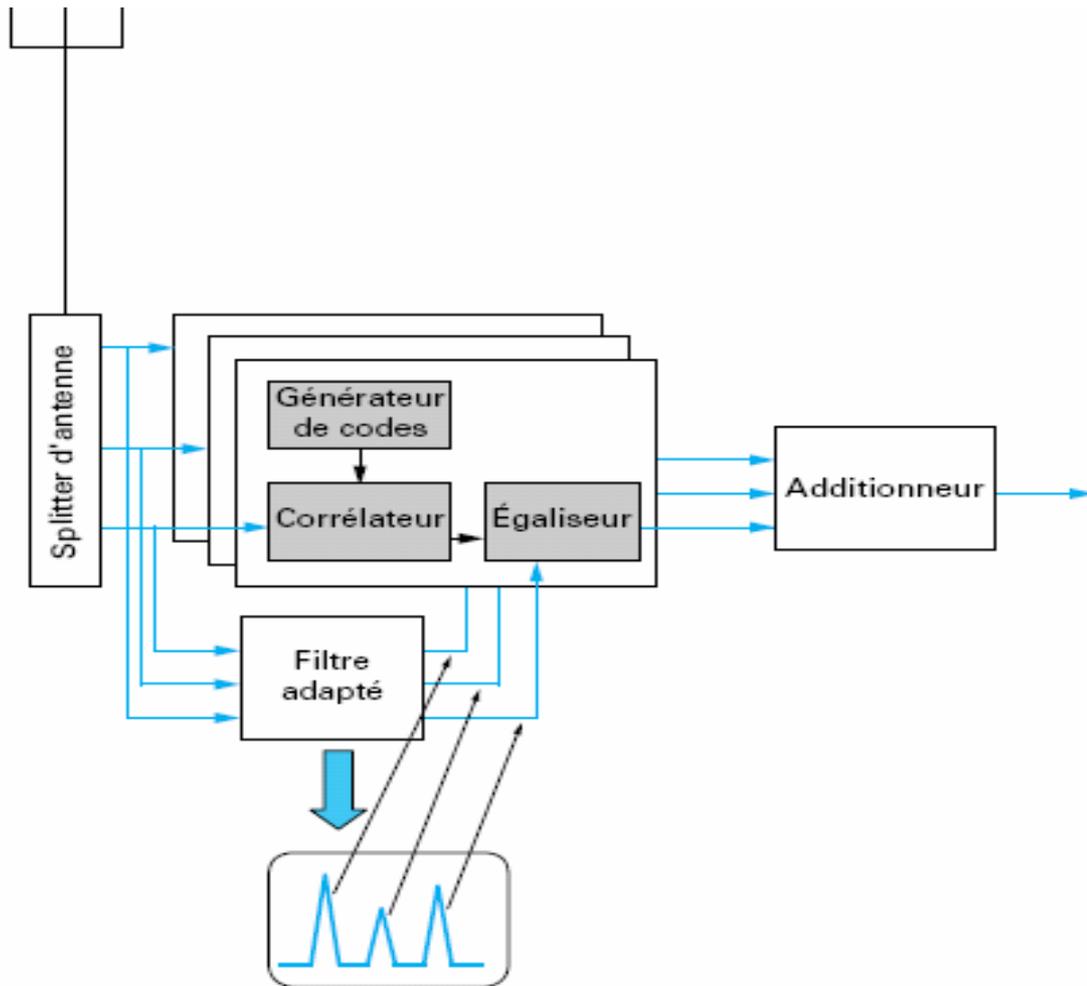


Fig. 2.13- synoptique d'un récepteur RAKE.

Chaque récepteur à corrélation doit être capable de détecter les changements de phase, d'amplitude et de les corriger. Les retards d'arrivée des signaux sur les différents doigts sont compensés grâce à un égaliseur qui va remettre les signaux en phase. Ces derniers seront traités dans un sommateur qui est commun à l'ensemble des doigts qui se charge de sommer les symboles modifiés. Le dernier élément à citer, est le filtre adapté qui permet d'assigner aux différents doigts les périodes durant lesquelles les signaux sont maximums.

VI-8. Filtre à racine de cosinus surélevé : [7]

Ce filtre numérique est très important à la chaîne de transmission étudiée dans le 4ème chapitre, car le spectre transposé au domaine fréquentiel des symboles considérés est généralement trop large. Le rôle de ce filtre à l'émission est de restreindre le spectre au premier lobe de la transformée de FOURIER. En réception, il permet de diminuer les interférences entre les symboles introduits dans le canal de transmission et de réduire les interférences du bruit blanc.

La fonction de transfert de ce filtre est :

T_s : est la période du signal considéré.

α : est le facteur de retombée.

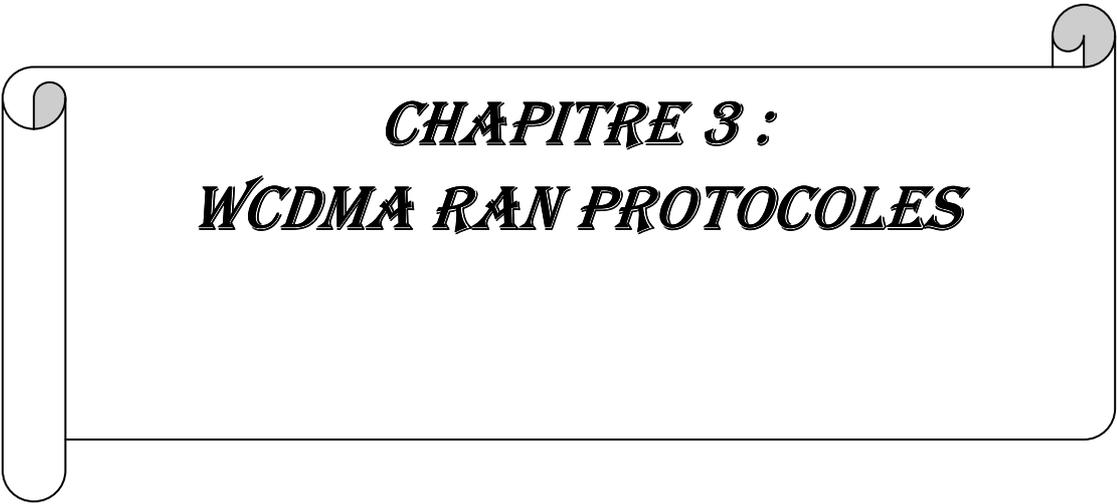
$$0 \leq \alpha \leq 1$$

$$\frac{H(f)}{\sqrt{T_s}} = \begin{cases} 1 & \text{pour } 0 \leq |f| < \frac{1-\alpha}{2T_s} \\ \sqrt{\frac{1}{2} \left[1 + \cos \left(\frac{\pi T_s}{\alpha} \left(f - \frac{1-\alpha}{2T_s} \right) \right) \right]} & \text{pour } \frac{1-\alpha}{2T_s} \leq |f| \leq \frac{1+\alpha}{2T_s} \\ 0 & \text{pour } \frac{1+\alpha}{2T_s} < |f|. \end{cases}$$

Conclusion :

Après avoir étudié l'architecture du réseau UMTS, nous nous sommes rendu compte qu'un énorme travail a été réalisé par le groupe 3GPP. En effet, l'UMTS a des ambitions beaucoup plus larges par rapport aux réseaux de 2ème génération de manière générale, notamment en termes de services offerts à haut débit.

D'où la nécessité de mettre en œuvre une technique de multiplexage WCDMA, s'inspirant des principes de la technique CDMA, ayant des avantages assez intéressants par rapport aux différentes techniques employées dans les autres systèmes de communication.



CHAPITRE 3 :
WCDMA RAN PROTOCOLES

I- Introduction :

Au cours de la modélisation du réseau UMTS, un découpage en niveau a été introduit dans les spécifications du 3 GPP. Ce découpage est conforme à l'esprit du modèle en couche OSI. Son but est de séparer les niveaux de service indépendants dans le réseau UMTS.

II- Notion d'AS (Access Stratum) et NAS (Non Access Stratum) :

Un réseau UMTS est composé de deux niveaux principaux, appelés AS et NAS. Ce découpage en niveau correspond à une répartition logique des fonctions du réseau (voir **Fig. 3.1**).

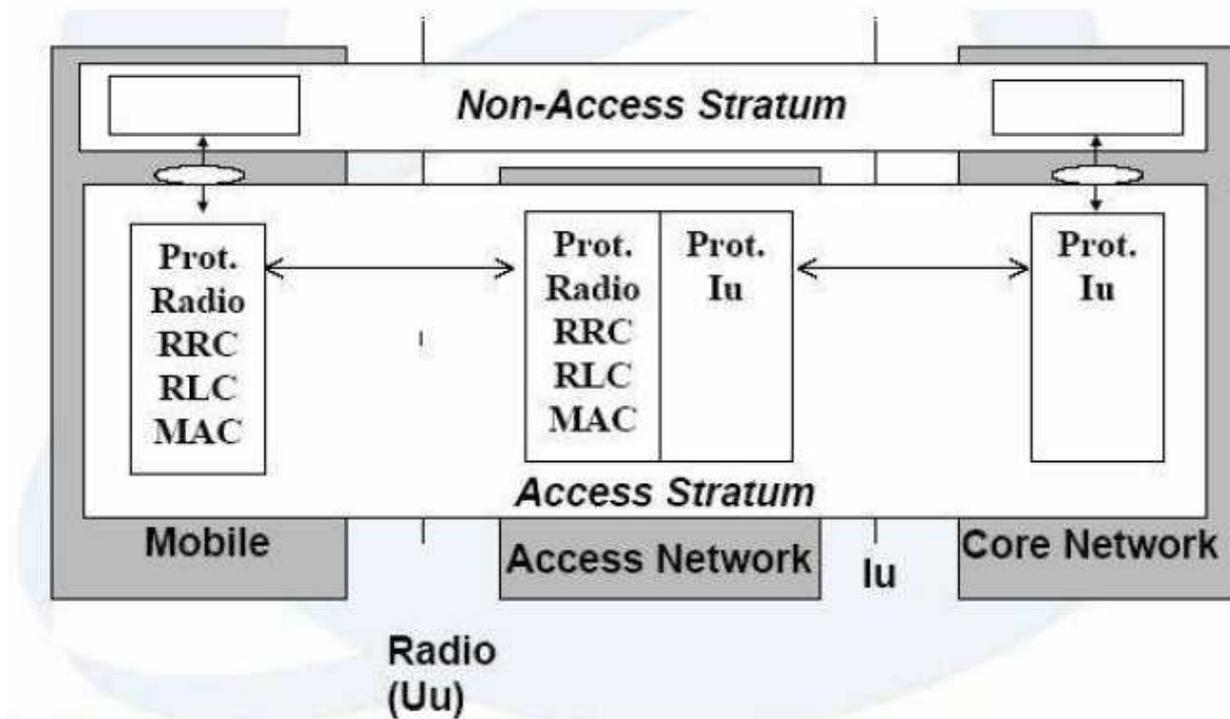


Fig. 3.1- découpage en strates.

L'Access Stratum regroupe toutes les fonctions du réseau UMTS qui sont liées au réseau d'accès. Les fonctions de gestion des ressources radio et de handover sont incluses. L'UTRAN représente le réseau d'accès de l'UMTS, il est inclus dans l'Access Stratum. Notons par ailleurs que l'AS comprend aussi l'équipement mobile et une partie du réseau cœur.

Le niveau Non Access Stratum regroupe toutes les autres fonctions du réseau UMTS, qui sont indépendantes du réseau d'accès, comme :

- Les fonctions d'établissement d'appel.
- Les fonctions de gestion de la mobilité des mobiles en mode veille.

| | Access Stratum | Non Access Stratum |
|--------------------------------------|----------------|--------------------|
| Gestion de la signalisation d'appel | | x |
| Authentification | | x |
| Fonction de handover | x | |
| Gestion des services supplémentaires | | x |
| Gestion des ressources radio | x | |
| Chiffrement | x | (x) |
| Compression | x | (x) |
| Mécanismes de facturation | | x |

Tableau. Fonctions des différentes strates.

Remarque : certaines de ces fonctions sont présentes dans les deux niveaux.

III- Interface Radio :

Tout comme le GSM, les protocoles de l'interface radio s'appliquent aux trois premières couches du modèle OSI (voir Fig. 3.2).

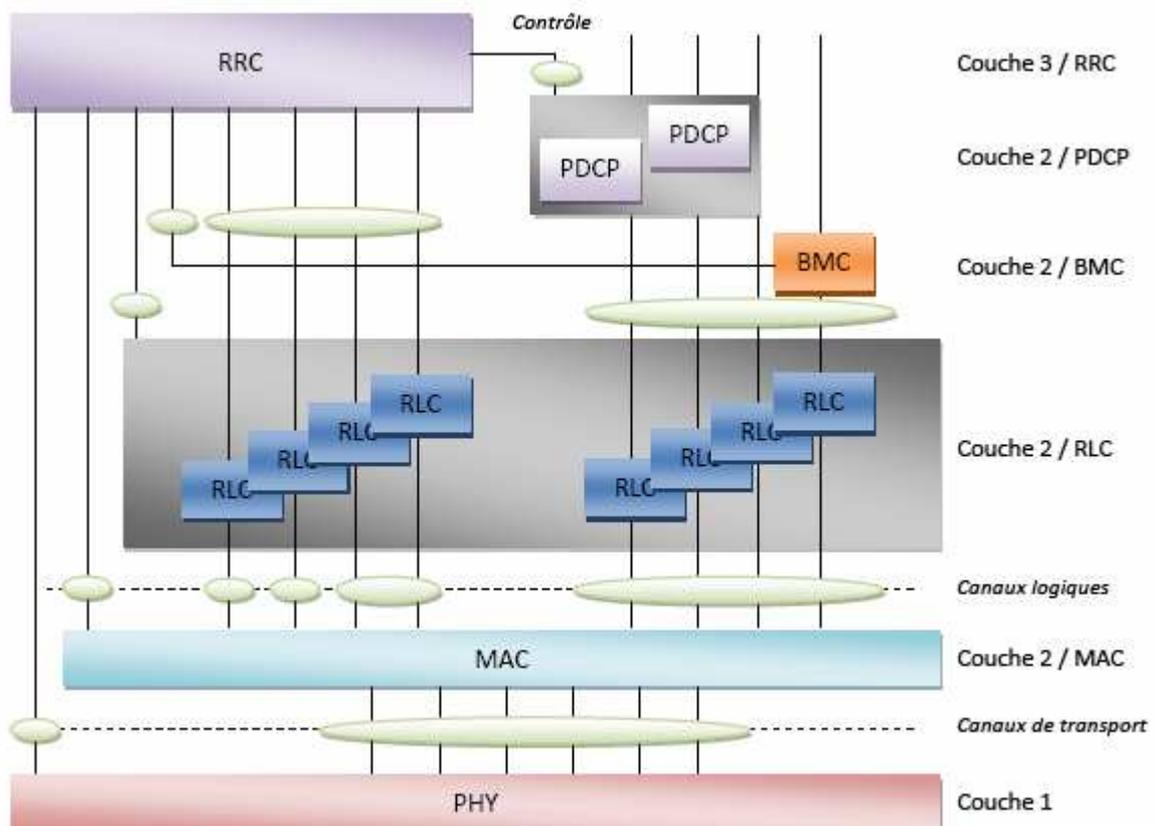


Fig. 3.2- découpage en couche de l'interface d'air.

Le niveau 1 : Il représente la couche physique de l'interface radio. Elle se charge des fonctions du codage canal, entrelacement et de modulation.

Le niveau 2 : Il inclut les couches suivantes PDCP, RLC, MAC et BMC.

Il se charge des fonctions suivantes :

- Assurer le transport fiable des données entre deux équipements du réseau.
- Assurer le multiplexage des données sur les canaux de transport radio.
- Assurer l'indépendance des protocoles radio de l'UTRAN.
- Supporter des algorithmes de compression de données ou en-têtes de paquets de données.
- Assurer les fonctions de diffusion sur l'interface radio.

Le niveau 3 : elle inclut la couche RRC.

IV- Notion de plan de contrôle et de plan usager :

La mise en place de la norme UMTS permet de séparer en deux plans les flux de données qui transitent par l'interface radio : le plan de contrôle et le plan usager (voir Fig. 3.3).

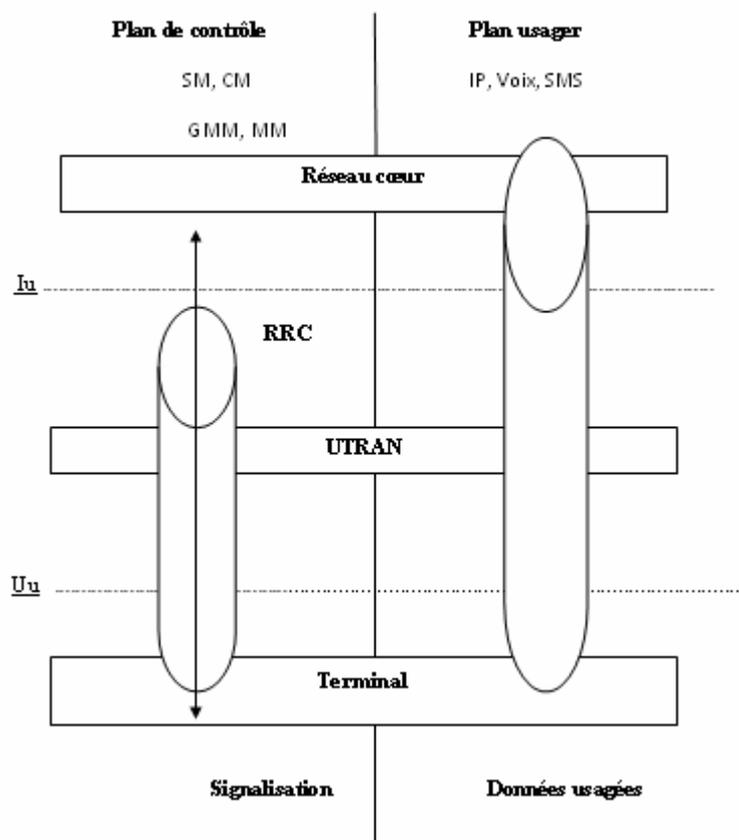


Fig. 3.3- plan d'accès et plan de contrôle.

IV-1. Le plan usager :

Il contient l'ensemble des données qui sont échangées au niveau du Non Access Stratum du réseau. Dans ce même plan on trouve :

- Des datagrammes IP.
- La voix.
- Messages courts (SMS).

L'UTRAN est transparent au mode usager, c'est-à-dire que les données du plan usager ne peuvent être lues ou interprétées par l'UTRAN. On peut considérer alors l'UTRAN comme étant une couche de transport vis-à-vis des données du plan usager.

IV-2. Le plan de contrôle :

Il est utilisé pour véhiculer l'ensemble de la signalisation entre le mobile et le réseau grâce au protocole RRC.

V- Les canaux :**V-1. Généralités :**

Les spécifications de l'UTRAN englobent une grande variété de canaux de communication, néanmoins ils peuvent être repartis en trois grandes familles de canaux : les canaux logiques, les canaux de transport et les canaux physiques.

Cette subdivision en trois grandes familles a été introduite de manière à garantir l'indépendance entre les différents niveaux fonctionnels de l'interface radio. Elle permet aussi une très grande flexibilité dans la mesure où elle peut s'adapter à différentes applications envisagées pour les réseaux de 3^{ème} génération.

V-2. Les canaux logiques :

La notion de canal logique a été introduite de manière à rendre plus explicite le transit de l'information, c'est-à-dire qu'il existe une correspondance entre ces canaux et l'information qui transite par l'UTRAN. Ce sont les canaux alloués aux couches utilisatrices du niveau 2 de l'interface radio.

Deux canaux logiques peuvent être multiplexés dans un canal de transmission (voir **Fig. 3.4**).

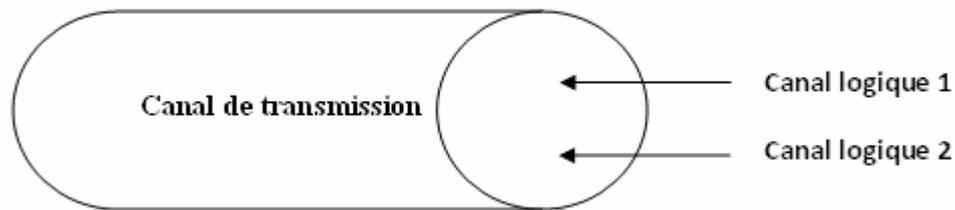


Fig. 3.4- canal de transmission.

Les canaux logiques qui composent l'UTRAN sont assez limités. Ils correspondent aux différents types de flux d'informations qui transitent sur l'interface radio. Les canaux logiques sont divisés en deux sous groupes ; les canaux logiques de contrôle, exploités pour le transfert des informations du plan de contrôle, et les canaux logiques de trafic, qui pour leur part servent à transférer les informations du plan usager.

V-2-1. Les canaux logiques de contrôle :

- **BCCH** : il sert à diffuser des informations de contrôle. Les messages qui transitent par ce canal sont connus sous le nom de system information. Ils fournissent entre autres au mobile en veille des informations lui permettant d'accéder au réseau.
- **PCCH** : exploité pour l'envoi de messages de paging aux mobiles se trouvant dans le réseau.
- **CCCH** : il est utilisé pour envoyer ou recevoir les informations de contrôle de mobiles non connectés au réseau. Mais son utilisation reste surtout au début de l'établissement de la communication dans le cadre de l'échange des premiers messages de signalisation entre le mobile et le réseau.
- **DCCH** : il est utilisé pour l'envoi ou la réception des informations de contrôle d'un mobile connecté au réseau. La totalité de la signalisation du plan de contrôle transite par ce canal, la signalisation de l'UTRAN (la couche RRC) et celle des couches MM, CC, GMM et SM du réseau cœur.

V-2-2. Les canaux logiques de trafic :

- **DTCH**: il est utilisé pour l'échange des données usager avec un mobile connecté au réseau.
- **CTCH** : c'est un canal unidirectionnel, exploité par le réseau pour l'envoi des données usager à un groupe de mobiles.

V-3. Les canaux de transport :

Le maillon faible des réseaux de communication cellulaire reste sans conteste l'interface radio. Cela est dû aux différents problèmes liés à la propagation (interférences, évanouissement...).

Partant de toutes ces contraintes liées à la qualité de service (dues aux applications supportées par ce réseau), il est intéressant de mettre en place des mécanismes ayant pour but de rendre fiable les échanges de données sur l'interface radio.

Dans les spécifications de l'UTRAN, la notion de canal de transport a été introduite ; elle représente le format et, plus généralement la manière dont les informations sont transmises sur l'interface radio.

Le canal de transport est représentatif de la qualité de service fournie par le réseau.

Les canaux de transport se subdivisent en deux catégories ; les canaux dédiés (dedicated channels) et les canaux non dédiés, ou communs (Common/Shared Channels).

Les canaux dédiés sont alloués pour un seul usager du réseau. Par contre les canaux communs sont partagés entre plusieurs usagers. Ceux-ci étant obtenus grâce à un mécanisme d'adressage pour séparer les différents usagers.

V-3-1. Les canaux de transport dédiés :

- **DCH**: il représente le seul canal dédié. Exploitable dans le sens montant tout comme dans le sens descendant. Ainsi lorsque le réseau décide d'allouer des ressources dédiées à une communication mobile-réseau, les canaux DCCH et DTCH seront chacun supportés par les canaux de transport de type DCH, ou éventuellement multiplexés sur un canal unique DCH si leurs contraintes de qualité de service sont compatibles.

V-3-2. Les canaux de transport communs :

- **BCH** : c'est un canal de transport unidirectionnel (réseau vers mobile) à débit fixe. Il est employé pour la transmission des informations spécifiques au réseau d'accès ou une cellule donnée. Les données les plus fréquentes, importantes dans tout réseau mobile sont les codes d'accès aléatoires disponibles ou les slots d'accès disponibles au niveau de la cellule. Un terminal d'utilisateur ne peut s'inscrire dans une même cellule s'il n'est pas capable de décoder ce canal broadcast. C'est l'une des raisons pour laquelle la puissance de ce canal est généralement plus élevée de manière à être captée par l'ensemble des utilisateurs de la cellule.
- **PCH** : c'est un canal de transport unidirectionnel (réseau vers mobile). Il assure le transport des informations nécessaires à la procédure de paging dans le cas où le réseau souhaite initier une communication avec un terminal.

- **RACH** : c'est un canal de transport unidirectionnel (mobile vers réseau). Il assure le transport des informations de contrôle provenant du terminal telles les demandes d'établissement de connexion. Il peut être exploité aussi pour le transport d'une faible quantité de données par paquet du terminal vers le réseau. Afin de garantir un bon fonctionnement, le canal RACH doit être évidemment reçu par la station de base et ce quelque soit la position géographique du terminal dans la cellule.
- **FACH** : c'est un canal de transport unidirectionnel (réseau vers mobile). Il assure le transport des informations de contrôle aux terminaux localisés dans une même cellule donnée. Il est possible de transmettre des données paquet. Dans une cellule, il peut exister plus d'un canal FACH. Cependant l'un des canaux FACH doit avoir un débit relativement faible afin qu'il puisse être reçu par tout les utilisateurs de la cellule. Il ne sollicite pas le contrôle de puissance. Les informations véhiculées doivent comprendre des informations d'identification afin d'assurer leur correcte réception.
- **DSCH** : ce canal est une variante du FACH. Il s'agit également d'un canal de transport partagé unidirectionnel réseau vers le mobile. Il sert à transporter des informations utilisateurs ou des informations de contrôle dédié. Néanmoins, il peut être partagé par plusieurs utilisateurs. Il exécute un contrôle de puissance, son débit peut varier d'une trame à une autre. Il est susceptible de ne pas être reçu par la totalité de la cellule. Il est toujours associé à un canal DCH du sens descendant.

V-4. Les canaux physiques :

Un canal physique peut supporter différents canaux de transport. Un canal de transport peut être supporté par deux canaux physiques distincts.

Le CCTrCH (Coded Composite Transport Channel) représente une notion intermédiaire entre le canal de transport et le canal physique. Il représente le résultat du multiplexage de différents canaux de transport. Il peut être supporté par un ou plusieurs canaux physiques de l'interface radio (voir **Fig. 3.5**). Dans les spécifications du 3GPP, on a défini pour l'UTRAN plusieurs canaux physiques, dont certains ne sont employés que par la couche physique de l'interface radio.

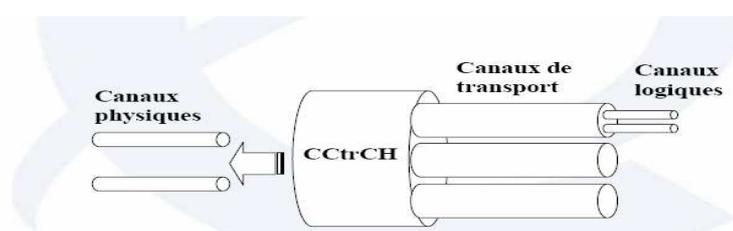


Fig. 3.5- génération d'un canal physique.

Les canaux suivants représentent les seuls canaux pouvant supporter les canaux de transport :

- **P-CCPCH** : c'est un canal unidirectionnel dans le sens descendant. Il diffuse d'une façon continue les identifications du système et les informations du contrôle d'accès.
- **S-CCPCH** : c'est un canal unidirectionnel dans le sens descendant. Il transporte les canaux FACH et PACH.
- **PRACH** : c'est un canal unidirectionnel dans le sens descendant. Il permet à l'UE de transmettre les bursts d'accès aléatoire pour l'accès au réseau.
- **PDSCH** : c'est un canal unidirectionnel dans le sens descendant. Il se charge de partager, de contrôler l'information les équipements mobiles.
- **DPDCH** : c'est un canal bidirectionnel. Il se charge de transférer les données utilisateur.
- **PICH** : c'est un canal qui fournit les informations pour l'équipement mobile afin d'activer le mode sleep et de conserver la batterie pendant l'écoute du canal PCH.
- **CPICH** : c'est un canal qui est transmis par le Node B qui donnera à l'équipement mobile la possibilité d'estimer le temps de démodulation du signal.
- **SCH** : c'est un canal exploité pour permettre la synchronisation des équipements mobiles avec le réseau.
- **CSICH** : c'est un canal unidirectionnel dans le sens descendant. Il se charge de transporter l'état du CPCH et fonctionne dans un mode similaire à celui du PICH.
- **PCPCH** : ce canal est utilisé pour le transport de paquet de données.
- **DPCCH** : c'est un canal bidirectionnel. Il se charge de transporter les informations de contrôle de ou vers l'équipement mobile.
- **AICH** : c'est un canal qui est exploité pour informer l'équipement mobile sur le canal DCH. Il peut être utilisé pour communiquer avec le Node B.
- **CD/CA-ICH** : c'est un canal qui indique si le canal d'assignement est activé.

V-5. La correspondance entre les canaux:

La figure ci-dessous met en évidence la relation existante entre les canaux logiques, les canaux de transport et les canaux physiques voir (**Fig. 3.6**).

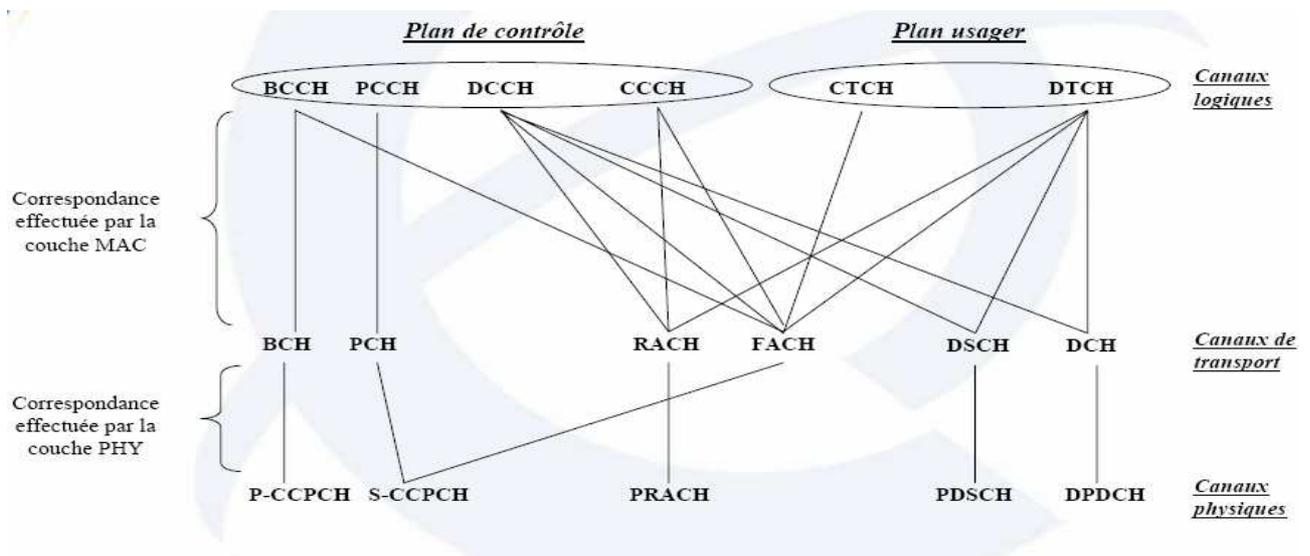


Fig. 3.6- correspondance entre les canaux.

D'après cette figure, on peut remarquer que certains canaux logiques ont un choix plutôt assez restreint, comme le BCCH et le PCCH. Les informations qui transitent par ces canaux sont connues et décrites dans les spécifications de l'UTRAN. Un nombre de canaux de transport est donc suffisant.

Par contre, dans le cas des canaux logiques dédiés DCCH et DTCH, on peut remarquer qu'un nombre important de possibilités sont offertes par la norme, soit en utilisant des canaux de transport communs (RACH, FACH, DSCH) ou bien un canal de transport dédié de type DCH. Il est possible d'allouer le canal de transport le mieux adapté aux caractéristiques du trafic de chaque usager.

Cette correspondance est assurée par la couche MAC de l'UTRAN. La norme de l'UTRAN n'impose en aucun cas les combinaisons qui doivent être utilisées en fonction des classes de trafic ; ce choix reste du ressort de l'implémenteur ou bien de l'opérateur du réseau. Par contre la norme UTRAN ne spécifie que les combinaisons autorisées.

La correspondance existante entre les canaux de transport et les canaux physiques est réalisée par la couche physique de l'UTRAN. La couche physique n'accède à aucune flexibilité dans cette correspondance. Cela est dû au fait que chaque canal de transport ne peut être supporté que par un type de canal physique donné.

VI- Les protocoles radio :

VI- 1. La couche RRC (Radio Resource Control):

VI-1-1. La connexion RRC :

Sa principale fonction consiste à gérer la connexion de signalisation établie entre l'UTRAN et le mobile (ex : établissement d'une communication).

Les réseaux UMTS se distinguent des autres, de part leur capacité à échanger des données simultanément aux travers des domaines CS et PS du réseau cœur, mais la connexion RRC n'est pas unique, c'est-à-dire que le nombre de communications n'influe pas sur ce mécanisme.

La couche RRC gère l'ensemble des ressources allouées au mobile sans pour autant essayer de chercher si elles correspondent au même domaine du réseau cœur voir (**Fig. 3.7**).

La connexion RRC est employée pour la transmission de la signalisation des domaines du réseau cœur vis à vis desquels le mobile est actif, de manière à séparer les différents flux. La couche RRC doit connaître l'identité du domaine destinataire.

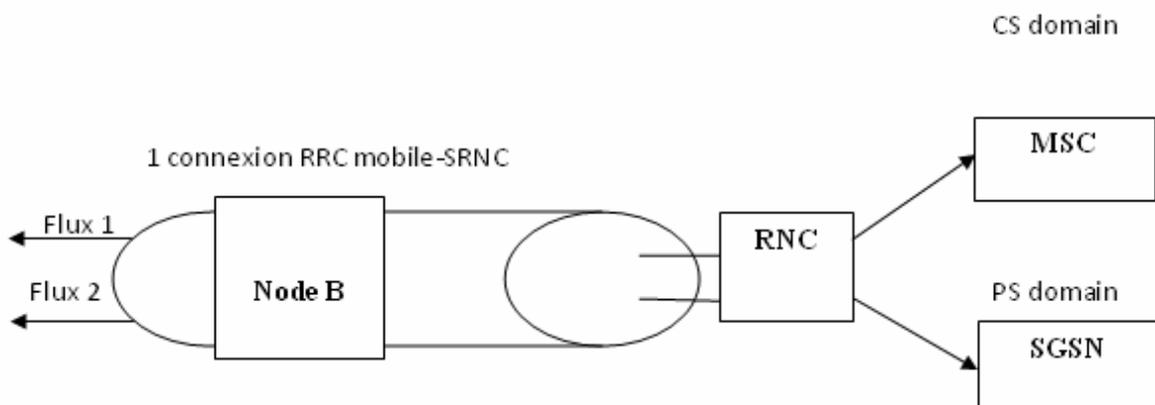


Fig. 3.7- connexion RRC.

Cette notion de connexion RRC de l'UTRAN permet de gérer des types d'appels qu'ils soient en modes paquet ou circuit d'une façon unifiée.

VI-1-2. Les états de la connexion RRC :

En GPRS, il n'y a pas de connexion qui relie le mobile et le réseau. On parle beaucoup plus de notion de session activée ou désactivée. La norme UMTS impose à la connexion RRC d'être toujours en activité. Et ce dans la perspective d'aider l'UTRAN à mieux s'adapter à l'ensemble des classes de service qui devront être supportés. Il existe quatre états de la connexion RRC qui ont été définis : **CELL_DCH**, **CELL_FACH**, **CELL_PCH** et **URA_PCH**.

Ces états correspondent en fait à différents niveaux d'activité de la connexion mobile-réseau. L'état *idle* représente un état dans lequel aucune connexion n'est établie entre le mobile et le réseau ; c'est l'état veille du mobile. Ces différentes transitions entre les états connectés sont consécutives sous l'égide du réseau.

Le passage de l'état idle à un état connecté n'est possible que sur demande du mobile, quel que soit le sens d'établissement de la communication.

En effet la connexion RRC est sollicitée soit par l'utilisateur du terminal souhaitant initier une communication, soit par le terminal, en réponse à un paging émis par le réseau.

VI-1-2-1. L'état CELL_DCH :

Des canaux de transport dédiés sont alloués pour les deux sens de la communication. Cet état est retenu pour des applications à temps réel. La mobilité du terminal est contrôlée par le réseau grâce aux mesures effectuées par le mobile ou le réseau.

VI-1-2-2. Les états CELL_PCH et URA_PCH :

Ces états sont fonctionnellement assez proches. Dans ces derniers, aucune ressource dédiée n'est allouée au mobile, ce qui fait qu'aucune donnée usager ne peut être transmise que ce soit par le mobile, ou par le réseau.

Dans ces deux états, le mobile adopte un comportement assez proche du mode idle. Dans la mesure où celui-ci se contente en effet de lire les informations transmises par le réseau sur les canaux BCH et PCH. Le mobile gère lui-même sa mobilité dans le réseau d'accès. La principale différence qui subsiste entre les états URA_PCH et CELL_PCH se situe au niveau de la connaissance qu'a le réseau de la position exacte de celui-ci dans la nature.

Dans l'état CELL_PCH, le mobile signale tout changement de cellule au réseau, ce qui aura pour effet de faciliter la procédure de localisation d'un abonné dans le cas où celui-ci est l'objet d'une demande de paging de la part du réseau.

Dans l'état URA_PCH le réseau ne connaît pas exactement la position du terminal. Dans ce cas le réseau sera obligé de tenter de joindre le mobile au travers de tous les canaux PCH des cellules de l'URA courante du mobile.

VI-1-2-3. L'état CELL_FACH :

C'est une forme hybride qui a pour origine les états CELL_DCH et CELL_PCH. Dans cet état, aucun canal physique dédié n'est alloué au mobile. Le mobile (ou le réseau) possède l'opportunité de transmettre des données usager sur le canal de transport RACH (ou FACH pour le réseau). La position du mobile est connue à la cellule près. Tout changement de cellule initié par le mobile est signalé au réseau, comme dans l'état CELL_PCH. Dans cet état, le réseau intègre la possibilité de demander au mobile d'effectuer des mesures radio afin de contrôler ses déplacements comme dans l'état CELL_DCH.

VI-1-3. Fonctions de la couche RRC :

En dehors de la gestion de la connexion RRC, la couche RRC intègre d'autres fonctions telles que :

- Le transfert de la signalisation du non access stratum.
- La diffusion d'information système.

- L'allocation et la libération de ressource radio.
- La mobilité dans le réseau d'accès.

VI-2. La couche RLC (Radio Link Control) :

C'est la couche de protocole qui assure les fonctions du niveau 2 dans le sens propre du terme ; c'est-à-dire une transmission fiable de l'information en provenance du plan usager ou du plan de contrôle sur l'interface radio.

Dans ce protocole on peut distinguer :

- **Les RLC-SDU (Service Data Unit) :** se sont des unités de protocoles reçues des couches de protocoles supérieures (RRC ou PDCP par exemple).
- **Les RLC-PDU (Protocole Data Unit) :** se sont des unités de protocoles fournies aux couches inférieures (la couche MAC).

Le protocole RLC propose trois modes de fonctionnement :

- Le mode transparent.
- Le mode non acquitté.
- Le mode acquitté.

Ces modes sont intimement liés aux différents niveaux de service offerts par le protocole.

VI-2-1. Le mode transparent :

Dans ce mode, le RLC n'effectue aucun contrôle, aucune détection des PDU manquantes.

Le RLC-PDU du mode transparent n'est composé que d'un champ de données et d'aucun en-tête. Ce mode offre une fonction ; la segmentation des RLC-SDU.

VI-2-2. Le mode non acquitté :

Ce mode offre l'opportunité de segmenter et de concaténer les RLC-SDU émises. L'organe récepteur aura pour tâche de rassembler les différents segments avant de les transférer à la couche utilisatrice.

Pour les applications qui tournent autour d'Internet les paquets IP routés par le réseau possèdent des tailles assez importantes. A ce moment, il devient nécessaire de segmenter les RLC-SDU en paquets de tailles compatibles, en réponse aux exigences de l'interface radio.

La concaténation a pour mission de compléter une RLC-PDU partiellement remplie par tout ou partie de la RLC-SDU suivante. A l'émission de la dernière RLC-SDU, la RLC-PDU correspondante, dans le cas où la situation l'exige, sera complétée par des octets dits de padding (voir **Fig. 3.8**).

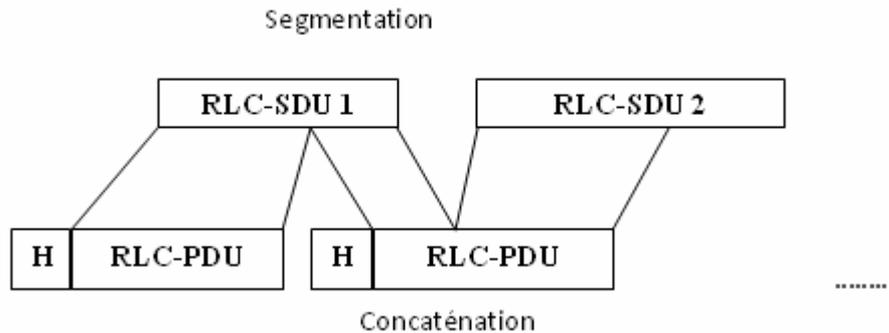


Fig. 3.8- segmentation et concaténation des blocs.

L'une des autres fonctions de ce mode, c'est le contrôle du numéro de séquence des RLC-PDU grâce au numéro de séquence contenu dans l'en-tête de la RLC-PDU. L'entité réceptrice aura la possibilité de déceler les PDU manquantes. L'exemple le plus simple reste un problème de transmission sur l'interface radio. Sachant que si au moins un segment RLC-PDU reçu est manquant la SDU est déclarée incomplète. De ce fait, elle ne peut être transmise aux couches supérieures (voir **Fig. 3.9**).

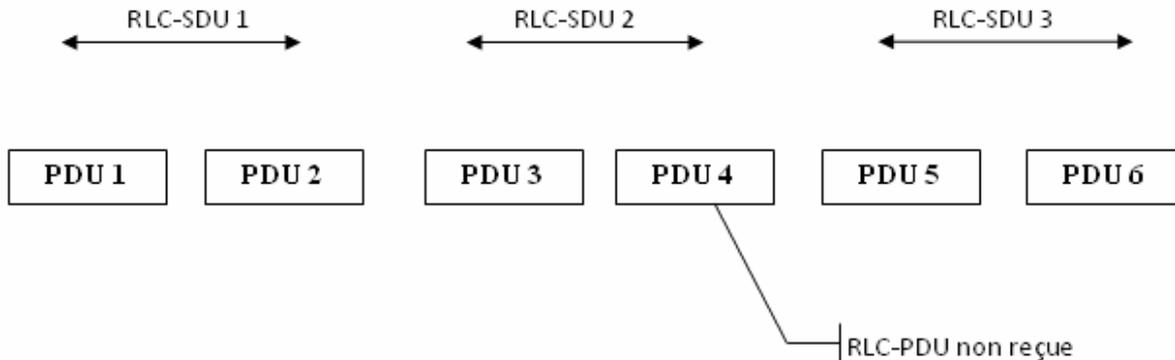


Fig. 3.9- contrôle des numéros des blocs.

Le mode non acquitté nécessite la présence d'un en-tête qui aura pour fonction d'assumer les fonctions énoncées précédemment.

VI-2-3. Le mode acquitté : il représente le mode de transmission le plus complet, car en dehors des fonctions déjà incluses du mode non acquitté, il intègre les fonctions suivantes :

- contrôle des flux.
- correction des erreurs de retransmission.

Le support de ces fonctions implique l'échange d'informations entre les entités RLC. Ces informations sont incluses dans des PDU spéciales appelée Control PDU.

VI-3. La couche MAC (Medium Access Control) :

La fonction principale de la couche MAC consiste à contrôler l'accès à la voie radio. Cette fonction ne peut s'accomplir que grâce à ces deux sous fonctions :

- multiplexage des données sur les canaux de transport.
- Le choix du canal de transport et le format des données transportées (transport format).
- **Le multiplexage** : Le fait que l'UTRAN soit flexible rend la couche MAC susceptible de réaliser différents types de multiplexage.

Lorsqu'un de ces transports communs est sollicité, la couche MAC aura pour tâche d'effectuer un multiplexage de données de différents usagers du canal.

La couche MAC intègre la possibilité d'effectuer le multiplexage de différents canaux logiques d'un même usager (un DCCH et un ou plusieurs DTCH) sur un même canal unique de transport dédié de type DCH.

La figure ci-dessous représente cette double fonction de multiplexage assuré par la couche MAC (Fig. 3.10).

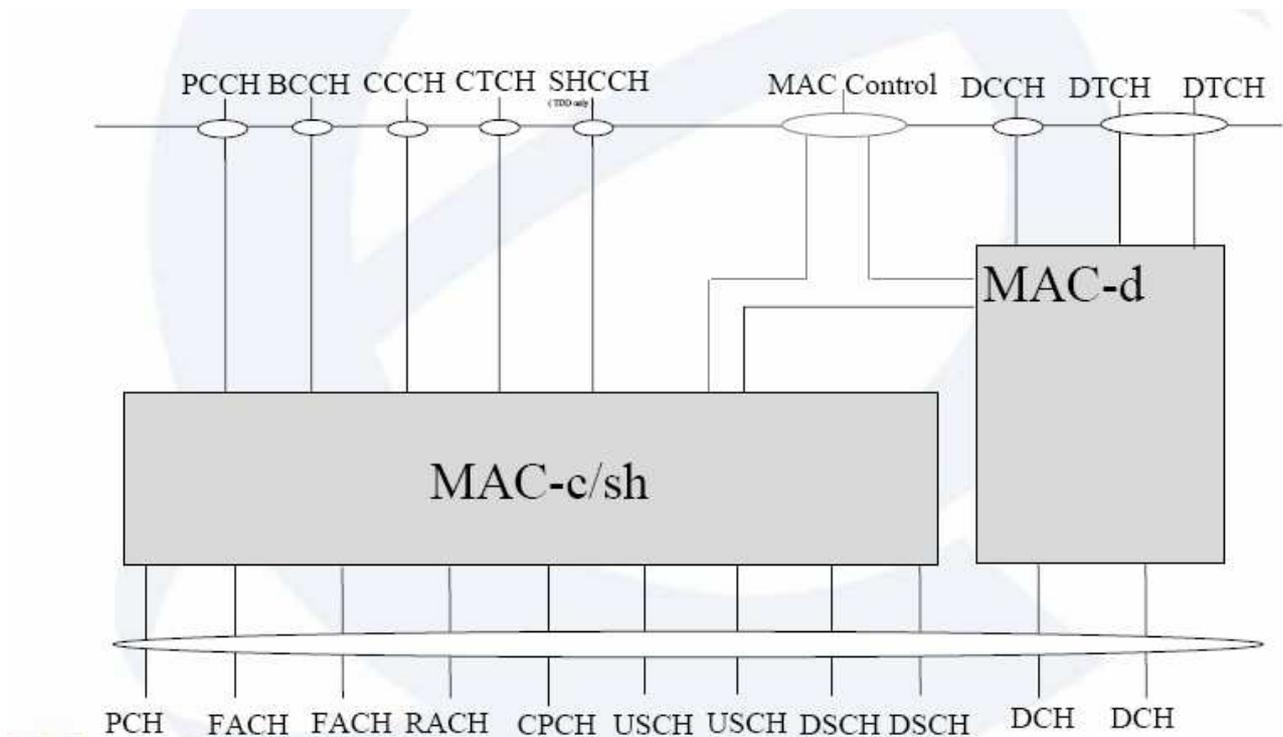


Fig. 3.10- structure du protocole MAC.

La fonction de multiplexage des canaux logiques dédiés d'un usager est réalisée par la fonction MAC-d (ou MAC-dedicated). Les flux de données sont orientés vers un ou plusieurs canaux de transport dédiés (DCH), ou multiplexés sur des canaux de transport communs, avec des flux de données provenant (ou à destination) d'autres usagers. Cette fonction est réalisée par la partie MAC-c/sh (MAC-common/shared) de la couche MAC.

- **Le choix du format de transport :** le choix de ce format est réalisé par la couche MAC sur chaque période de transmission (Transmission Time Interval), et ce tenant compte de la capacité offerte par la ressource allouée, la couche MAC choisit pour chaque canal de transport le format optimal.

VI-4. La couche PDCP (Packet Data Convergence Protocol) :

Le protocole PDCP n'est exploité qu'au niveau du plan utilisateur et seulement pour les services qui relèvent du domaine paquet. Ce protocole inclut les différentes méthodes de compression qui sont les plus adaptées à l'amélioration de l'efficacité spectrale des services qui sollicitent la transmission des paquets IP sur l'interface radio. Elle a pour fonction de compresser les en-têtes de protocoles des paquets TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol).

- Intérêt de la compression d'en-tête TCP/IP :

Les protocoles des réseaux internet ont été conçus de manière à être utilisés sur des réseaux fixes, offrant de grandes capacités de trafic et de taux d'erreur de transmission relativement bas. Les protocoles Internet sont en général simples et robustes. Ils se caractérisent par des tailles d'en-têtes de protocole assez importantes.

Les protocoles Internet sont définis pour être exploités dans des réseaux fixes, sans pour autant qu'il y ait contrainte sur la bande passante. Ce qui les rend peu adaptés aux réseaux de communication cellulaire du fait de leurs capacités assez restreintes et du taux d'erreur important.

On peut constater le grand intérêt d'une telle compression et son important impact sur la transmission sur l'interface radio que l'on peut résumer :

- Exploitation efficace des ressources radio.
- Taux d'erreur décroissant

Le gain apporté par la compression TCP/IP est assez significatif. Un paquet de control TCP voit sa taille passer de 40 à 4 octets.

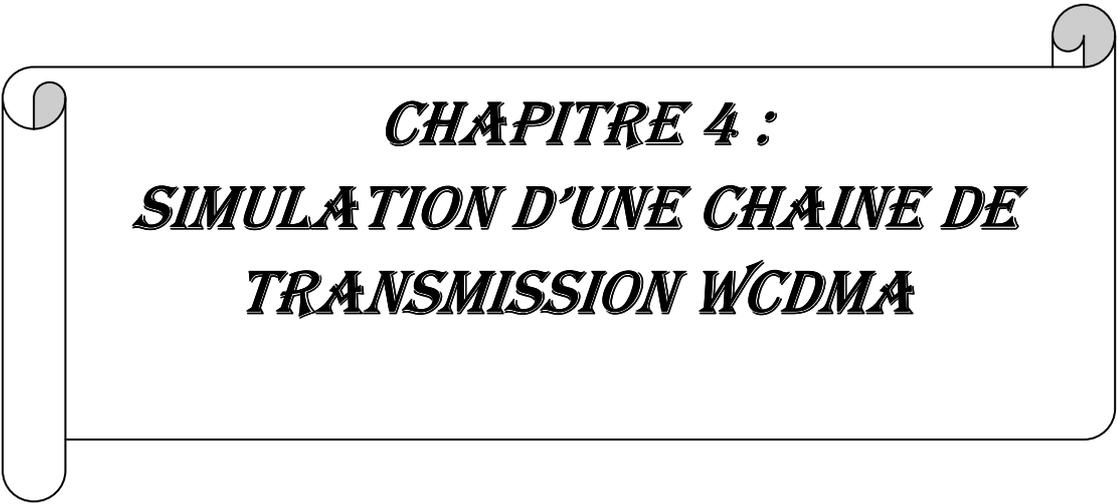
VI-5. La couche BMC (Broadcast/Multicast Control):

Cette couche a pour fonction d'assurer la diffusion de message usager par l'interface radio. Elle est aussi capable d'assurer la répétition des informations sur l'interface radio dans le cas où l'information doit être diffusée plusieurs fois.

Conclusion :

La séparation de l'interface d'air en différentes strates a permis au réseau d'accès de séparer les différentes difficultés liées au mode d'accès. L'étude des protocoles liés à l'interface d'air, est venue confirmer cette idée. Mais tout ceci ne saurait fonctionner sans la présence des canaux qui jouent le rôle de support de transmission et de passerelle entre les différentes strates qui composent l'interface d'air.

Ces canaux seront par la suite repris afin de mettre en évidence leur importance dans une chaîne de transmission WCDMA.



CHAPITRE 4 :
SIMULATION D'UNE CHAÎNE DE
TRANSMISSION WCDMA

Après avoir étudié l'architecture détaillée d'un réseau UMTS, et par la suite, les protocoles régissant l'interface d'air du WCDMA, ainsi que les étapes nécessaires au cheminement correct de l'information, c'est-à-dire toutes les opérations que peuvent subir les données pour une réception optimale de l'information.

Le travail pratique consiste à simuler une chaîne de transmission du système UMTS, visualiser les différents signaux en différents points de mesures et enfin le calcul et la mesure du BER (Bit Error Rate).

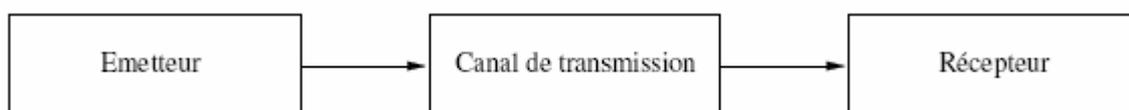
Dans le cadre de notre simulation nous utiliserons un canal AWGN muni des multi-trajets, puis un canal AWGN.

A partir de ces deux études, nous aurons l'opportunité de faire une comparaison des deux cas précédemment énumérés et éventuellement statuer sur le cas qui se rapproche le plus de la réalité.

Nous terminons cette partie par les différentes mesures relevées et l'interprétation de ces résultats. Avant de présenter les paramètres de la simulation, il est important de présenter quelques notions utiles pour la compréhension de l'architecture simulée.

I- Modélisation du canal de transmission :

La figure ci-dessous représente une chaîne de transmission numérique.



Elle se compose de trois ensembles : l'émetteur, le canal de transmission et le récepteur.

Dans un système de communication numérique, l'information à émettre est une séquence d'éléments binaires ou bits.

Etant une suite d'éléments binaires, le message numérique à transmettre représente une grandeur abstraite. Afin de le transmettre, l'émetteur doit associer au message une représentation physique sous la forme d'un signal qui s'adapte au canal de transmission.

Le récepteur réalise l'opération inverse en reconstituant le message émis à partir du signal reçu. Ces deux opérations sont respectivement appelées modulation à l'émission et démodulation à la réception.

Le canal de transmission représente un lien physique entre l'émetteur et le récepteur, selon l'application envisagée, il peut différer.

I-1. Modèle des canaux mono trajets :

Le canal AWGN représente le modèle de canal le plus fréquemment utilisé pour la simulation de transmission numérique. Ce modèle permet de représenter le signal reçu comme étant une somme du signal émis et d'un bruit blanc additif gaussien.

Ce dernier modélise le bruit dont les origines peuvent être induites de l'extérieur comme le bruit d'antenne ou interne tel que le bruit thermique provoqué par l'agitation des électrons au sein des équipements électroniques de réception.

Mise à part l'influence du bruit blanc additif, la puissance du signal émis peut subir des atténuations, appelée aussi évanouissements, dont l'amplitude peut varier lentement ou rapidement dans le temps selon le contexte de transmission.

Pour la transmission sur un canal de Rayleigh blanc, les échantillons du signal reçu r_k peut s'écrire sous cette forme :

$$r_k = h_k x_k + w_k \quad , k = 1, \dots, K$$

C'est un modèle complexe ou :

- $\{x_k; k=1, \dots, K\}$ représentent les échantillons du signal émis par taille de bloc d'information.
- $\{w_k\}$ représentent les échantillons de bruit complexe gaussien de moyenne nulle et de variance $\sigma_w^2 = N_0$.
- $\{h_k\}$ sont les coefficients d'atténuation, tel que :

Le coefficient h_k à l'instant k est différent du coefficient $h_{k'}$ à l'instant k' si $k \neq k'$.

Les atténuations que peut subir le signal sont dues à un environnement de propagation riche en échos et par conséquent les trajets multiples.

Ils peuvent être induits par le mouvement relatif de l'émetteur et du récepteur entraînant une variation temporelle du canal.

I-2. Modèle des canaux multi-trajets :

Les trajets multiples ont pour origine les phénomènes physiques propres aux ondes électromagnétiques tels que la réflexion et la diffraction causées par le milieu de propagation (immeubles, collines, voitures...).

Le nombre de trajets empruntés par un même signal peut être important, mais dans la modélisation du canal, seuls les trajets significatifs sont pris en compte.

Ainsi pour un canal qui comporte L trajets significatifs, le récepteur se voit recevoir L répliques du signal émis, qui proviennent de diverses directions avec des retards, des atténuations et des phases propres. Le calcul des différents retards s'effectue par rapport au 1^{er} trajet détecté par le récepteur.

Les échantillons reçus r_k peuvent alors s'écrire comme la somme des échantillons d'un même signal émis, suivant L chemins différents, avec des échantillons de bruit blanc additif gaussien.

$$r_k = \sum_{l=0}^{L-1} h_{k,l} x_{i-l} + w_k$$

Le canal multi-trajets engendre le phénomène de variation du canal caractérisé par : l'étalement temporel et l'effet Doppler.

- **L'étalement temporel** : représente le délai maximal de retard des trajets, noté τ_{\max} . Il se définit par la différence entre le plus long et le plus court retard.

L'une des caractéristiques d'un canal à trajets multiples est sa bande de cohérence.

Cette bande de fréquence est définie comme étant la gamme de fréquence sur laquelle les amplitudes des composantes fréquentielles du signal subissent des atténuations semblables. Elle est inversement proportionnelle à l'étalement temporel :

$$B_c = \frac{1}{\tau_{\max}}$$

En écrivant B_s , comme étant la bande du signal émis, si $B_s \ll B_c$ alors toutes les composantes fréquentielles du signal émis subissent des atténuations semblables et le canal est dit **non sélectif** en fréquence.

Dans le cas contraire, on notera au moins l'existence de deux composantes fréquentielles qui subissent des atténuations différentes. A ce moment on dit que le canal est **sélectif** en fréquence.

- **L'effet Doppler** : est un phénomène qui a pour origine le déplacement de l'émetteur par rapport au récepteur ; ou encore le déplacement des obstacles entre l'émetteur et le récepteur.

Sa modélisation se fait par décalage en fréquence, proportionnelle à la fréquence porteuse et à la vitesse de déplacement.

La fréquence Doppler s'exprime par la relation suivante :

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

Ou :

- v est la vitesse du déplacement du terminal.
- C est la vitesse de la lumière.
- f_c est la fréquence porteuse.
- α est l'angle d'arrivée du signal.

- **Structure des canaux physiques :**

Après avoir introduit la notion de canal physique et leur variétés, la suite nous permet de nous familiariser davantage avec eux, car cette partie permet de mettre en évidence leurs fonctions que sont :

- la recherche de la cellule initiale (canaux physiques CPICH, P-SCH et S-SCH)
- la lecture des informations système (canal physique P-CCPCH)
- la diffusion des messages de paging (canaux physiques S-CCPCH)
- l'émission du message initial lors de l'établissement d'appel (canaux RACH et AICH)
- l'échange de données sur canal dédié (canal DPCH)

- **Détection de la cellule initiale**

Une fois le terminal d'usage mis sous tension celui-ci tentera de sélectionner une cellule afin de s'inscrire au réseau.

Cette tentative se compose de trois phases, exploitant les propriétés de trois canaux physiques émis par les différentes Nodes B dans toutes cellules de l'UTRAN.

-le canal de synchronisation primaire P-SCH.

-le canal de synchronisation secondaire S-SCH.

-le canal pilote commun CPICH.

➤ Première phase : la synchronisation slot :

Le canal SCH se constitue d'une suite de 256 chips répétés à chaque occurrence de slot et transmis dans toutes les cellules du réseau UTRAN. Cette séquence est unique pour toutes les cellules de l'UTRAN, qu'elles appartiennent ou non à un même opérateur de réseau.

Des la mise en fonction du mobile, celui-ci cherche à obtenir la symbolisation avec le Node B le plus proche, en d'autres termes le canal SCH primaire avec le niveau le plus fort. En utilisant les propriétés du SCH primaire, par corrélation avec une réplique du code C_p utilisé par le réseau, tout en procédant au balayage de la totalité de la bande.

➤ Deuxième phase : la synchronisation trame

Le canal SCH secondaire emploie une séquence C_s^i constituée de 15 codes secondaires de 256 chips émises par le réseau en synchronisme avec le canal primaire SCH : $(C_s^{i,1}, C_s^{i,2}, \dots, C_s^{i,15})$.

64 séquences C_s^i ont été définies, construite de manière à éviter qu'une séquence C_s^i ne puisse être égale à une autre séquence C_s^j grâce au décalage des codes de 256 clips utilisables dans chaque séquence. Ainsi chaque séquence C_s^i est rigoureusement unique et permet d'identifier une cellule de manière unique dans une zone géographique donnée.

La synchronisation slot étant établie, le terminal d'usager va chercher la séquence C_s^i employée par la cellule identifiée durant la 1ère phase. Une fois la séquence interceptée, le mobile connaît des lors la synchronisation trame de la cellule, par conséquence l'instant d'émission des trames des canaux communs de contrôle émis dans la cellule et synchronisée avec le SCH.

➤ Troisième phase : la recherche du code primaire de brouillage

Le canal CPICH (Commun Pilot Channel) représente un canal physique commun émis par le réseau dans chaque cellule, il se compose d'une suite de symboles connus du réseau et du mobile.

Ces mêmes symboles sont embrouillés grâce à un code primaire de brouillage utilisés par la cellule. La recherche du code primaire de brouillage s'avère être important pour le terminal d'utilisateur du fait que ce code est utilisé pour le P-CCPCH servant pour la diffusion des informations systèmes dans la cellule. Il existe 512 codes de brouillage primaires, répartis en 64 groupes de 8 codes.

La norme UTRAN a défini une relation "un vers un" entre les 64 groupes de 8 codes de brouillage et les 64 séquences possibles du canal secondaire. Lorsque la synchronisation trame est acquise, le mobile se trouve en mesure de déterminer le groupe de code auquel appartient le code primaire de brouillage utilisé par la cellule. Afin de retrouver le code primaire effectivement utilisé, le terminal d'utilisateur aura pour tâche d'effectuer une corrélation entre les données reçues du CPICH de la cellule et chacun des codes possibles.

▪ **La diffusion des informations systèmes :**

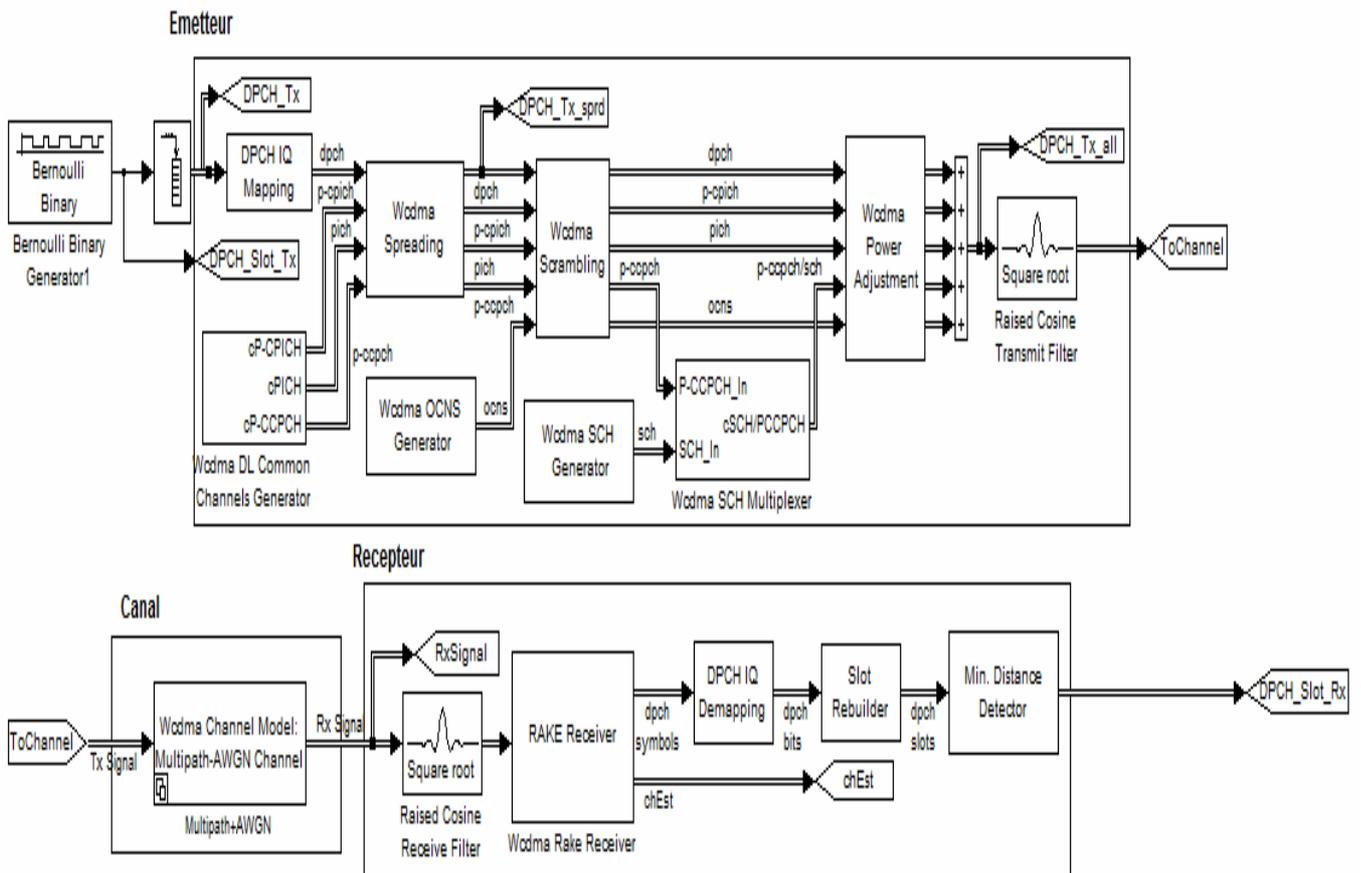
Le canal P-CCPCH est employé par le réseau par la diffusion périodique de la cellule d'information sur la configuration du réseau.

Ces informations systèmes constituent une quantité importante de données, parmi lesquelles on trouve :

- des informations sur le réseau (l'identité du PLMN).
- des informations sur la cellule courante (le niveau maximal de puissance autorisé en émission, la structure des canaux communs...).
- des informations sur les voisines (fréquence porteuse, code primaire...).
- des informations sur les technologies voisines (liste de cellules voisines de type GSM).

II- Simulation d'une chaîne de transmission WCDMA:

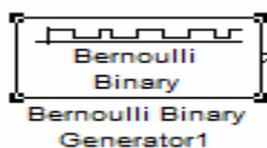
Le schéma ci-dessous représente la chaîne de transmission que l'on se propose de simuler.



Dans un premier temps, le canal choisi est du type AWGN à multi trajets représentant le cas le plus réaliste, par la suite nous aurons a employer un canal gaussien à bruit additif.

II-1. Décomposition et présentation des différents blocs de la simulation:

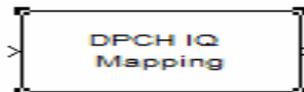
- **Bernoulli Binary Generator** : ce bloc permet de générer une séquence binaire aléatoire. Il simule le signal d'information.



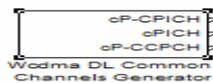
- **Parallel to serie 1 (Buffer)** : ce bloc permet de convertir en en trame les échantillons avec un plus faible taux d'échantillonnage.



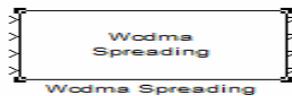
- **WCDMA DPCH IQ Mapping** : ce bloc permet a la séquence d'entrée après avoir au préalable subit une transformation série-parallèle et encodage NRZ une séparation, les bits de rang impair se verront dirigés vers la branche I et ceux de rang pair vers la branche Q.



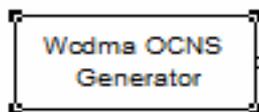
- **WCDMA DL Common Channels Générateur** : ce bloc permet de générer les canaux suivant : P-CPICH, PICH, et P-CCPCH nécessaire au bon fonctionnement du système.



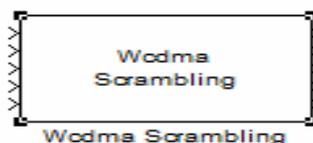
- **WCDMA Spreading**: ce bloc effectue l'étalement de spectre.



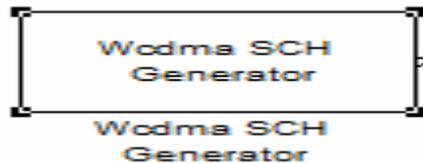
- **WCDMA OCNS Générateur**: Ce bloc permet de générer les interférences de type OCNS (Orthogonal Channel Noise Simulator).



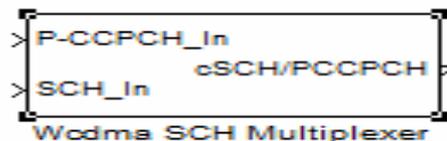
- **WCDMA Scrambling**: Ce bloc effectue le brouillage du signal d'entrée grâce aux codes PN. Il garantit un excellent cryptage de signal.



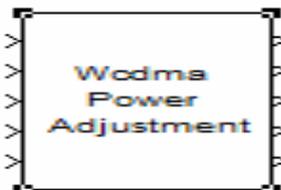
- **WCDMA SCH Generator:** ce bloc permet de générer les canaux de synchronisation de type SCH. Le canal SCH est le résultat d'une combinaison de deux sous-canaux à savoir le SCH primaire et le SCH secondaire. Il permet au mobile de se synchroniser au réseau.



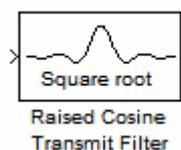
- **WCDMA SCH Multiplexer :** Ce bloc permet d'effectuer le multiplexage des canaux SCH. Il génère la synchronisation slot et trame. C'est durant cette période que les canaux primaires et secondaires SCH sont transmis.



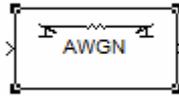
- **WCDMA Power Adjustment :** il utilise la puissance spécifiée des différents canaux mentionnés sur le bloc afin de réaliser le contrôle de puissance.



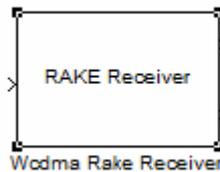
- **Raised Cosine Transmit Filter :** ce bloc représente un filtre a racine de cosinus surélevé qui se charge de restreindre le signal décomposé en série de fourrier au lobe principal en emission. par contre en réception sa fonction principale est d'éliminer les interférences inter symbole.



- **AWGN Channel :** Ce bloc permet d'ajouter du bruit blanc gaussien au signal d'entrée.



- **WCDMA RAKE receiver** : Le récepteur RAKE est constitué de 4 doigts. Chaque doigt fait l'opération inverse de l'échantillonnage, il déclenche une séquence de corrélation des bits et des données en utilisant le bon code d'étalement et la bonne séquence PN. Les données sont traitées par chaque doigt.



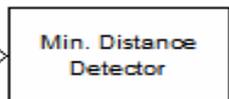
- **DPCH IQ Demapping** : Ce bloc permet de regrouper les parties réelles et imaginaires du signal d'entrée.



- **WCDMA Slot rebuilder** : Ce bloc permet de stocker les symboles d'entrée pour générer les slots de données en sortie.



- **Min Distance Detector** : Ce bloc effectue la prise de décision par rapport aux données d'entrée.



Après la présentation des différents blocs de la chaîne, nous donnons les principaux paramètres configurés.

II-2. Paramètres de la simulation :

| Paramètres de simulation selon les blocs | Valeurs |
|--|--------------------------------|
| - Nombre de bits | - 40 |
| - Nombre de chip en sortie | - 256 |
| - Nombre de doigts | - 4 |
| - Puissance du vecteur | - [-5,5 -10 -15 -12 -12] en dB |
| - Durée du symbole | - $1/15 \cdot 10^3$ |
| - Choix de l'antenne | - 1 |
| - Signal sur bruit | - - 3 dB |
| - Codes de brouillage | - 0 0 |

III- Résultats et interprétations :

Les courbes que nous pouvons voir après simulation représentent les différents diagrammes en différents points de mesure de la chaine de transmission.

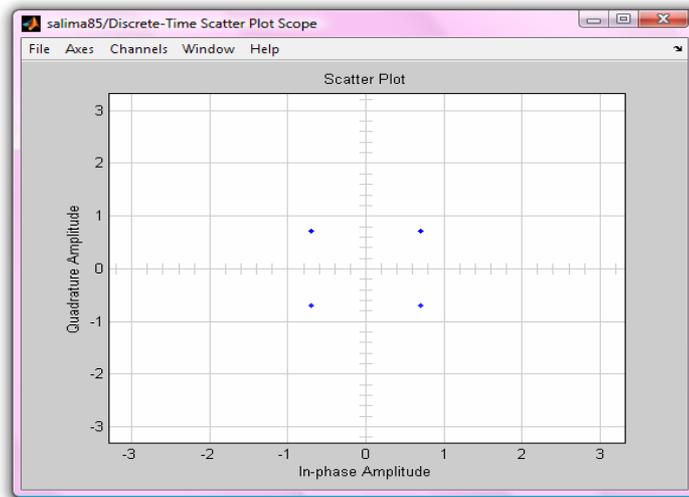


Fig. 4.1- représentation des constellations a la sortie du modulateur QPSK.

Nous observons parfaitement les 4 points de la constellation obtenus après modulation QPSK ce qui est conforme au résultat attendu. En effet nous avons configuré une modulation à quatre états de phase.

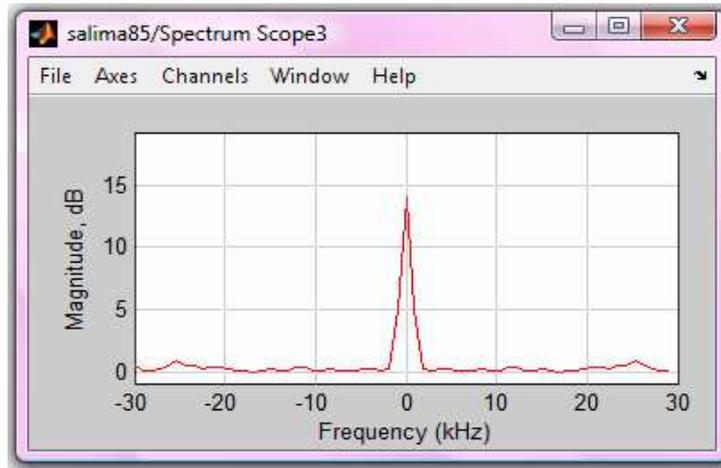


Fig. 4.2- spectre du signal avant étalement

Cette figure illustre bien le spectre du signal modulé, nous remarquons l'étroitesse du spectre. La période du signal d'information étant assez grande donc le spectre est assez étroit.

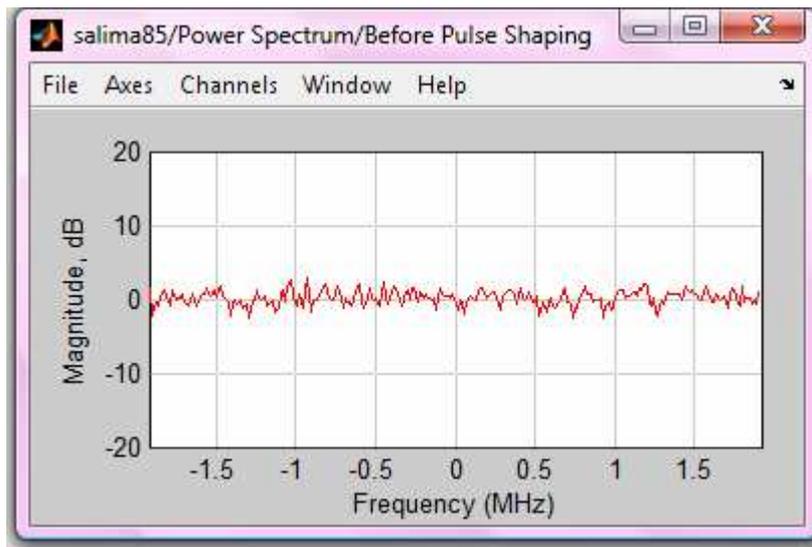


Fig. 4.3- spectre du signal étalé après contrôle de puissance

Cette figure représente le signal après étalement par génération de codes orthogonaux suivi d'un embrouillage (scrambling), on voit bien que la densité spectrale du signal est quasi uniforme et ressemble à celle d'un bruit blanc. Ce qui prouve que le spectre a été élargi et donc l'information est presque noyée dans un bruit. C'est la particularité des systèmes WCDMA où l'information est indétectable si on ne connaît pas les séquences d'étalement.

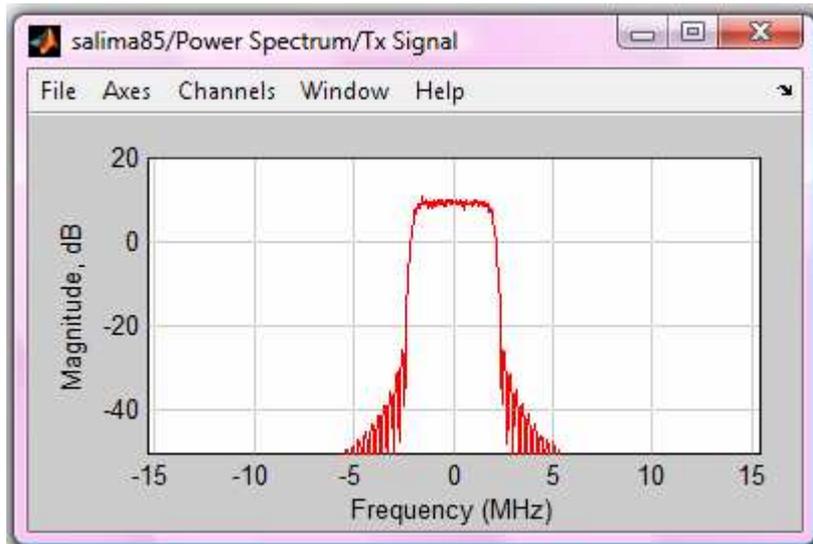


Fig. 4.4- spectre du signal filtré avant transmission

Le signal obtenu à la sortie du filtre en cosinus surélevé est contenu dans le gabarit du filtre qui réduit quasiment à zéros toutes les composantes secondaires du signal. Il permet aussi la mise en forme et le sur-échantillonnage pour augmenter la quantité d'information.

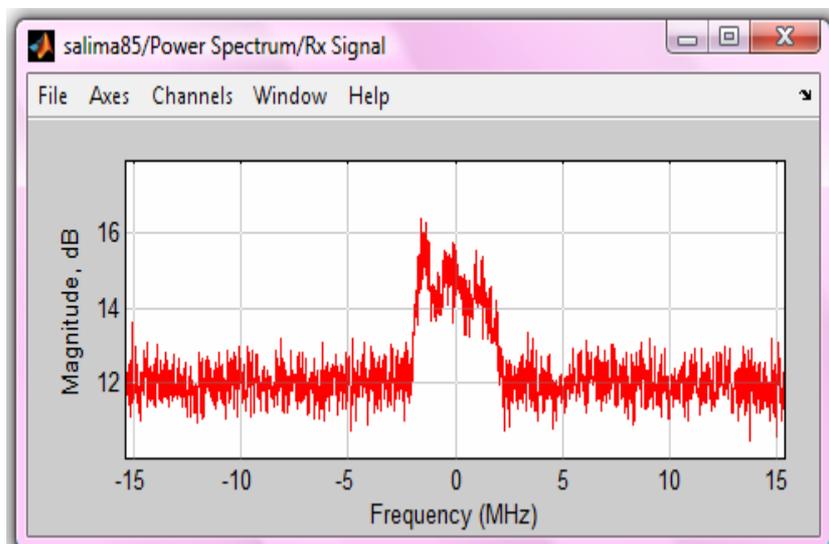


Fig. 4.5- densité spectrale du signal à l'entrée du récepteur

Le signal ayant traversé le canal multi trajet, nous voyons l'effet du bruit additif de ce dernier sur le signal émis ; en effet le spectre présente des raies de bruits autour du signal utile.

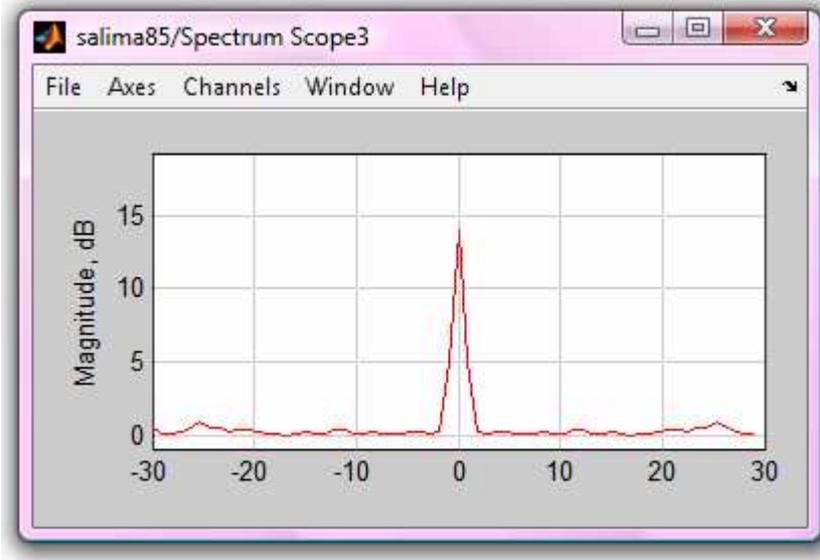


Fig. 4.6- spectre du signal démodulé

Ce graphe illustre la densité spectrale de puissance du signal récupéré en réception après avoir été démodulé QPSK et filtré. Ce résultat est important dans la mesure où il nous permet de dire que l'information émise est bien reçue par le destinataire. Toutefois ce n'est pas suffisant de le confirmer il faudra pour cela faire par exemple faire une inter-corrélation de ce signal avec le signal émis. Néanmoins le calcul est la mesure du taux d'erreur obtenus nous permettent d'attester de la bonne qualité de la transmission.

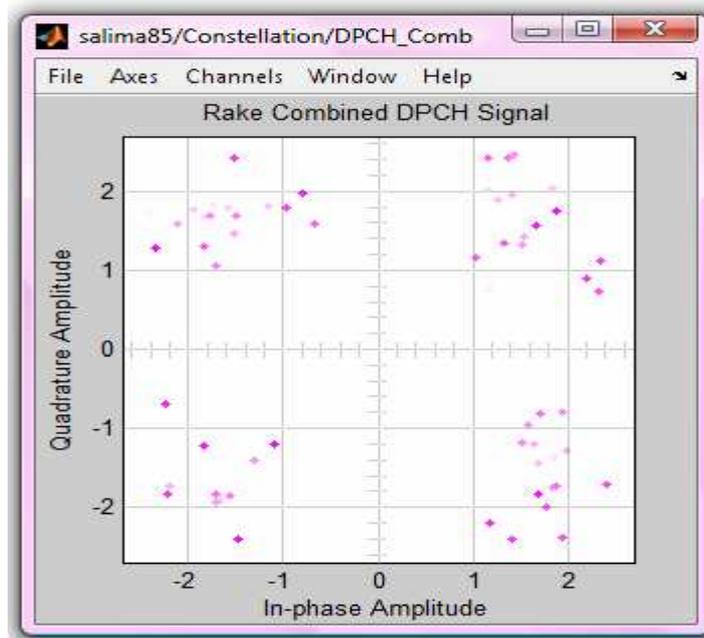
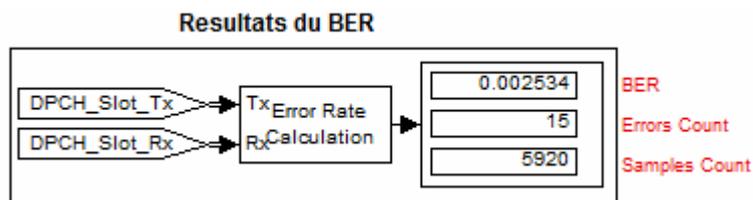


Fig. 4.7- constellation obtenue après le récepteur RAKE

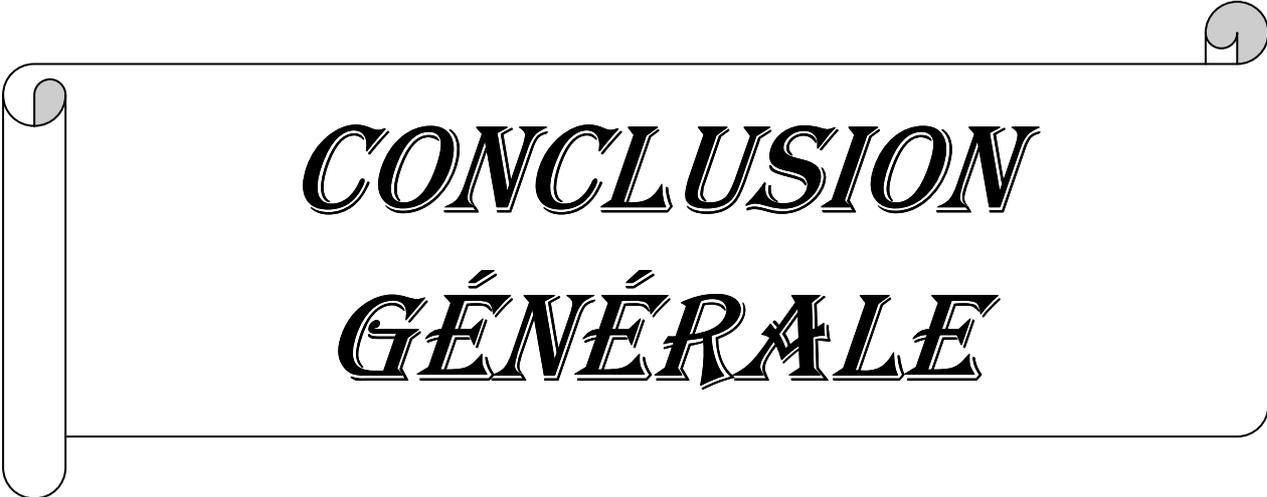
Le diagramme de constellation présente des nuage de points autour des 4 points de constellation relatif aux symboles numériques émis, ceci est normal dans la mesure ou le signal a subi les effets du canal donc des effet relatifs au dispersion d'amplitudes et de phase (retard des trajets provoqués par les trajets multiples). Un bloc de décision c'est-à-dire qui décide de la valeur du symbole dans ce petit nuage qui l'entoure fournit au bloc de calcul d'erreur le résultat de sa décision pour évaluer le TEB.

Evaluation du TEB : Apres avoir au préalable implémenté les valeurs mentionnées tout en haut dans les différents blocs de notre chaine, après simulation nous avons obtenu les résultats mentionnés dans la figure ci-dessous.

Nous pouvons dire que la valeur du BER n'est pas idéale mais elle reste acceptable.



Nous avons refait le même travail, en tenant compte cette fois d'un canal AWGN. On a remarqué que le TEB obtenu est nettement supérieur (de l'ordre $\frac{1}{2}$). Ce qui aura des répercussions négatives sur la qualité de réception de notre système.



***CONCLUSION
GÉNÉRALE***

Conclusion générale

Lorsqu'on parcourt les spécifications sur les concepts et l'architecture de la norme UMTS, on se rend rapidement compte qu'un travail de modélisation a été réalisé par les différents groupes du 3GPP. Cette modélisation a permis d'introduire de nouvelles notions par rapport aux normes de deuxième génération de manière générale notamment l'indépendance de la couche d'accès radio.

Grâce à son haut débit et la largeur de sa bande de fréquence, l'UMTS est arrivée à exploiter d'une façon très prometteuse les avantages de la technologie de la 3^{ème} génération. Ainsi en plus des services traditionnellement connus dans la seconde génération, d'autres services imposés par les besoins de l'utilisateur ont vu le jour en l'occurrence la transmission des images de vidéo et la consultation sur Internet à haut débit.

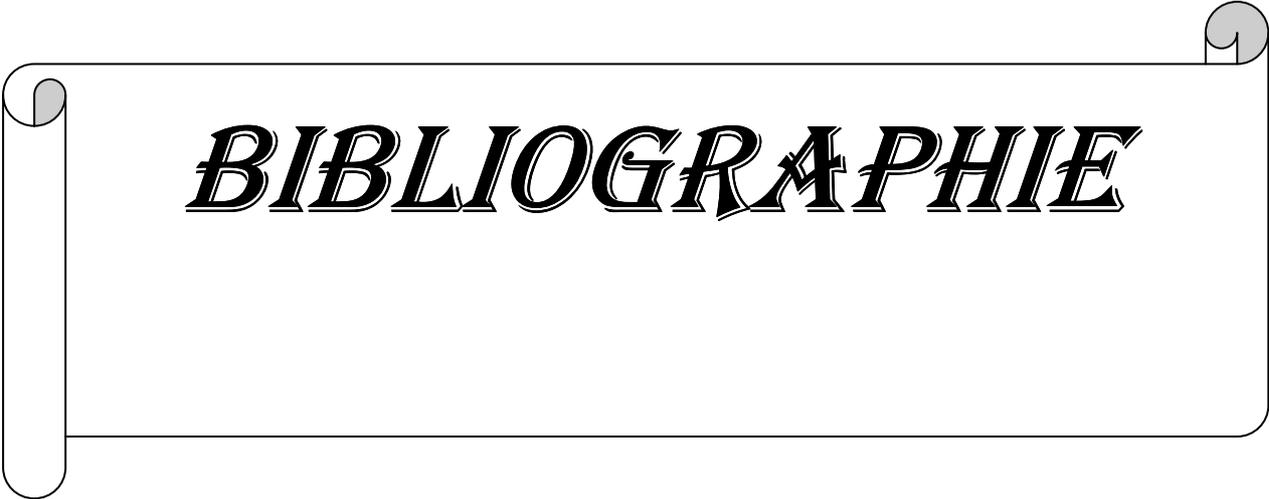
Au terme de ce travail, nous estimons avoir répondu au cahier des charges qui nous a été demandé, à savoir l'étude de la téléphonie mobile de 3^{ème} génération, le développement de la technique de multiplexage WCDMA, des protocoles mis en jeu et la configuration des différents canaux permettant l'élaboration d'une architecture de transmission WCDMA, sa simulation sous MATLAB et enfin sa validation.

La simulation réalisée sous SIMULINK MATLAB nous a permis d'acquérir un savoir faire de l'outil SIMULINK d'une part et d'approfondir nos connaissances sur les systèmes cellulaires en général et la 3^{ème} génération en particulier, d'autre part.

Les résultats obtenus après simulation sont acceptables, néanmoins nous avons eu quelques difficultés à ajuster les paramètres des différents blocs de la chaîne de transmission, de comprendre l'utilité de chacun de ces blocs et d'établir le lien entre la théorie et la pratique.

Ce travail peut être amélioré en essayant de revoir certains points tels que l'essai d'un autre type de modulation, le réajustement des paramètres des canaux, la génération d'une chaîne de caractère comme signal d'information, l'essai d'autres séquences d'étalement...etc.

Ces perspectives permettraient de voir le comportement de cette chaîne de transmission afin de limiter les imperfections et améliorer le TEB.



BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [1] =AKNINE.S et BEGGAZ.O« Etude générale du réseau UMTS et calcul du nombre du nombre d'accès simultanés possibles» mémoire d'ingénieur université Tizi-Ouzou Année 2005/2006.
- [2] = MICHEL TERRÉ « UMTS » Cour du Conservatoire National des Arts et des Métiers.
- [3] : XAVIER LAGRANGE, PHILIPPE GODLEWSKI, SAMI TABBAN «réseaux GSM » Hermès publication 2000 en France.
- [4] = R.REZGUI « Etude et Proposition de Techniques de Migration optimale de Réseaux GSM vers l'UMTS » mémoire d'ingénieur, année 2004/2005.
- [5] : M. Mathieu, « Télécommunication par faisceau hertzien » 2^{ème} tirage, publication 1980
- [6] : A_T_VITERBI et J_K OMURA traduit de l'anglais par G_BATAIL « principes des communications numériques ».
- [7] : A.LAYEC « Développement de modèles de CAO pour la simulation système des systèmes de communication. Application aux communications chaotiques. », thèse de doctorat, université de LIMOGUES, année 2005/2006.

Sites web :

- http://fr.wikipedia.org/wiki/Code_Division_Multiple_Access
- http://www.tele.ucl.ac.be/EDU/ELEC2796/elec2796_5.pdf
- <http://www.irisa.fr/cosi/SEMINAIRE/transparents/WCDMA.pdf>
- <https://staff.ti.bfh.ch/mdm1/Kursunterlagen/UMTS/UMTS.ppt>
- http://gdr-ondes.lss.supelec.fr/reunionsple/20031210-Marseille/documentsmarseille/poster_ciais_GDR.pdf
- <http://cogicom.fr/fiches/pdf/formation-reseaux-mobiles-gsm-gprs-amp-umts-uma-amp-ims.pdf>
- <http://ses.telecom-paristech.fr/ecostrat/etudecas/6umts.pdf>
- <http://www.electronique.biz/Pdf/EIH200412090582030.pdf>
- <http://www.unilim.fr/theses/2003/sciences/2003limo0029/heckmann.pdf>
- http://pastel.paristech.org/626/01/these_guemghar.pdf
- <http://pastel.paristech.org/496/>



GLOSSAIRE

GLOSSAIRE

- **3GPP**: 3rd generation partnership project.
- **3GPP2**: 3rd generation partnership project 2.
- **AICH**: Acquisition Indicator Channel.
- **AS**: Access Stratum.
- **ARQ** : Automatic Repeat Request.
- **BCCH**: Broadcast Control Channel.
- **BCH**: Broadcast Channel.
- **BMC**: Broadcast/Multicast Control.
- **BSS**: Base Station Subsystem.
- **BSC** : Base Station Controller.
- **BTS** : Base Transceiver Station.
- **CC**: Call Control.
- **CCCH**: Common Control Channel.
- **CCPCH**: Common Control Physical Channel.
- **CDMA**: Code Division Multiple Access.
- **CDMA 2000** : Code Division Multiple Access 2000.
- **CD/CA-ICH**: Collision Detection/Channel Assignment Indication Channel.
- **CK** : Ciphering Key.
- **CN**: Core Network.
- **CRC** : Cyclic Redundant Check.
- **CPICH**: Common Pilot Channel.
- **CSICH**: CPCH Status Indication Channel.
- **CTCH** : Common Traffic Channel.
- **DCCH** : Dedicated Control Channel.
- **DCH** : Dedicated Channel.
- **DPCCH**: Dedicated Physical Control Channel.
- **DPCH**: Dedicated Physical Channel.
- **DPDCH**: Dedicated Physical Data Channel.
- **DTCH**: Dedicated Traffic.
- **DSCH**: Downlink Shared Channel.
- **DSSS**: Direct Spread Sequence Spectrum.
- **EDGE**: Enhanced Data Rate for GSM Evolution.

GLOSSAIRE

- **EIR:** Equipement Identity Register.
- **FACH:** Forward Access Channel.
- **FDD:** Frequency Division Duplex.
- **FDMA:** Frequency Division Multiple Access.
- **FEC :** Forward Error Correction
- **FOMA:** Freedom Of Mobile Multimedia Access.
- **FTP:** File Transfer Protocol.
- **GGSN:** Gateway GPRS Support Node.
- **GMM:** GPRS Mobility Management.
- **GMSC:** Gateway MSC.
- **GPRS:** General Packet Radio Service.
- **GSM:** Global Service for Mobile:
- **HLR:** Home Location Register.
- **HSDPA:** High Speed Downlink Packet Access.
- **IK:** Integrity Key.
- **IMEI:** International Mobile station Equipement Identity.
- **IMSI:** International Mobile Station Identity.
- **ITU :** International telecommunication Union.
- **LA :** Location Area.
- **MAC :** Medium Access Control.
- **MM :** Mobility Management.
- **MMS :** MultiMedia Messaging.
- **MSC :** Mobile Switching.
- **MSISDN:** Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network.
- **NAS :** Non Access Stratum.
- **NSS :** Network SubSystem.
- **OSI :** Open Systems Interconnection.
- **OVSF:** Orthogonal Variable Spreading Factor.
- **PCCH:** Paging Control Channel.
- **PCH:** Paging Channel.
- **PCPCH:** Physical Common Packet Channel.
- **PDC:** Personal Digital Cellular.

GLOSSAIRE

- **PDCP:** Packet Data Convergence Protocol.
- **PDSCH:** Physical Downlink Shared Channel.
- **PHS:** Personal Handyphone System.
- **PICH:** Paging Indication Channel.
- **PLMN:** Public Land Mobile Network.
- **PRACH:** Physical Random Access Channel.
- **P-CCPCH:** Primary Common Control Physical Channel.
- **QPSK:** Quadrature Phase Shift Keying.
- **RA:** Routing Area.
- **RACH:** Random Access Channel.
- **RLC:** Radio Link Control.
- **RRC:** Radio Resource Control.
- **SCH:** Synchronization Channel.
- **S-CCPCH:** Secondary Common Physical Channel.
- **SGSN:** Serving GPRS Support Node.
- **SIM:** Subscriber Identification Module.
- **SM:** Session Management.
- **SMS:** Short Message Service.
- **TCP:** Transmission Control Protocol.
- **TDD:** Time Division Duplex.
- **TDMA:** Time Division Multiple Access.
- **TE:** Terminal Equipment.
- **TFS:** Transport Format Set.
- **TTI :** Time Transfert Interval.
- **TD-CDMA :** Time Division- Code Division Multiple Access.
- **UICC:** Universal Integrated Circuit Card.
- **UMSC:** UMTS MSC.
- **UMTS :** Universal Mobile Telecommunications System.
- **USIM:** Universal Subscriber Identity Module.
- **UTRAN:** Universal Terrestrial Radio Access Network.
- **VLR:** Visitor Location Register.
- **WCDMA :** Wideband Code Division Multiple Access.