

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMARI, Tizi-Ouzou
Faculté de Génie Electrique et d'informatique
Département d'Electronique



Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme

De MASTER en Electronique

Option: Réseaux et Télécommunications

Thème :

***Etude d'un réseau UMTS, et possibilité de
migration vers un réseau 3G.***

Proposé et Encadré par :Mr. AYOUNI Boudjema

Promoteur : Mr. AIT BACHIR.Y

Présenté par :

Mr. DJEBBAR Idir

Promotion 2013

Remerciements

Je tiens chaleureusement à remercier Mr. AIT BACHIR, mon promoteur pour sa disponibilité et la qualité de son encadrement.

Mes remerciements vont ensuite à :

- A tous mes enseignants de mon cursus scolaire, 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 Champ-Manœuvre de m'avoir bien accueilli et orienté sans oublier l'aide précieuse de MOUALEK Achour.
- A MESROUK Mehdi, AYOUNI Boudjemaa et AKROUR Kamel.
- A tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidé à élaborer ce travail.
- Je remercie les membres du jury qui m'ont fait l'honneur de juger mon travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

- La mémoire de ma défunte grand-mère, que dieu ait son âme.
- Mes parents qui m'ont encouragés et étaient derrière moi depuis mes débuts.
- Mon frère Ahmed et ma sœur Salima.
- Tous mes confrères et consœurs d'Algérie Télécom.
- Tous mes collègues de la DSI.
- Tous mes amis de la DSSM ; Larbi, Toufik, Youcef, Fadi, Lilia, Sarah et Karim.
- Tout le staff technique du MSC de Mobilis de Tizi-Ouzou.
- Tout le staff technique du MSC de champ-manceuvre.
- Mes amis ; Mehdi, Smail, Lamia.....

Idir



SOMMAIRE

Introduction générale	1
Chapitre 1 : Architecture des réseaux 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	7
IV-2. Types de cellules	7
V- Architecture du réseau GSM.....	8
V-1. La station Mobile	8
V-2. Le sous-système radio BSS.....	9
V-2-1. La BTS.....	9
V-2-1.a. Les macros BTS.....	9
V-2-1.b. Les micros BTS	9
V-2-1.c. Les BTS ciblées	10
V-2-2. Le BSC	10
V-3. Le sous-système réseau NSS	10
V-3-a. MSC.....	10
V-3-b. HLR	10
V-3-c. VLR	11
V-3-d. AUC.....	11
V-3-e. EIR.....	11
V-4. L'OSS	11
VI- Les interfaces du système GSM	11
VI-1. Interface U _m	11
VI-2. Interface A-bis	12
VI-3. Interface A	12
VI-4. Interface B	12
VI-5. Interface C	12
VI-6. Interface D.....	12
VI-7. Interface F	12

VI-8. Interface H	12
VIII- Les contraintes du réseau GSM	12
IX- Le GPRS.....	13
IX-1. Pourquoi le GPRS.....	13
IX-2. Principales caractéristiques du GPRS	13
IX-3. Principe de localisation.....	13
IX-4. Classes des terminaux GPRS.....	13
IX-5. Architecture du système GPRS	14
Conclusion	15
Chapitre 2 : architecture UMTS et technique d'accès WCDMA	
Historique.....	17
Les causes du retard de la norme UMTS	18
I- Introduction	21
II- Les services offerts et objectifs.....	21
III- Architecture de l'UMTS	21
III-1. Le domaine de l'équipement usager	22
III-1-1. La ME.....	22
III-1-1-1. Equipement terminal.....	22
III-1-1-2. La terminaison mobile	22
III-1-2. La carte USIM.....	23
III-2. Le réseau d'accès (UTRAN)	23
III-2-1. Le RNC.....	23
III-2-2. Le Node B	23
III-3. Le réseau cœur.....	24
III-4. Concept de réseau cœur intégré.....	25
IV- Méthode de duplexage.....	26
IV-1. Le mode FDD.....	26
IV-2. Le mode TDD.....	26
V- Technique d'accès multiple WCDMA	27
V-1. Inconvénients des techniques de multiplexage FDMA et TDMA.....	27
V-1-1. Inconvénients du FDMA	27
V-1-2. Inconvénients du TDMA.....	27
V-2. La technique CDMA.....	27
V-3. Les principaux paramètres du WCDMA	28

V-4. La modulation numérique	28
V-4-1. Généralités	28
V-4-2. Modulation QPSK	30
V-5. L'étalement du spectre	31
V-5-1. Les codes utilisés dans l'UTRAN	34
V-5-2. Les codes OVSF	34
V-6. Récepteur RAKE	35
V-7. Filtre à racine de cosinus surélevé	37
Conclusion	38

Chapitre 3 : WCDMA UTRAN Protocoles et canaux

I- Introduction	40
II- Notion d'AS (Access Stratum) et NAS (Non Access Stratum)	40
III- Interface Radio	41
IV- Notion de plan de contrôle et de plan usager	42
IV-1. Le plan usager	43
IV-2. Le plan de contrôle	43
V- Les canaux	43
V-1. Généralités	43
V-2. Les canaux logiques	43
V-2-1. Les canaux logiques de contrôle	44
V-2-2. Les canaux logiques de trafic	44
V-3. Les canaux de transport	45
V-3-1. Les canaux de transport dédiés	45
V-3-2. Les canaux de transport communs	45
V-4. Les canaux physiques	46
V-5. La correspondance entre les canaux	47
VI- Les protocoles radio	48
VI- 1. La couche RRC	48
VI-1-1. La connexion RRC	48
VI-1-2. Les états de la connexion RRC	49
VI-1-2-1. L'état CELL_DCH	50
VI-1-2-2. Les états CELL_PCH et URA_PCH	50
VI-1-2-3. L'état CELL_FACH	50
VI-1-3. Fonctions de la couche RRC	50

VI-2. La couche RLC.....	51
VI-2-1. Le mode transparent.....	51
VI-2-2. Le mode non acquitté.....	51
VI-2-3. Le mode acquitté.....	52
VI-3. La couche MAC.....	53
VI-4. La couche PDCP.....	54
VI-5. La couche BMC.....	55
Conclusion.....	55

Chapitre 4 : Optimisation et planification d'un réseau UMTS

I- Introduction.....	57
II- Contrôle de puissance.....	57
III- Transfert intercellulaire.....	58
IV- Planification du réseau radio.....	60
V- Planification et dimensionnement d'un réseau UMTS.....	62
V-1. Phase de pré planification.....	62
V-2. Phase de planification.....	62
V-3. Phase de post planification.....	63
Conclusion	65

Conclusion générale

Bibliographie

Glossaire



***INTRODUCTION
GENERALE***

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 multi-utilisateurs.

Le téléphone mobile qui célèbre cette année son 40ème anniversaire et durant ce laps de temps, a connu un développement considérable et sans précédent à tel point qu'il s'est incrusté dans nos vies et qui désormais, fait partie du quotidien de la plupart d'entre nous.

Aujourd'hui, il semble naturel que de pouvoir appeler presque de n'importe quel endroit, à n'importe quel moment, d'échanger des messages courts et pour les mobiles les plus récents d'accéder à internet, écouter de la musique ou de visionner des vidéos. C'est dans cette optique que plusieurs travaux de recherche sont menés afin de garantir une qualité irréprochable de communication et d'atteindre des débits encore plus importants.

La téléphonie mobile a connu plusieurs phases ; après la 1ère génération 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 face à un boum des télécommunications avec à sa tête Internet, sachant que le GSM offre un faible débit qui est estimé à 9,6 Kb/s et face à une demande plus accrue en matière de débits la technologie GPRS a vu le jour.

L'UMTS est l'acronyme d'Universal Mobile Télécommunications System. Les systèmes de première et deuxième générations étaient considérés comme des systèmes de téléphonie mobile, donc la troisième génération se différencie des deux précédentes par le fait que l'on passe de téléphonie à télécommunication ce qui sous-entend l'apparition de services multimédia à tout instant et en tout lieu. La GSM a apporté et fait de la téléphonie mobile un produit de grande consommation. Sa phase 2+, le GPRS, ouvre la voie de la transmission de données ainsi préparer la venue de l'UMTS.

L'UMTS fait partie de la famille IMT 2000 et dont les spécifications techniques sont développées au sein du 3GPP. L'architecture de ce système est composée essentiellement d'un réseau terrestre d'accès radio, l'UTRAN (Universal terrestrial Radion Access Network) et d'un réseau cœur dérivé de celui spécifié pour la phase 2+ du GSM. Au jour d'aujourd'hui 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

Introduction générale

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.

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.

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.

Le chapitre trois, décrit les protocoles mis en œuvre sur l'interface d'air WCDMA ainsi que les canaux liant les différentes couches.

Le quatrième chapitre sera réservé pour l'optimisation et la planification d'un réseau UMTS, mettant ainsi en valeur le travail de maintenance du réseau.

Enfin, nous terminerons notre travail par une conclusion générale.



CHAPITRE 1 :
ARCHITECTURE DES RÉSEAUX
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 de phonie ainsi que le transfert de données à faible débit.

Dans le réseau GSM, les données utilisateurs et la signalisation transitent à travers des 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, du fait que les ressources sont partagées en fréquence et en temps.

III- Les 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 DCS 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 de télécommunication, si une ressource parasite émet un bruit à une fréquence donnée, il en résulte que le signal qui se trouve dans cette bande de fréquence sera perturbé, de plus il ne faudrait pas oublier la contrainte d'économie de fréquence. 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".

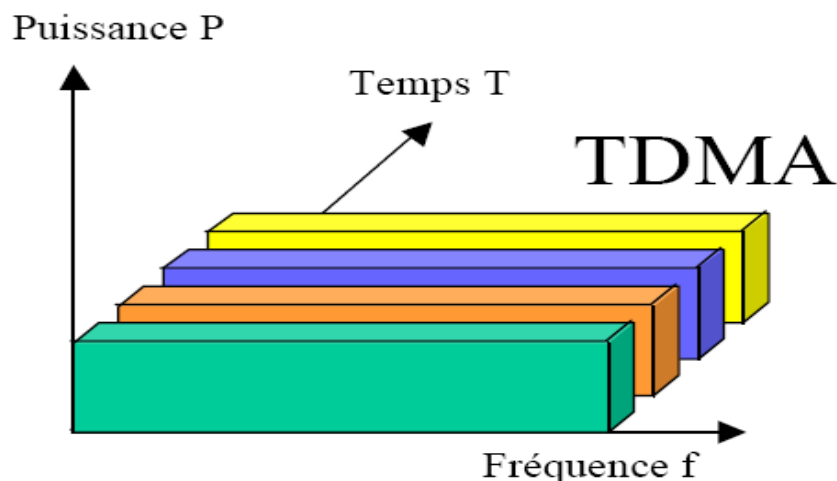


Fig. 1.2- technique TDMA.

Pour la norme GSM, la norme a défini que cette durée est de 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 :

Afin de pallier à une éventuelle tentative de piratage et de protéger les communications d'une source radio parasite, la fréquence sollicitée pour une 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**).

En tenant compte qu'il est impossible d'effectuer un saut de fréquence de la bande 900 à la bande 1800.

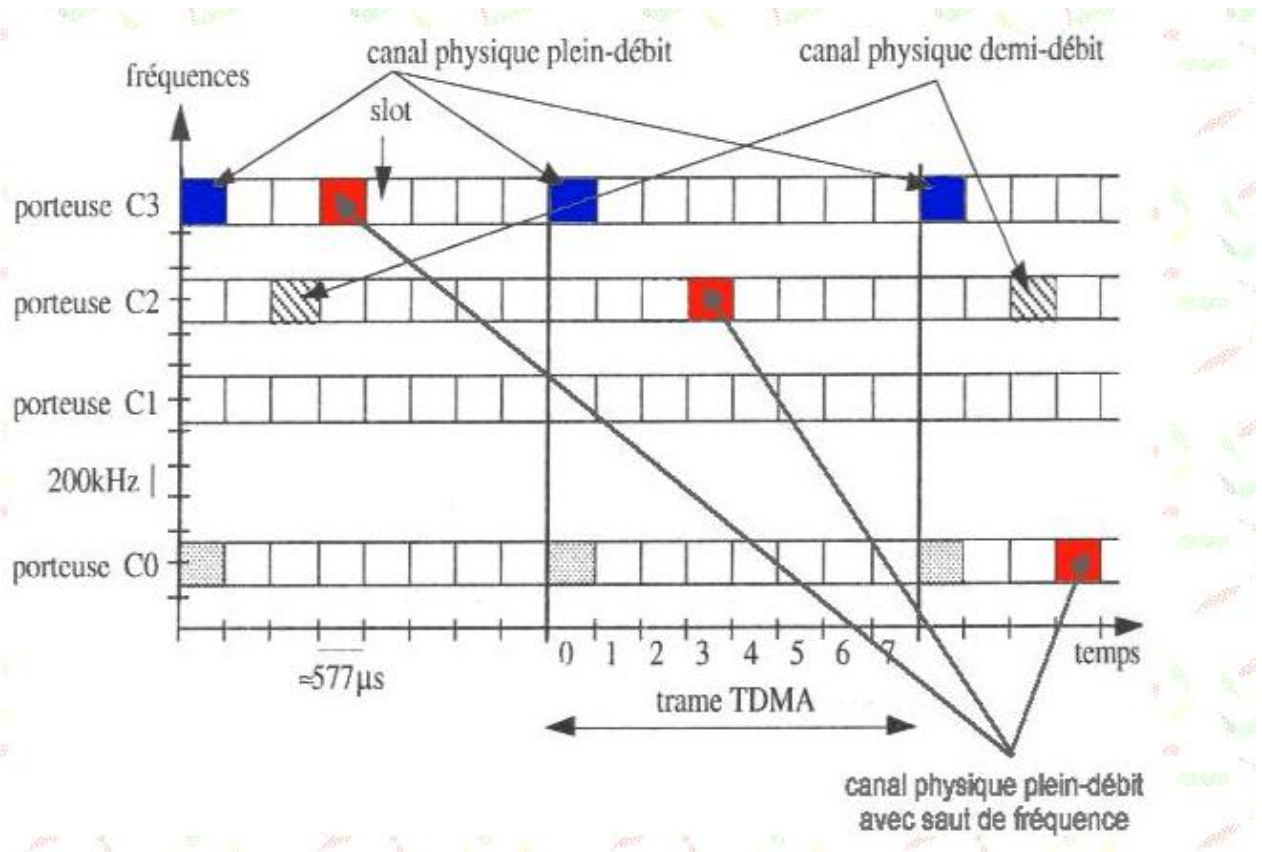


Fig. 1.3- saut de fréquence.

IV- Concept cellulaire d'un réseau GSM :

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

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

La première amélioration consistait à 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 géographique couverte par une station de base grâce à laquelle tous les téléphones mobiles communiquent.

Cette division de l'espace permet de réaliser des économies en termes de bande hertzienne et de maximiser l'exploitation des ressources radio, de plus le système GSM permet une réutilisation 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.

Afin 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**).

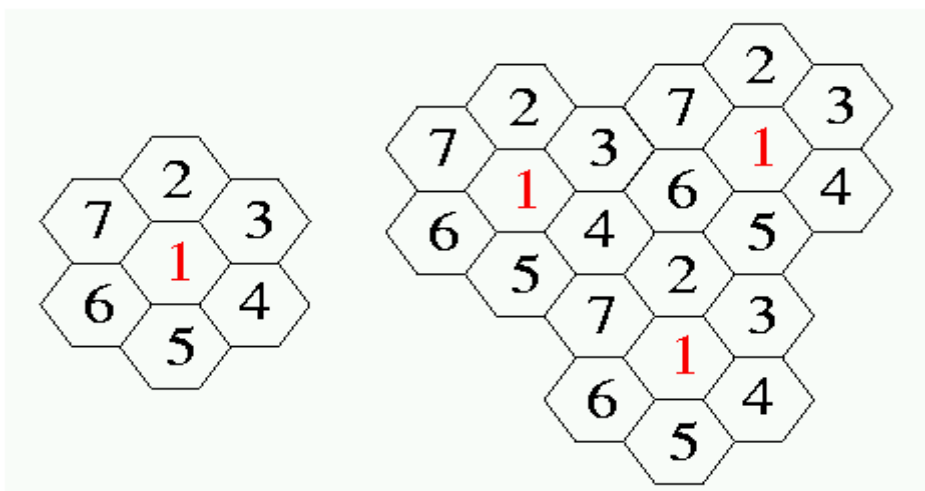


Fig. 1.4- principe de réutilisation de fréquences.

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

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

Les opérateurs cherchent justement à maximiser cette taille dans les zones les peu peuplées, afin d'avoir et 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, de fait si ces derniers 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 :

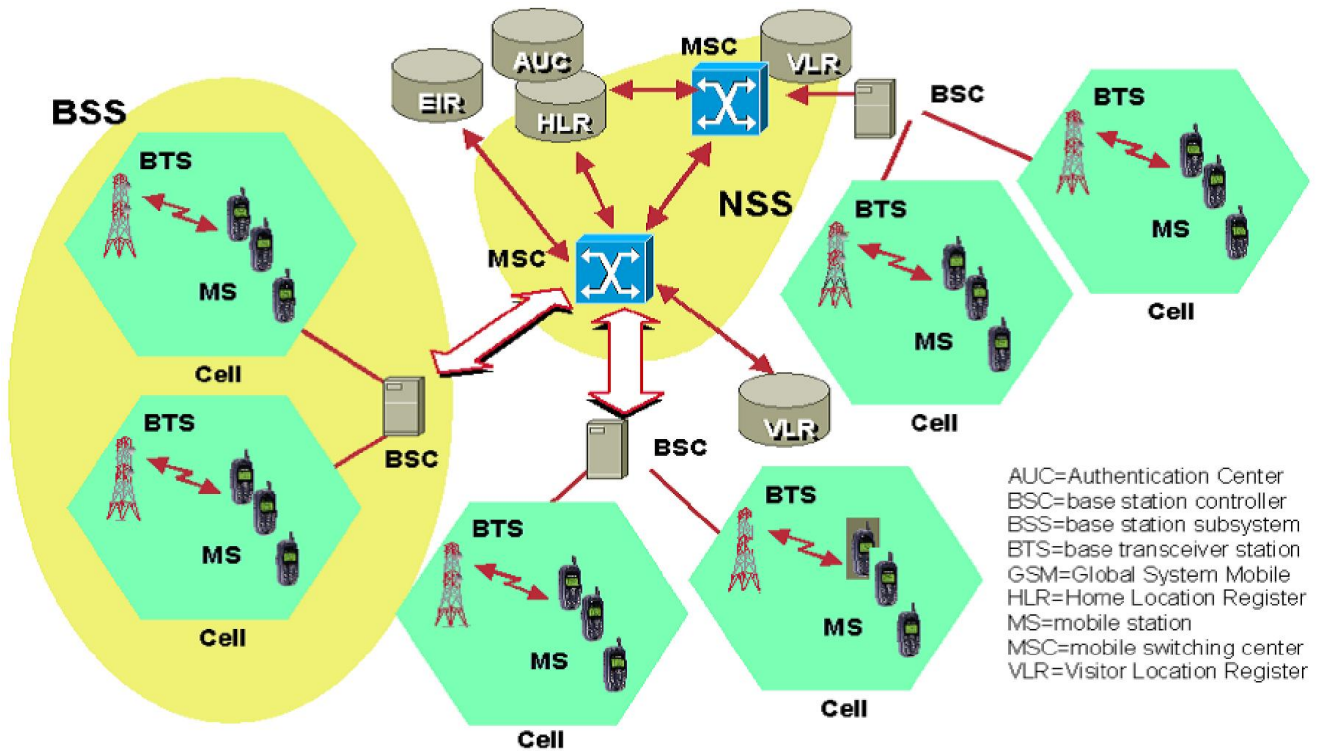


Fig. 1.5-architecture du GSM.

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 :

C'est la seule entité pratiquement auquel l'utilisateur a directement accès. Elle se constitue d'un terminal mobile et d'une carte SIM (Subscriber Identity Module).

Ses principales tâches sont :

- Emettre et recevoir le signal radio, les communications voix, la messagerie et elle gère le répertoire.
- Protéger les abonnés contre toute tentative d'usurpation d'identité ou bien une quelconque tentative de fraude et ce grâce à une procédure d'authentification.
- Effectuer des mesures des signaux d'une façon périodique émis par les cellules voisines qui permettent le cas échéant de déclencher un handover.

- Convertir la parole.
- Multiplexage et répartition dans le temps.

V-2. Le sous système radio BSS : est ensemble d'équipements ou bien des entités 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 clé et le point d'accès 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 via l'interface radio, et communique avec un contrôleur de station de base grâce 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 elle et la station mobile (niveau de champ reçu et la qualité du signal) afin de 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

Différents types de BTS subsistent (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 exploitées 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 (switch informatique), 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 ou bien ISDN.

V-3-b. HLR :

C'est une mémoire qui est liée au réseau. Elle constitue une importante 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:

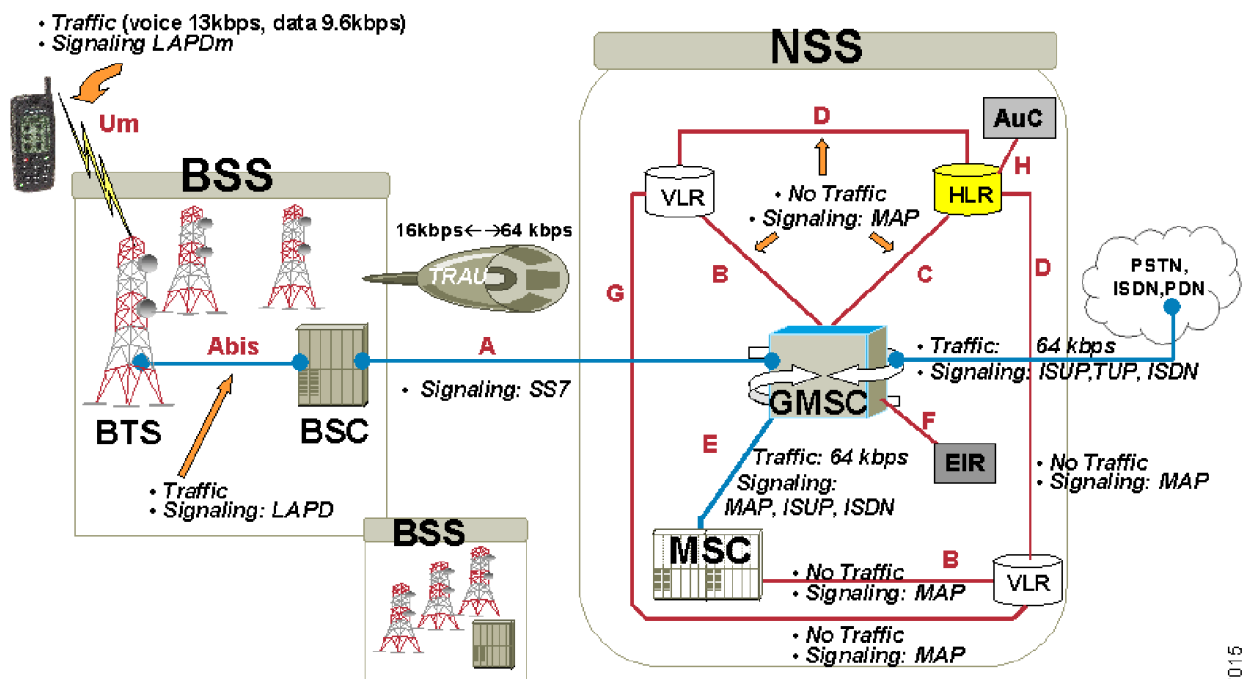


Fig. 1.7-les interfaces du système GSM.

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

77015

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 :

Dans le cas d'itinérance (passage d'une zone géographique à une autre), il est courant que l'on puisse évoluer d'une cellule ou que l'on s'éloigne de l'antenne carrément. Ceci aura pour effet de créer un affaiblissement du signal en niveau et en qualité. Des lors il nécessaire de basculer à la cellule adjacente qui prendra mieux en charge la communication.

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

Lorsque la procédure du handover est mise en œuvre, la station mobile qui était à un canal un canal (fréquence) donné reçoit un nouveau canal dans la nouvelle cellule.

VIII- Les contraintes 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 pallier a toutes ces contraintes (monopolisation, facturation, débit) la technologie GPRS a vu le jour.

IX- Le GPRS (General Packet Radio Service): [2]

IX-1. Pourquoi le GPRS:

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

C'est en tenant compte de toutes ces contraintes que le GPRS a fait son apparition.

Le GPRS (General Packet Radio Service) est une technique de transmission de données reposant sur la "commutation de paquets" ce qui pour effet 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 l'architecture du réseau GSM car celui-ci se charge de fournir le service 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, nous avons à faire à 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 :

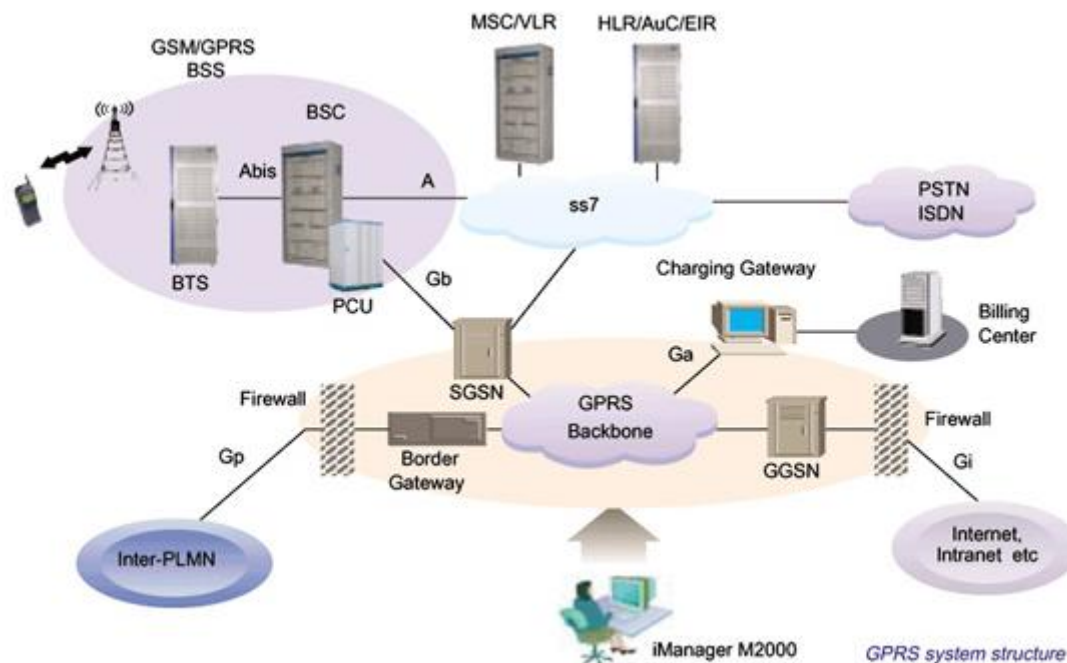


Fig. 1.8- architecture du GPRS.

C'est une convergence entre l'Internet et la téléphonie 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 l'objet d'un remaniement bien au contraire elle est exploitée à nouveau, tout en étant renforcée par de nouveaux équipements. Pour les stations de base il fut nécessaire de rajouter un logiciel de manière à contrôler mieux le réseau. 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) :** il 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 GSM 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 :

La technologie 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).



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 à pas de géants, les professionnels 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 3^{ème} génération. Le but principal de ce système est de regrouper tous les réseaux du monde de la 2^{ème} génération, en un seul réseau et de lui associer des capacités multimédia.

Une multitude de groupes, ont travaillé afin d'œuvrer à la normalisation du système de la 3^{ème} génération de téléphonie mobile.

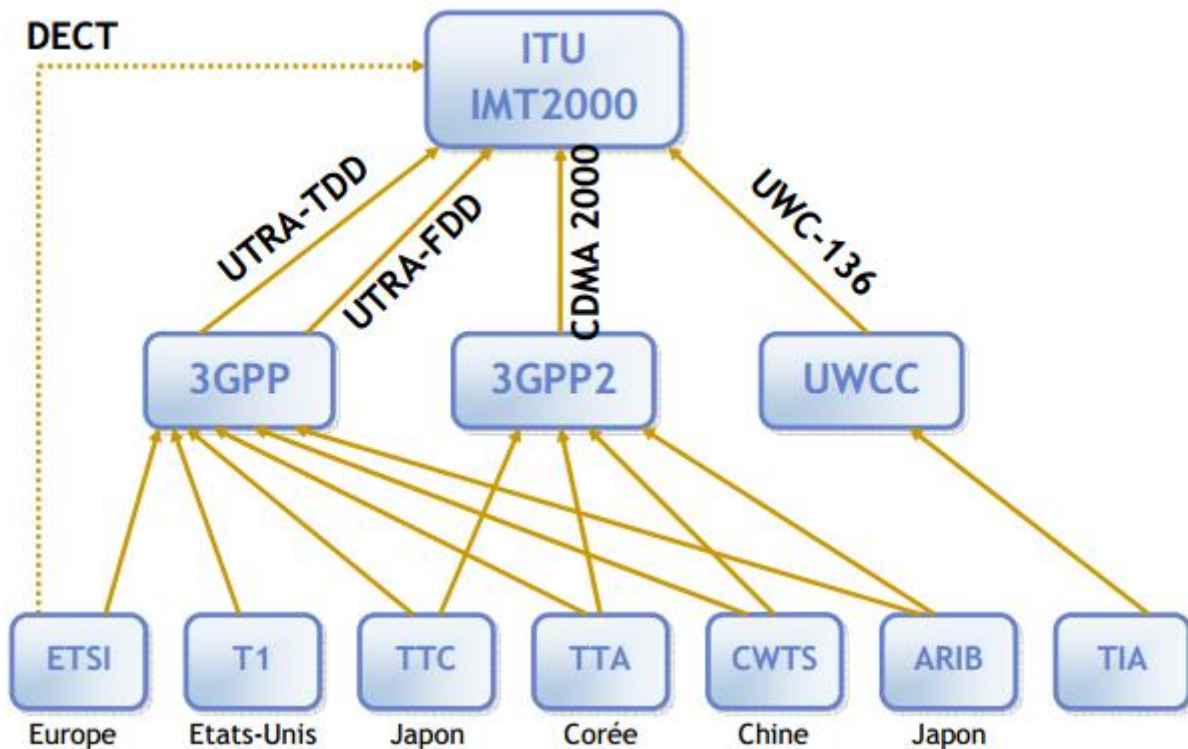
En Europe, le système 3G est nommé UMTS. Ce système suit les recommandations de l'IMT 2000. Sa standardisation a débuté en 1990 au sein de l'ETSI qui fédère les travaux européens de normalisation grâce à des comités techniques (SMG) comportant des représentants de constructeurs déjà impliqués dans les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

Le PHS est le système de seconde génération de téléphonie mobile au Japon, cette norme a eu un tel succès que les Japonais auraient donné 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 arrivèrent 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 (voir la figure ci-dessous) :



- L'ARIB au Japon
- 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 3^{ème} 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-Siemens, ZTE et Huawei). 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. Des tests effectués ont montré que, 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 aura pour effet de pousser à terme à la multiplication des stations de bases pour atteindre les débits annoncés.

Aux premiers tests, des problèmes logiciels sont survenus, ainsi la fonction du handover est soit très longue soit inexécutable, d'où 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.

L'année 2004 reste en effet l'année du boom pour cette grande technologie, dans la mesure où 34 opérateurs se sont lancés dans le bain.

I- Introduction :

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

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 est capable de supporter deux types de trafic 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 (Smartphones), grâce à l'accroissement significatif des débits (2 Mb/s théoriquement)
- il supporte des applications multimédias à large bande telle que la visiophonie, streaming...
- 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 (en termes d'audition).
- 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 2^{ème} et de 3^{ème} 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.

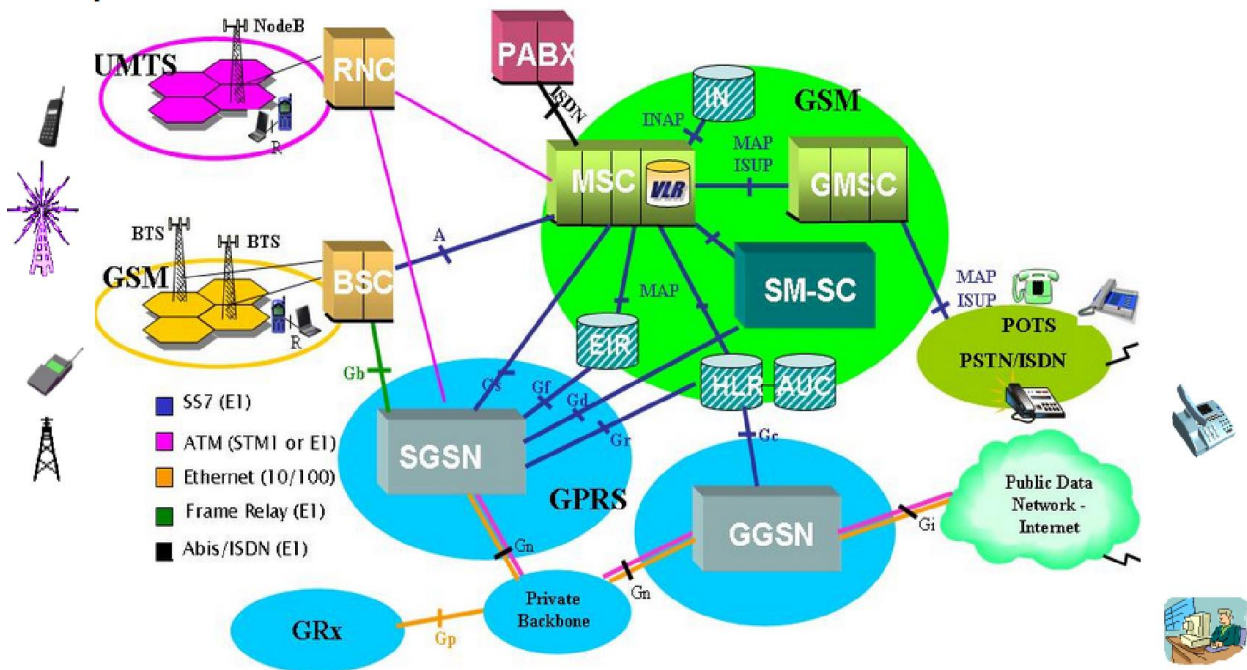


Fig. 2.1- architecture du réseau UMTS.

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 d'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 est conçue pour satisfaire 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 clés de chiffrement l'IMSI, MSISDN, le répertoire, la langue, la liste des réseaux interdits...etc.

On sait que les téléphones 3G donnent à l'abonné l'opportunité de transmettre des données, de visionner des vidéo... 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 constitue 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 assure 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 lancement d'un mécanisme de 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'appuie 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 permet de gérer 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).

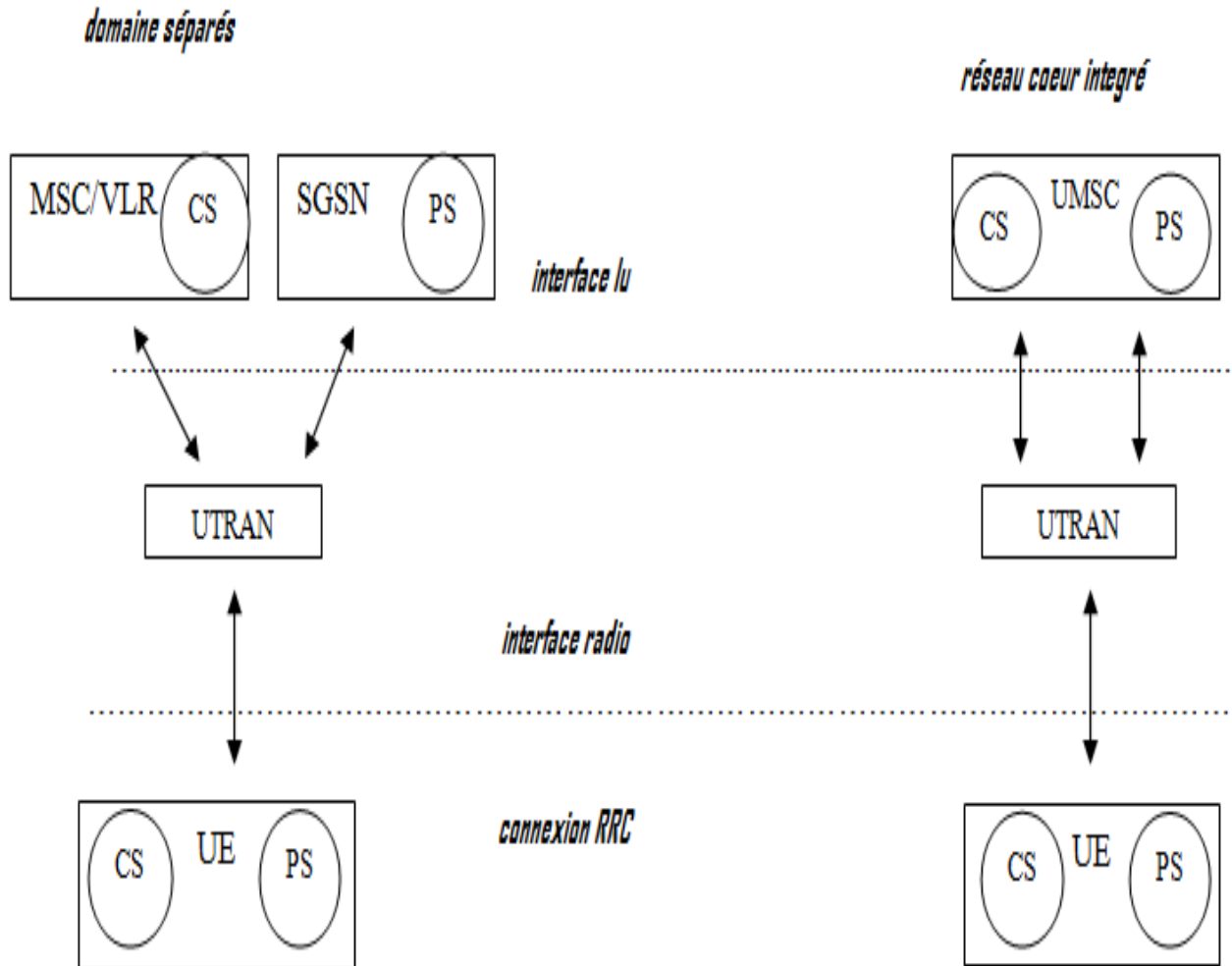


Fig. 2.2- concept de réseau cœur intégré.

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 : [3]

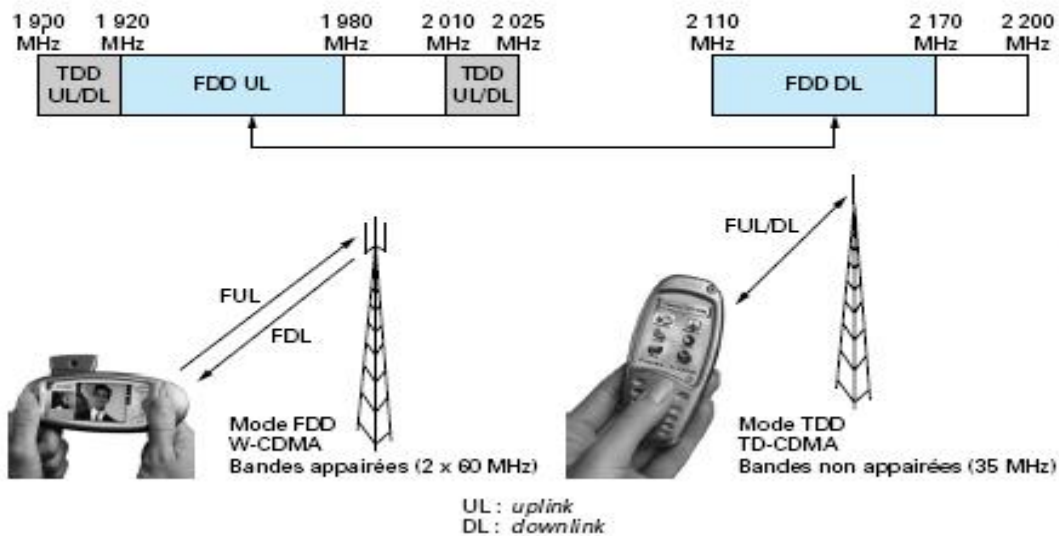


Fig. 2.3- mode de duplexage.

Les spécifications de l'UMTS ont défini deux modes d'exploitation qui permettent l'échange de l'information entre le mobile et la station de base pour séparer la transmission que ce soit dans le lien montant ou bien descendant UL et DL (mode FDD, TDD) (voir Fig. 2.3).

IV-1. Le mode FDD :

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 :

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 retenu par la norme UMTS.

V- Technique d'accès multiple WCDMA : [4]

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

L'accès multiple allie 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. Il constitue un des critères fondamentaux de la qualité du réseau, en particulier la capacité (nombre d'abonnés supportables avant la saturation).

Les techniques FDMA et TDMA présentent beaucoup d'inconvénients.

V-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 mène les opérateurs 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.

V-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.

V-2. La technique CDMA :

Le multiplexage CDMA constitue une intéressante alternative par rapport aux autres accès multiples dans le domaine des systèmes de communication mobile et fixe.

La technique d'accès CDMA est une technique radicalement différente des deux précédentes, elle 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.

V-3. Les principales caractéristiques 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.
- L'espace entre les porteuses est 200 KHz, suivant le niveau d'interférence entre les porteuses.
- Un opérateur selon sa licence, peut employer différentes porteuses dans le but d'augmenter la capacité de son réseau.
- Le WCDMA utilise deux modes de fonctionnement ; le mode FDD (deux bandes passantes utilisées) et le TDD (une bande passante).
- L'UMTS est une évolution de la norme GSM.
- 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.

V-4. La modulation numérique :

Tout signal transmis sur un canal radio doit impérativement s'adapter au canal de transmission. Or, les messages numériques tels qu'ils sont 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.

V-4-1. Généralités :

Il existe plusieurs catégories de modulation numérique utilisées nous citerons :

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

Le choix d'une modulation au détriment d'une autre se fait selon des critères bien déterminés. Le 1^{er} critère essentiel est l'efficacité spectrale qui se définit comme étant 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^{ème} 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 :

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

Et en dernier lieu, 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.

La formule décrivant le signal porteur sinusoïdal s'écrit comme suit :

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

Le signal porteur a pour caractéristiques physiques:

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

La modulation consiste à faire varier un de ces paramètres au rythme du signal numérique modulant. Ainsi on obtient donc un signal de haute fréquence centré autour de f_0 contenant l'information $d(t)$.

On obtient la relation suivante :

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

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

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

$\varphi(t) = K \int d(t) \rightarrow$ 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.

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

V-4-2. Modulation QPSK :

Le WCDMA sollicite 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.

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

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 possible 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 :

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

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.

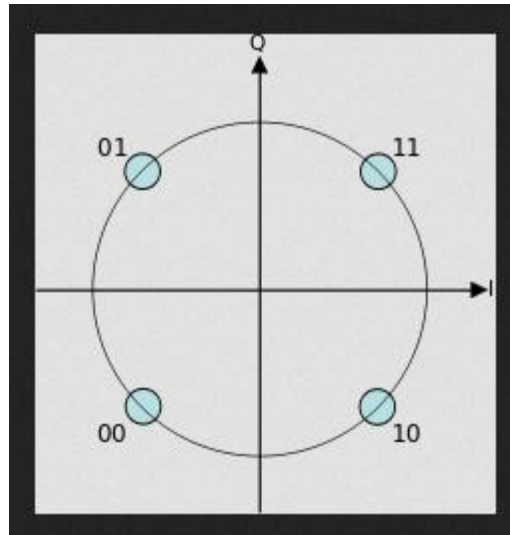


Fig.2.6- diagramme de constellation d'une modulation QPSK.

V-5. L'étalement du spectre :

C'est dans les années 90, avec l'apparition des communications, que l'étalement de spectre est exploité 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 fait l'objet d'un étalement 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 non autorisés 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**).

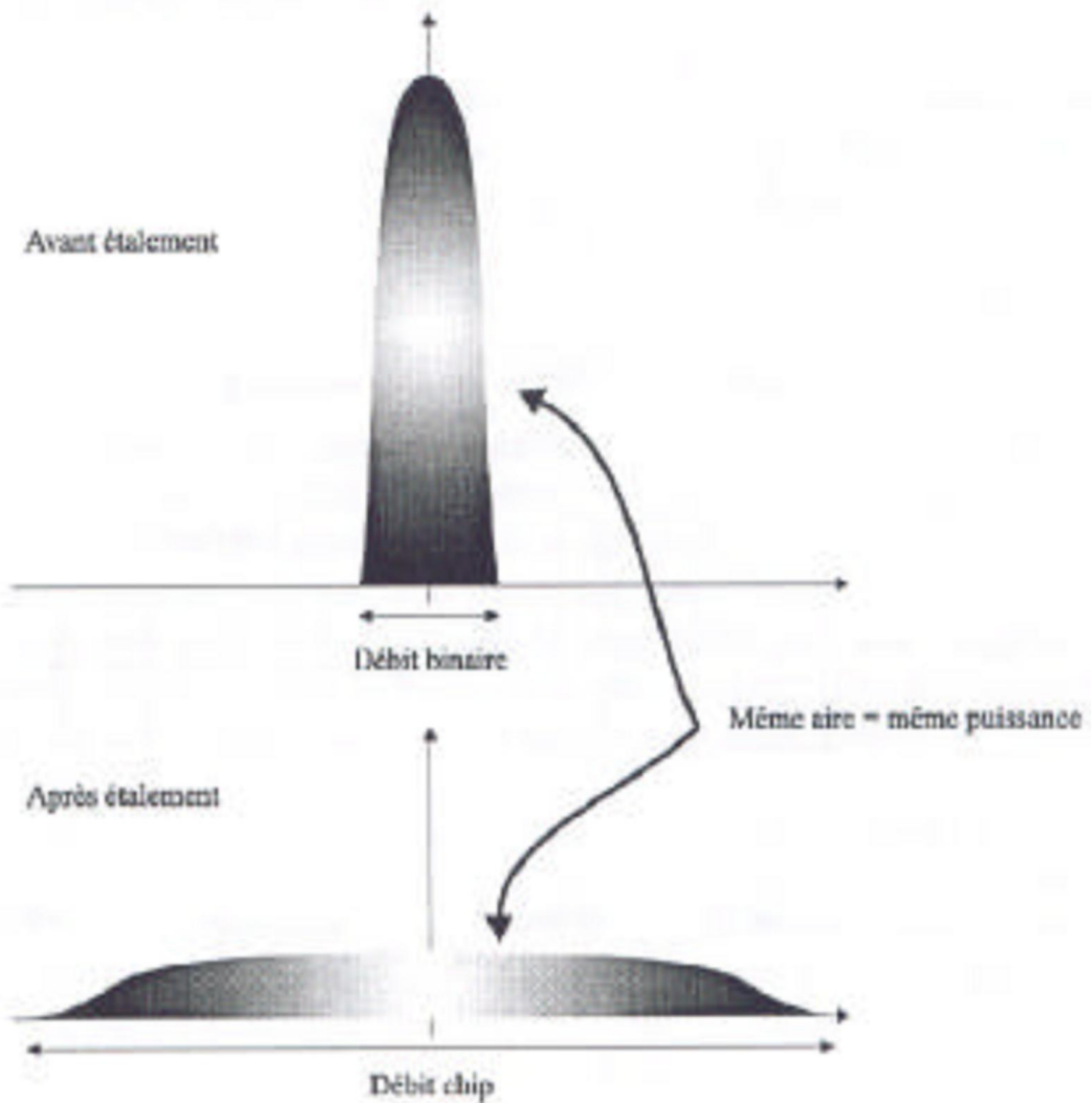


Fig. 2.7- puissance d'un signal étalé.

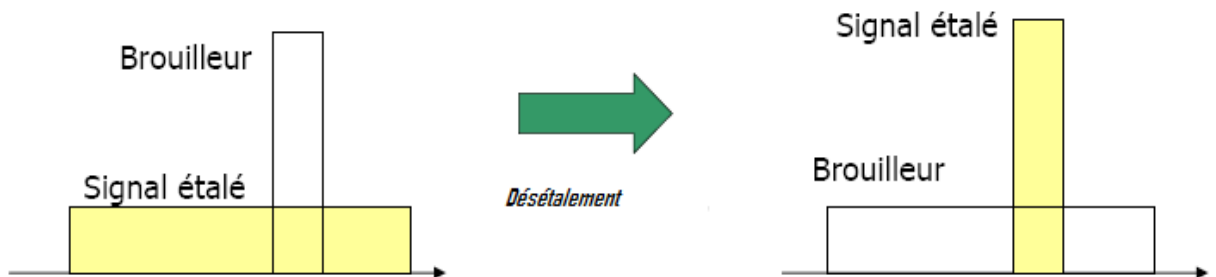


Fig. 2.8- étalement du brouilleur.

Des études ont été menées, elles ont démontré que la capacité maximale d'un canal de transmission; peut s'écrire sous forme de la relation suivante :

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

Ecrite sous cette forme, on peut dire que cette relation permet de mettre en évidence que 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 consiste à 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.

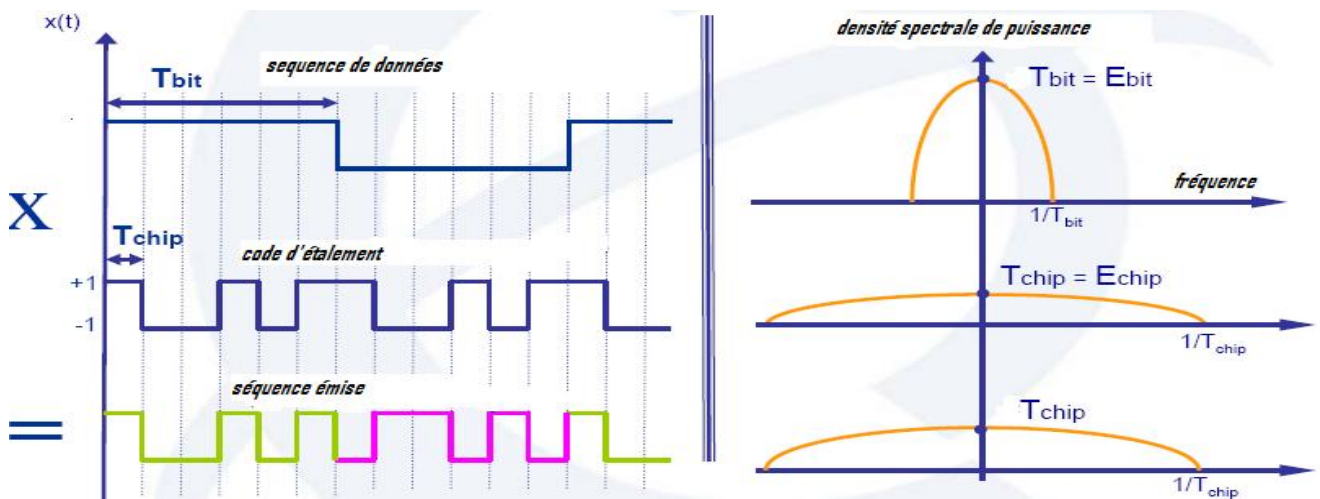


Fig. 2.9- étalement du spectre.

On désigne par SF (spreading factor) ou bien comme étant le 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 constitue un point très important car il permet de déterminer 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 du signal, la même opération est effectuée. Tenant compte du fait que nous exploitons un seul trajet, on peut considérer alors 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 $R(t)$ à son tour se verra multiplié par une réplique du code émetteur à la réception, en procédant au calcul de la corrélation du signal avec une réplique du code émetteur. Cela nous permet de récupérer l'information.

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

Par contre si le récepteur utilise un mauvais code le signal, il ne pourra faire l'objet d'une récupération à la réception. D'où l'importance d'une parfaite synchronisation entre l'émetteur et le récepteur afin de procéder à un désétalement correct des signaux.

Dans le 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 $C_1(t - \tau) \cdot C_1(t - \tau) = 1$.

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

V-5-1. Les codes exploités dans l'UTRAN :

Les codes exploités sur l'interface radio de l'UTRAN sont de types OVSF (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.

V-5-2. Les codes OVSF :

La génération des codes se fait dans l'UTRAN de manière récurrente

$$C_1 = (C_{1,1}) = (1)$$

$$C_2 = \begin{pmatrix} C_{2,1} \\ C_{2,2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

$$C_{2n} = \begin{pmatrix} C_{2n,1} \\ C_{2n,2} \\ C_{2n,3} \\ C_{2n,4} \\ \vdots \\ C_{2n,2n-1} \\ C_{2n,2n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (C_{n,1})(C_{n,1}) \\ (C_{n,1})(-C_{n,1}) \\ (C_{n,2})(C_{n,2}) \\ (C_{n,2})(-C_{n,2}) \\ \vdots \\ (C_{n,n})(C_{n,n}) \\ (C_{n,n})(-C_{n,n}) \end{pmatrix} \quad n \geq 2$$

La figure ci-dessous montre bel est bien la représentation des codes OVSF sous forme d'arbre. De cette structure, on peut constater 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'inter-corrélation $C_{4,2}, C_{4,4}=0$)

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 a pour effet une limitation sérieuse du nombre de codes utilisables simultanément. Ainsi lorsque les quatre codes de SF 4 (ou les 8 codes de SF 8) sont utilisé, plus aucun code de l'arbre ne peut être utilisé.

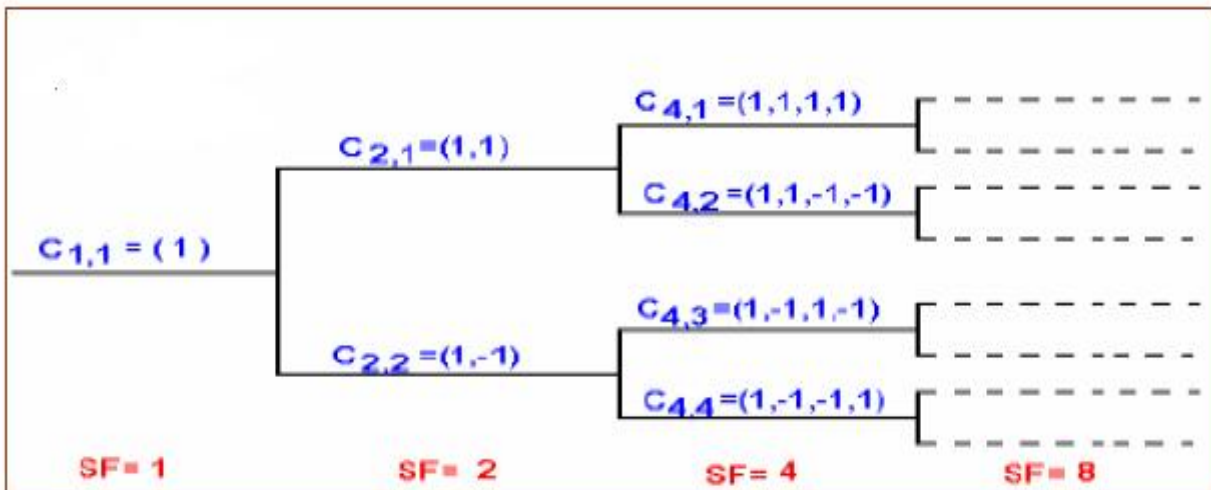


Fig. 2.10- arbre de génération des codes OVSF.

V-6. Récepteur RAKE :

Même si les ondes électromagnétiques se propagent en lignes droites en espace libre, ce qui est loin d'être le cas dans un environnement réel notamment urbain.

Ces ondes sont sujettes à des phénomènes de 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 ce qui aura pour résultat un signal qui peut mettre plus ou moins de temps pour arriver au niveau du récepteur. De ce fait, 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.

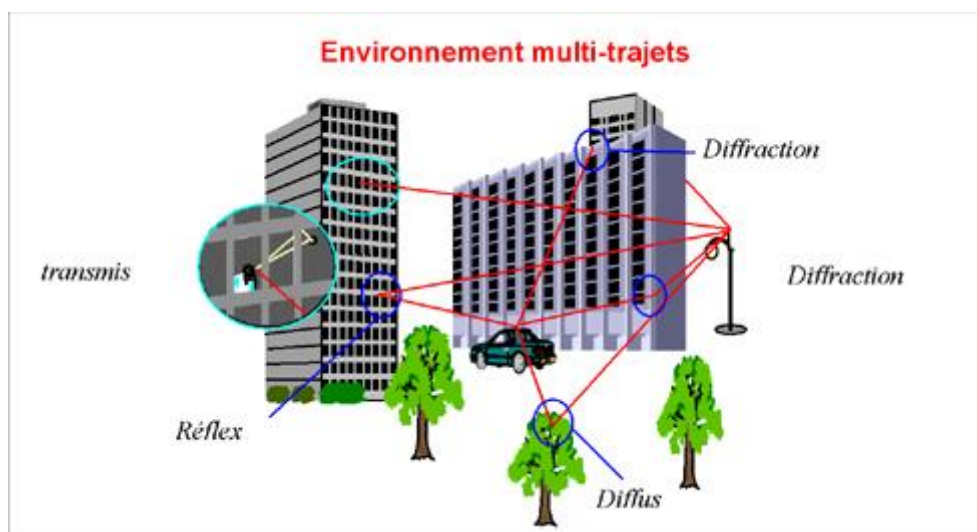


Fig. 2.12- les retards induits par les trajets multiples.

Les multi trajets sont sources de 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 exploité et paramétré de façon à recevoir le signal ayant une puissance maximale. Supposant que L répliques d'un symbole soient reçues avec des évanouissements indépendants les uns des autres, il subsiste une très grande chance que l'une des répliques n'ait pas fait l'objet d'une atténuation forte. L'idée consiste à exploiter cette diversité afin d'augmenter et de maximiser la fiabilité de transmission et de lutter contre les évanouissements dus aux trajets multiples.

Le récepteur exploité est le récepteur RAKE (voir **Fig. 2.13**). Il peut faire même l'objet d'une utilisation dans 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 désétalement les symboles du signal utilisateur.

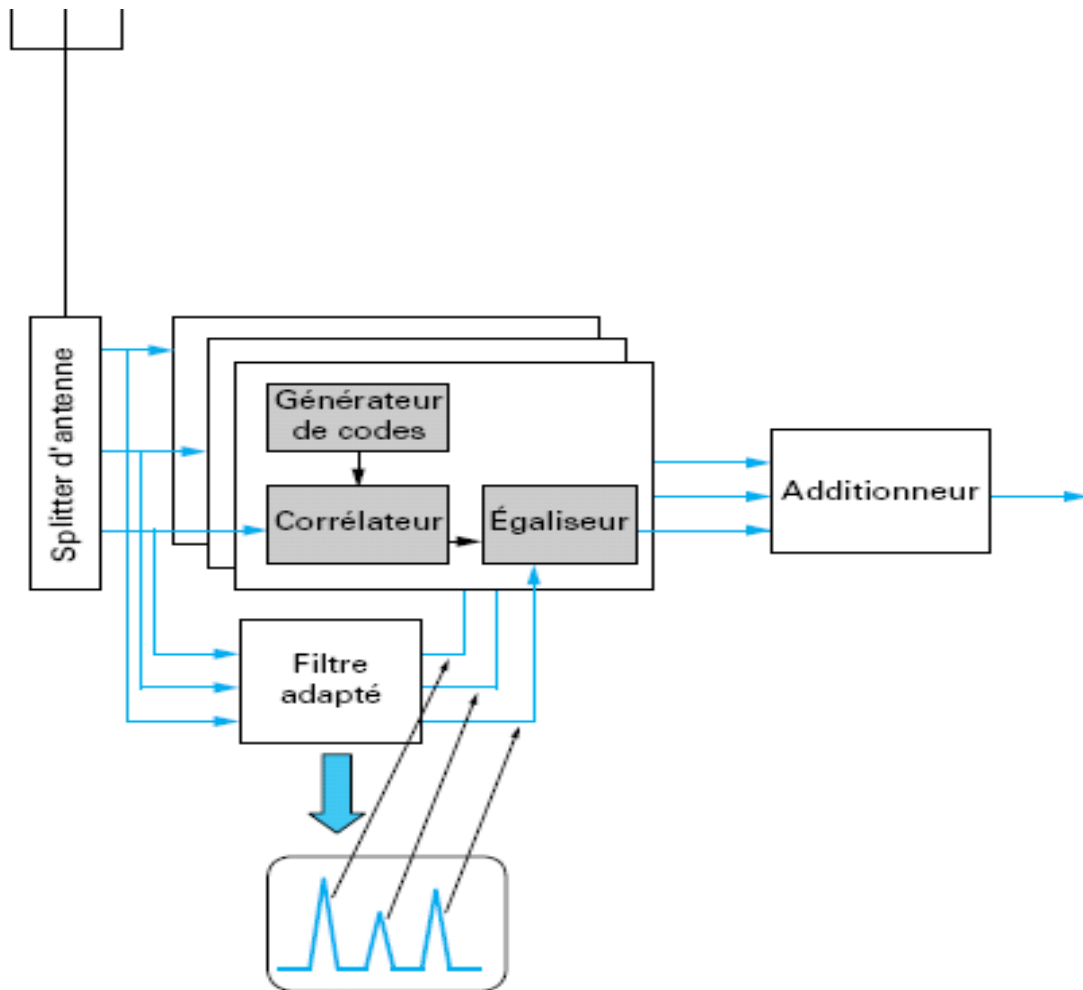


Fig. 2.13- synoptique d'un récepteur RAKE.

Chaque récepteur à corrélation doit être capable de détecter les changements de phase, d'amplitude et le cas échéant les corriger. Les retards d'arrivée des signaux sur les différents doigts feront l'objet d'une compensation via 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 et non moins important, est le filtre adapté qui se charge d'assigner aux différents doigts les périodes durant lesquelles les signaux sont maximums.

V-7. Filtre à racine de cosinus surélevé :

Ce filtre numérique est très important à la chaîne d'une transmission WCDMA, 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, il est clair qu'un énorme travail de fond a été réalisé par le groupe 3GPP. En effet, l'UMTS a permis de revoir le monde des télécommunications avec des ambitions beaucoup plus larges par rapport aux réseaux de 2^{ème} génération de manière générale, notamment en termes de services offerts à haut débit.

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



CHAPITRE 3 :
WCDMA UTRAN PROTOCOLES ET
CANAU

I- Introduction :

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

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

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

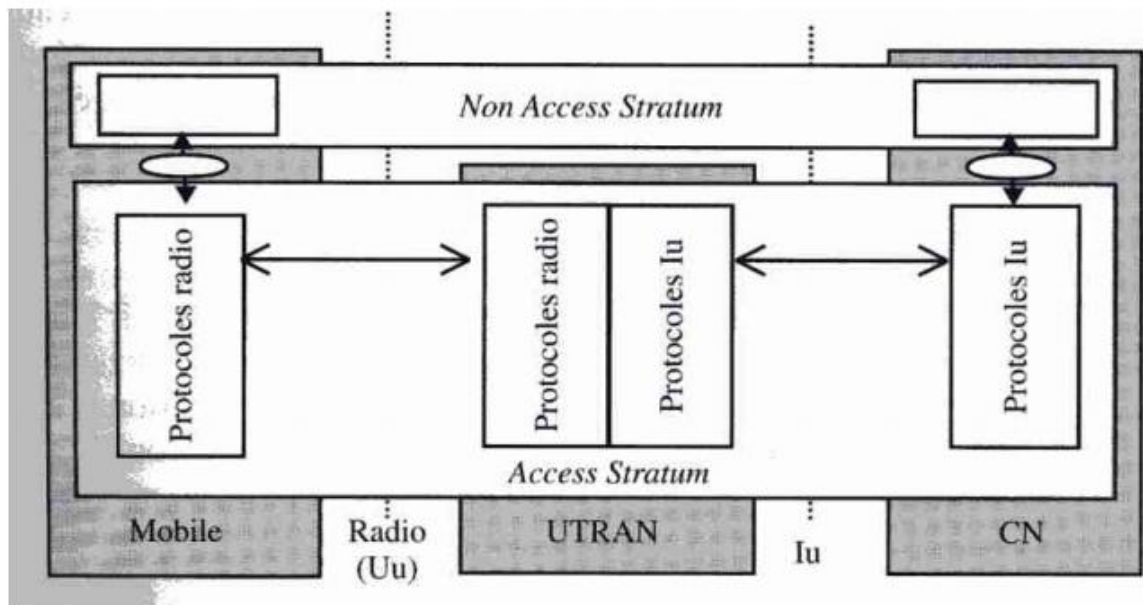


Fig. 3.1- découpage en strates.

L'Access Stratum intègre toutes les fonctions du réseau UMTS qui dépendent du réseau d'accès. Les fonctions de gestion des ressources radio et de handover y 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 : [5]

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

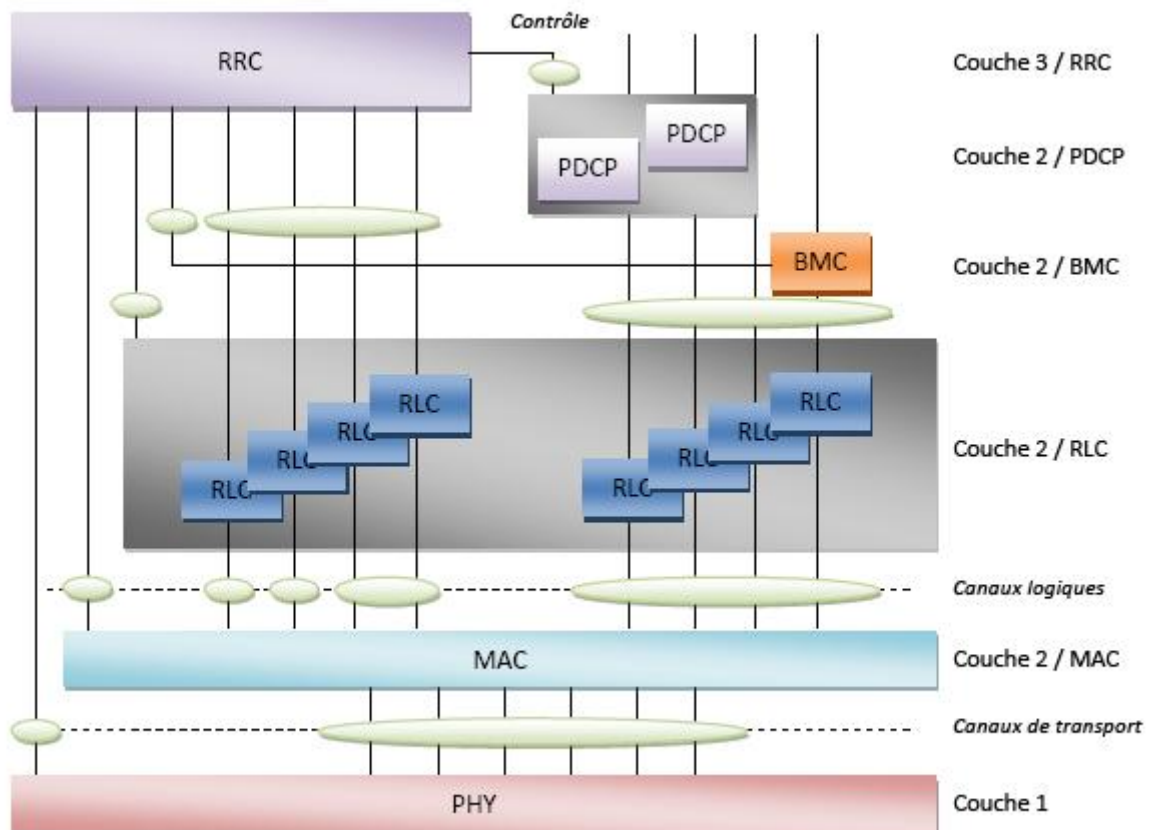


Fig. 3.2- découpage en couche de l'interface d'air.

Le niveau 1 : Il représente la couche physique de l'interface radio. Elle se charge des fonctions du codage canal, décodage, 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. Elle se de la fonction suivante; gérer la connexion de signalisation établie entre le réseau d'accès UTRAN et l'équipement usager, utilisée lors de l'établissement ou de la libération de la communication.

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

Lors de la mise en place de la norme UMTS, il a été convenu une séparation 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**).

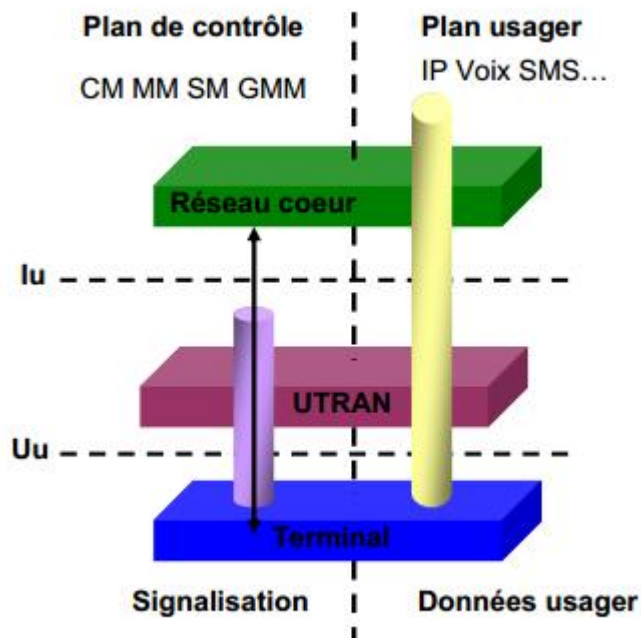


Fig. 3.3- plan d'accès et plan de contrôle.

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 :[6]**V-1. Généralités :**

Les spécifications de l'UTRAN ont permis de définir une pile importante de canaux de communication, qui peuvent faire l'objet d'une répartition en trois grandes familles de canaux : les canaux logiques, les canaux de transport et les canaux physiques.

Cette organisation en trois grandes familles a été conçue de manière à garantir l'indépendance entre les différents niveaux fonctionnels de l'interface radio. Du fait de sa grande flexibilité 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 afin de 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**).

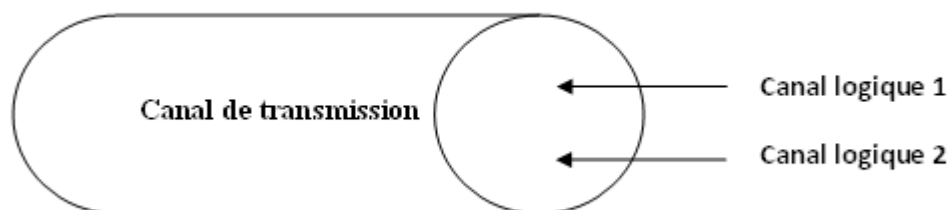


Fig. 3.4- canal de transmission.

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.

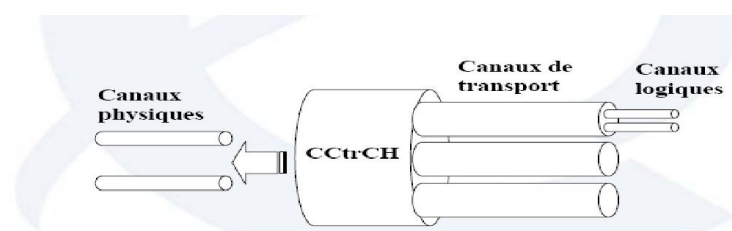


Fig. 3.5- génération d'un canal physique.

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**).

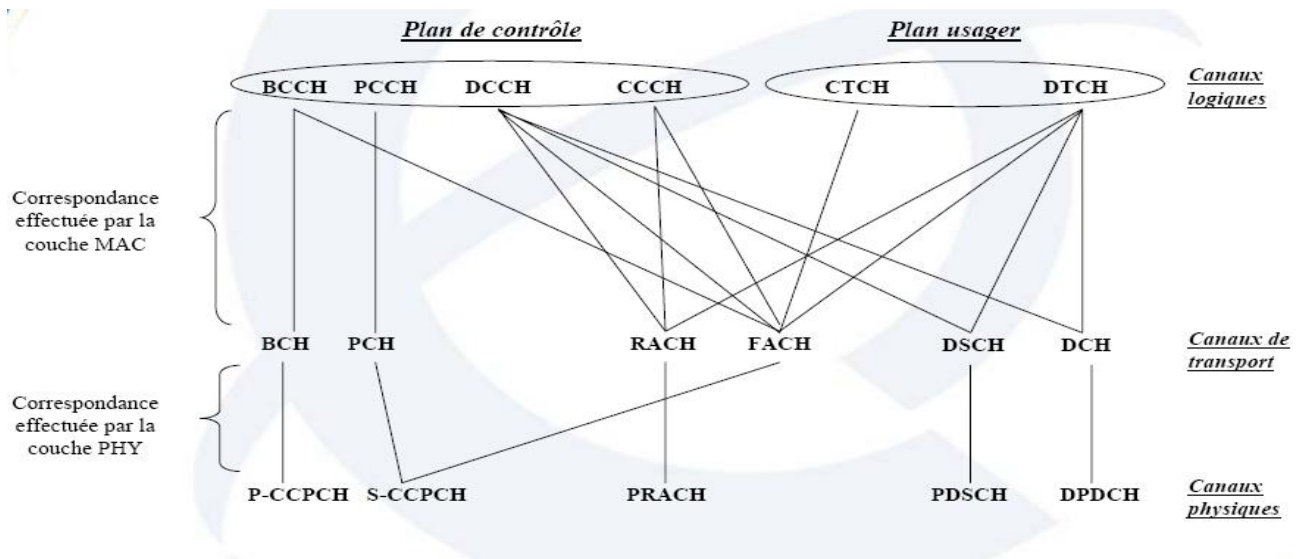


Fig. 3.6- correspondance entre les canaux.

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.

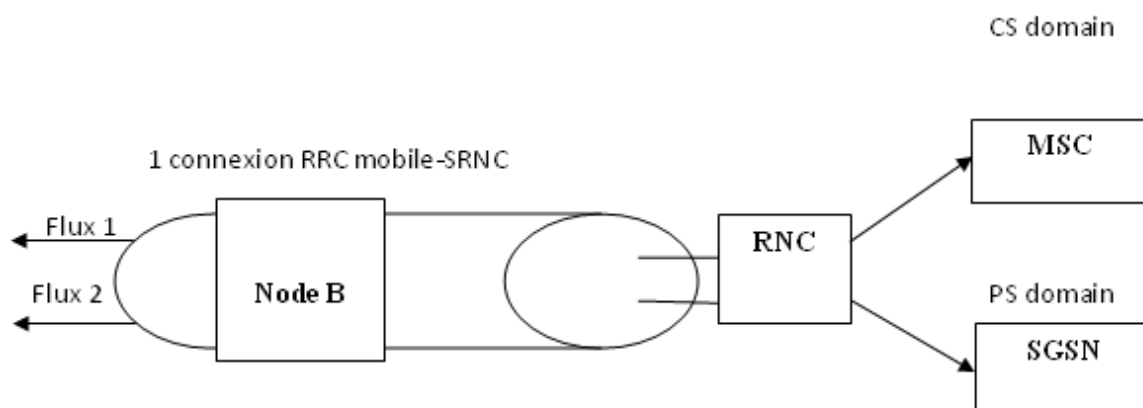


Fig. 3.7- connexion RRC.

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**).

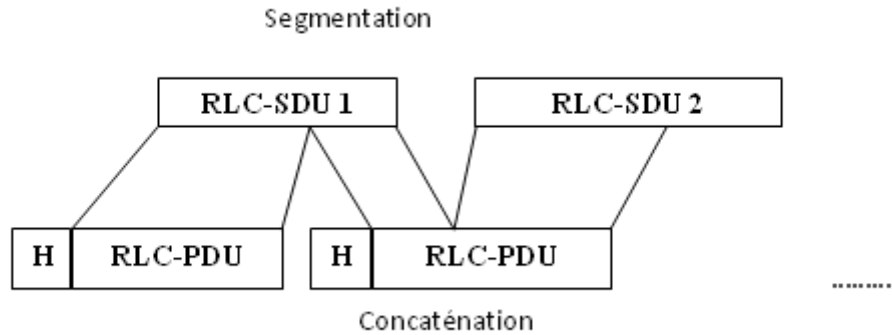


Fig. 3.8- segmentation et concaténation des blocs.

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**).

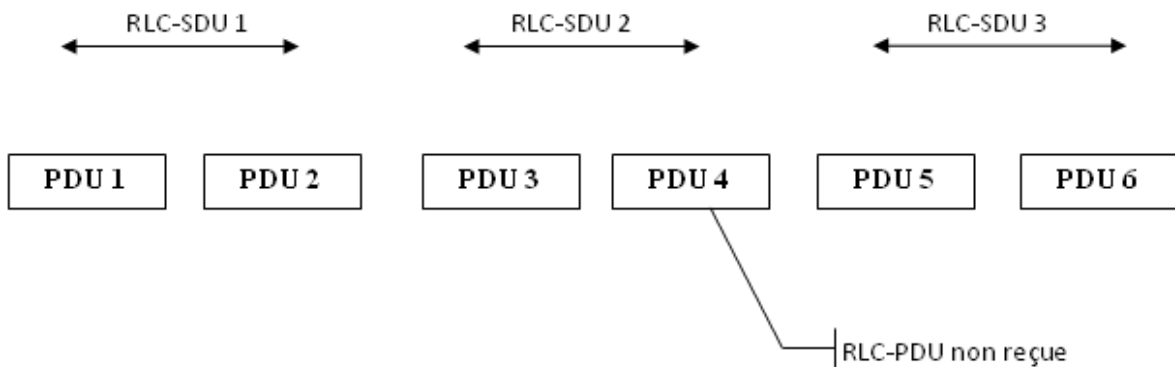


Fig. 3.9- contrôle des numéros des blocs.

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).

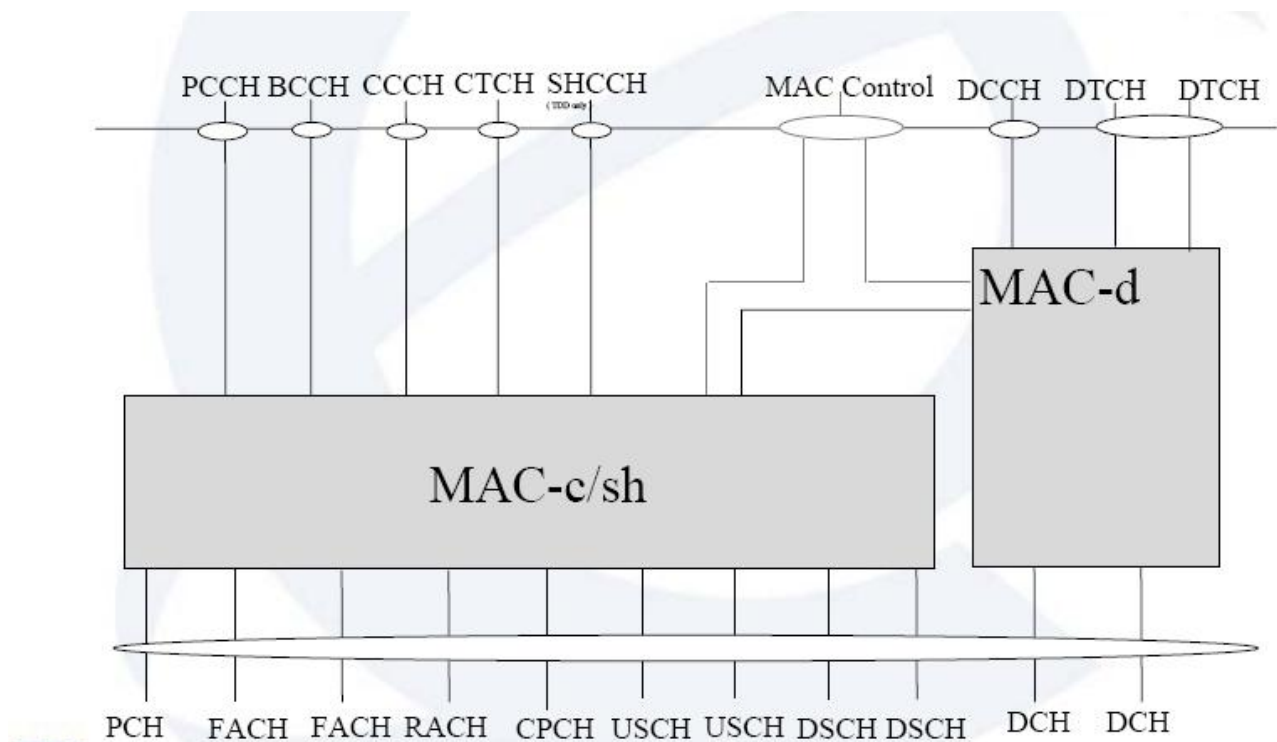


Fig. 3.10- structure du protocole MAC.

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 :
OPTIMISATION ET
PLANIFICATION D'UN RESEAU
UMTS

I-Introduction : L'UMTS s'appuie sur une architecture de réseau cœur GSM/GPRS, introduit une toute nouvelle interface radio W-CDMA basée sur la technologie CDMA. Cette technologie apporte des ruptures majeures dans la gestion des ressources radio et dans l'ingénierie du réseau qui dépendent fortement du niveau d'interférence créée dans le réseau. Des mécanismes complexes de gestion de la qualité de service ont été élaborés pour permettre d'offrir la palette complète des services multimédias attendus pour ces systèmes 3G.

II- Contrôle de puissance :

Comme dans tous les systèmes de télécommunications cellulaires, l'effet de la distance entre le mobile et l'émetteur joue un rôle très important. Il peut être l'origine d'un brouillage des mobiles les plus éloignés du centre d'une cellule par ceux qui sont proches du site d'émission-réception. Les signaux émis par ces différents mobiles avec la même puissance arrivent en effet au niveau des récepteurs avec des amplitudes très différentes. En effet dans un système CDMA, les mobiles émettent en même temps sur la même fréquence, ce qui introduit des perturbations. Le fonctionnement du CDMA n'est optimal que lorsque si les signaux reçus par une station de base sont tous à peu près de même niveau, de manière à ce que tous les codes puissent être également décodés. D'où la nécessité d'introduire un contrôle dynamique de puissance sur le canal montant.

La solution retenue par le WCDMA est le contrôle de puissance rapide en boucle fermée. Pour chacun des mobiles, 1 500 fois par seconde, la station de base mesure le rapport signal/interférences et compare cette mesure à une valeur cible prédéfinie. Tenant compte du résultat, la station demande au mobile d'augmenter ou bien de diminuer sa puissance d'émission. Cette méthode est également exploitée dans le sens descendant, afin de s'assurer que les mobiles se trouvant dans la limite de la cellule reçoivent un niveau juste suffisant pour une bonne qualité, sans perturber les mobiles les plus proches de la station de base.

Afin de s'assurer une qualité constante qui est caractérisée par la valeur du taux d'erreur, le BER, quelles que soient les conditions dans lesquelles se déroulent les communication, notamment quelle que soit la vitesse de déplacement du mobile, le seul contrôle de puissance en boucle fermée décrit ci-avant n'est pas optimal. A cet effet, si on veut qu'il soit efficace pour tous les types de mobiles, il doit traiter le cas le plus encombrant, au risque de pénaliser la capacité du réseau par un paramétrage trop prudent, avec un rapport signal/interférences moyen trop élevé. Le contrôle de puissance en boucle

externe a été introduit dans le système UMTS pour permettre de laisser le rapport signal/interférences cible à une valeur faible, assez suffisante pour les mobiles lents ou immobiles et de l'augmenter seulement pour les mobiles à grande vitesse de déplacement. Pour cela, la station de base ajoute un indicateur de qualité à chaque trame de données reçue sur le sens montant. Si cet indicateur montre que la qualité de transmission est en baisse, le réseau commande à la station de base d'augmenter la valeur du rapport signal/interférences cible. Cette fonctionnalité est commandée par le contrôleur de réseau radio (RNC) car cette fonction doit pouvoir être assurée en permanence, même pendant un transfert intercellulaire.

III- Transfert intercellulaire :

Dans un réseau CDMA, les fréquences utilisées dans des cellules consécutives soient identiques. D'une façon générale, le handover va être effectué en procédant à l'analyse trame par trame du signal reçu des deux cellules impliquées, et la meilleure trame sera retenue (Figure 12). Le handover s'effectue « en douceur ». Dans ce cas on parle soft handover. Au contrario le mécanisme de handover traditionnel, tel que l'est défini dans un réseau GSM, il n'y a pas d'interruption de la communication, même de très courte durée.

Dans un système W-CDMA, on distingue deux cas de figure ; le cas où le mobile reste dans la zone couverte par une station de base en changeant juste de secteur (softer handover) et le cas où celui-ci change de station de base (soft handover).

La **Fig. 4.1** montre le principe d'un softer handover. Le mobile est en communication avec une seule station de base, il exploite simultanément deux canaux radio. Dans le sens descendant, deux codes d'étalement sont activés pour que le mobile distingue les signaux issus des deux secteurs. Dans le sens montant, les signaux émis par le mobile sont reçus par les deux secteurs de la station de base et dirigés vers le même récepteur. Ils sont donc combinés au niveau de la station de base.

La **Fig. 4.2** démontre le principe du soft handover. Le mobile est cette fois dans la zone de couverture qui est commune à deux stations de base. Les communications utilisent deux canaux différents, un pour chacune des deux stations. Du côté du mobile, il n'y a pas de différence avec un softer handover. Dans le sens montant, par contre, les données sont combinées au niveau du contrôleur de réseau radio (RNC) et non pas dans la station de base. Cela permet de sélectionner la meilleure trame parmi celles qui sont reçues, après chaque période d'entrelacement, toutes les 10 à 80 ms.

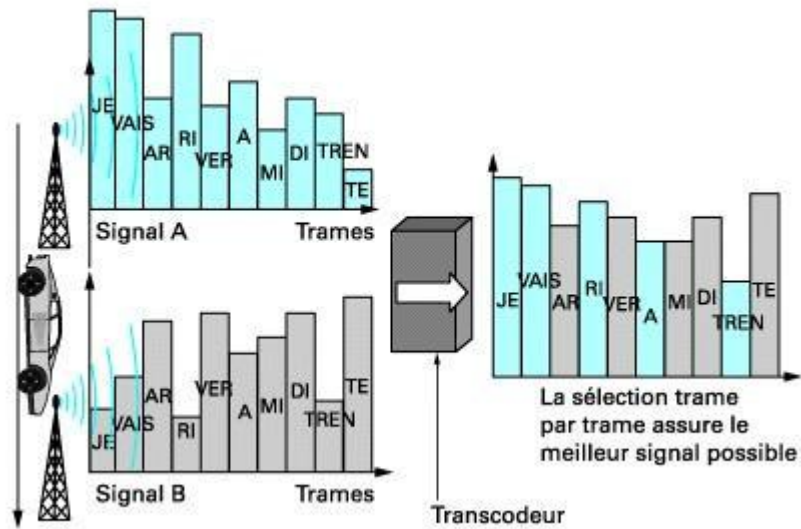


Fig. 4.1- Principe d'un Softer handover

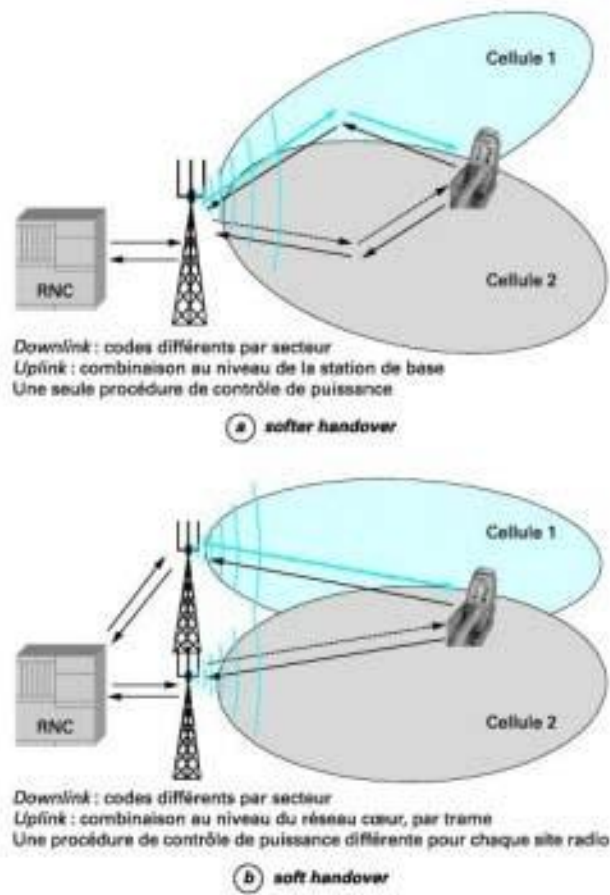


Fig. 4.2- Principe d'un Soft handover

IV-Planification du réseau radio : [7]

Contrairement au réseau GSM, la planification du réseau radio ne revient pas, dans un réseau UMTS, à définir un motif de réutilisation de fréquences et un espacement minimum entre les fréquences d'une même cellule. En fait, le problème des fréquences radioélectriques est beaucoup plus simple à résoudre, tandis qu'apparaît celui de la planification des séquences de codage, codes OVSF et codes de brouillage.

Comme dans tout réseau cellulaire, la taille des cellules dépend soit du trafic, soit de la couverture. Dans une zone peu dense, la cellule est aussi grande que les performances de propagation radioélectrique des mobiles le permettent, alors que dans une zone très dense, c'est le nombre maximal d'utilisateurs simultanés dans une cellule qui devient dimensionnant. La différence entre un système analogique ou GSM et un système CDMA (IS-95 ou W-CDMA) réside dans l'interaction entre la couverture et la capacité, propre au CDMA. Si le nombre de communications est élevé en bordure de cellule, dans un système CDMA, le niveau d'interférences augmente et les performances diminuent, ce qui réduit le diamètre de la cellule.

Le W-CDMA est un système limité par les interférences. La réception et le décodage sans erreur d'un signal transmis sur la voie radio, quel que soit le type de système, dépendent d'un rapport signal/bruit supérieur à un certain seuil. Pour un système W-CDMA, on peut effectuer le calcul suivant:

Le rapport signal/bruit est donné par :

E_b/N_0 = énergie utile par bit/densité spectrale de bruit

L'énergie utile par bit est le rapport entre la puissance reçue destinée à un usager donné P et le débit D :

$$E_b = P/D$$

Le bruit provient des $N - 1$ autres usagers. On suppose que le contrôle de puissance égalise la puissance reçue pour chaque usager à la valeur P . La puissance de bruit est donc égale à $(N - 1) P$, dans une bande de fréquences égale à B . La densité de bruit est donc :

$$N_0 = (N - 1) P/B$$

Et le rapport signal/bruit devient :

$$E_b/N_0 = B/ (N - 1) D$$

On peut prendre l'approximation suivante : $N \gg 1$:

$$E_b/N_0 = B/ND$$

On en déduit donc une approche du nombre maximal d'utilisateurs dans une cellule donnée :

$$N = B/(D \times E_b/N_0)$$

Cette valeur correspond à un service unique, pour une qualité donnée. Par exemple, pour un service de téléphonie de haute qualité (codeur de parole au débit maximum) :

$$E_b/N_0 = 6 \text{ dB}$$

$D = 12,2 \text{ kbit/s}$ et $B = 5 \text{ MHz}$

Si on veut faire le calcul en décibels pour plus de commodité :

$D = 41 \text{ dB}$ et $B = 67 \text{ dB}$, donc $B/D = 26 \text{ dB}$ et $N = 26 - 6 = 20 \text{ dB}$ Finalement : $N = 100$ utilisateurs par cellule.

Dans la réalité, une estimation doit être faite des services réellement utilisés et du nombre d'abonnés activant chaque service. Le nombre total d'utilisateurs acceptable dans la cellule sera égal à la somme des N_i utilisateurs de chacun des i services possibles.

$$N = \sum B / (D_i \times (E_b/N_0)_i)$$

Tenant compte du fait que chaque service fait appel à un débit différent et par conséquent nécessite un rapport signal/bruit différent.

Le niveau d'interférences étant directement proportionnel au nombre d'utilisateurs de la cellule, on peut constater que la qualité de service se dégrade progressivement en fonction de l'augmentation de ce nombre. Les utilisateurs les enclins à subir cette dégradation sont ceux qui se trouvent à la périphérie de la

cellule. En effet, si l'on considère le sens montant, qui est généralement le plus critique, on peut augmenter le signal émis par un mobile au moyen du contrôle de puissance en boucle externe pour rattraper une baisse de qualité perçue au niveau de la station de base, mais cette correction atteint plus vite ses limites quand le mobile se trouve à la périphérie de la cellule.

À cet endroit, le bilan de puissance, c'est-à-dire le résultat du calcul de la perte de propagation, indique que le mobile est contraint, dans des conditions normales, d'émettre à quasiment pleine puissance pour être reçu par la station de base avec une bonne qualité. Si le nombre d'utilisateurs augmente, le contrôle de puissance tente de compenser la baisse de qualité constatée par une augmentation de la puissance du mobile, mais la limite possible sera rapidement atteinte et le mobile se trouvera de fait en dehors de la zone de couverture. La cellule aura diminué de surface.

La planification cellulaire dans un système W-CDMA consiste donc à prendre en compte dans le calcul du bilan de puissance les marges nécessaires pour qu'un mobile ne se trouve jamais dans cette situation. Une fois le réseau en service, un mécanisme de contrôle d'admission, destiné à limiter le nombre de communications simultanées, est mis en place. Il est généralement basé sur la puissance reçue par la station de base. Un nouvel utilisateur ne sera admis que si le niveau de puissance estimé après admission reste inférieur à un certain seuil. L'augmentation estimée de la puissance due à ce nouvel arrivant dépend de nombreux facteurs tels que son bilan de puissance et le type de service qu'il prétend activer.

V-Planification et dimensionnement d'un réseau UMTS :

La planification et le dimensionnement d'un réseau UMTS se décompose en trois (03) essentielles :

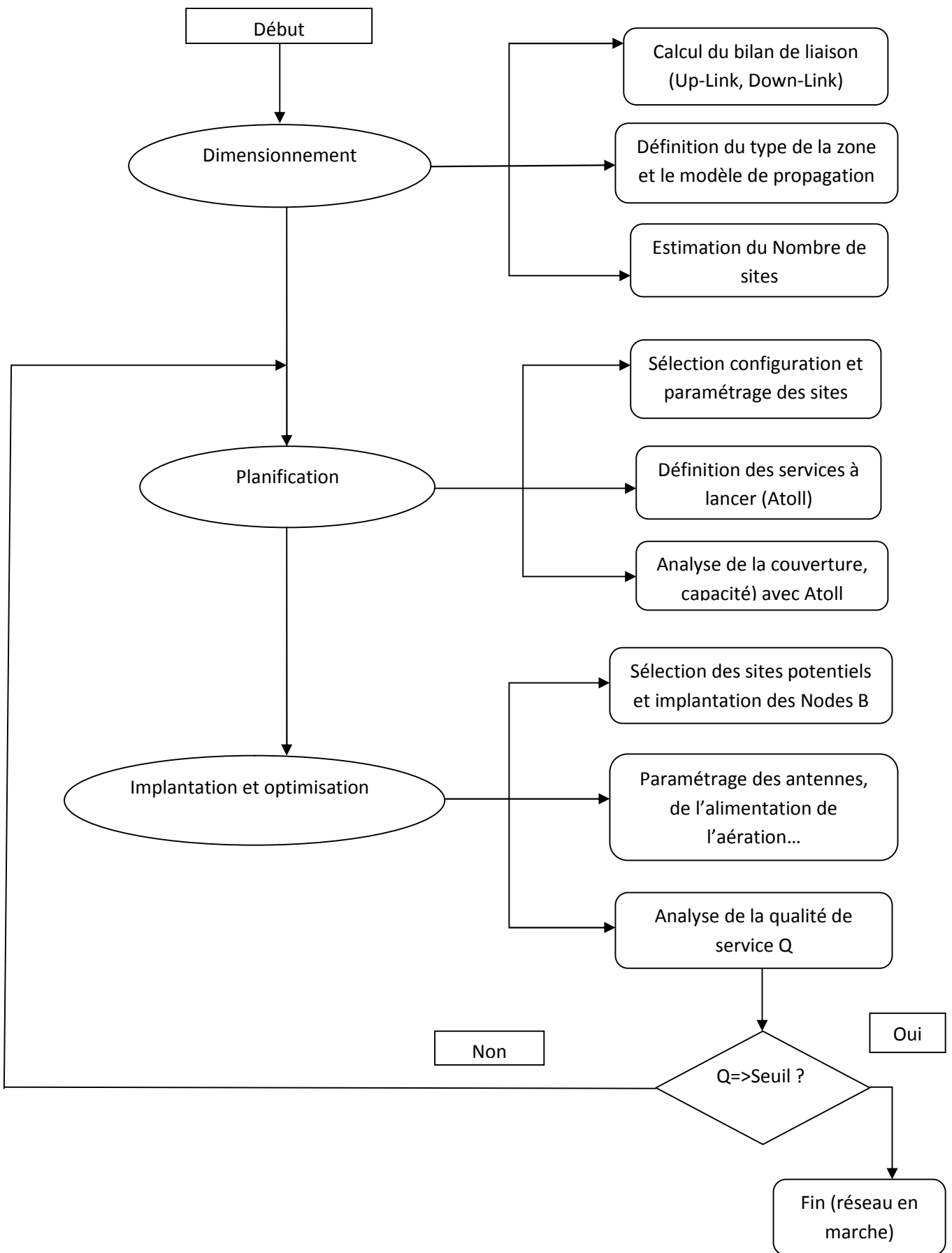
V-1. Phase de pré planification : elle correspond aux différentes étapes de dimensionnement et à l'élaboration des données nécessaires pour la phase qui suivra (planification). L'objectif majeur de la phase de dimensionnement est d'estimer le nombre de sites, le nombre de stations de base et leur configuration en fonction des besoins et des exigences de l'opérateur ainsi que de la propagation radio spécifique au type d'environnement. Ce dimensionnement doit impérativement prendre en compte les exigences en termes de couverture, de capacité et de qualité de service de l'opérateur.

V-2. Phase de planification : elle correspond à la planification détaillée, en d'autres termes la mise en œuvre des sites au niveau des zones étudiées ainsi qu'à l'ajustement des différents paramètres des

sites, des secteurs et des cellules. La planification de la capacité et de la couverture réalisée par un outil de planification. Dans le cadre de cette phase, il est nécessaire que de recourir à des cartes géographiques détaillées et une estimation du trafic sont nécessaire.

V-3. Phase de post planification : elle correspond à l'optimisation du réseau planifié, observer la conformité des résultats obtenus (Qos, débit...) par rapport aux exigences du cahier des charges.

L'organigramme ci-dessous illustre les différentes étapes du processus de planification et de dimensionnement.



Conclusion : La caractéristique principale de l'UMTS, en plus du service voix du GSM, est de pouvoir fournir à partir d'un téléphone mobile un accès Internet à haut débit. Le potentiel de cette technologie, supérieur à celui du GSM, devrait permettre de fournir un ensemble de services multimédia liés à l'Internet haut débit (visiophone, téléchargement de vidéo et musique, téléguidage, télépaiement...).

Le potentiel de la 3G est élevé, la réussite de l'UMTS passe par une demande très importante des services liés à l'Internet mobile à haut débit. De ce fait, la demande pour ces services est importante, malgré les investissements d'une grande ampleur mis en place pour l'UMTS.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and rounded corners. The scroll is positioned horizontally across the upper middle of the page. The text is centered within the scroll. The scroll has a light gray shadow on its top and right edges, giving it a three-dimensional appearance.

***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, j'estime avoir répondu au cahier des charges qui m'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, les différentes méthodes d'optimisation et de planification d'un réseau UMTS.

Ce travail m'a permis d'acquérir un savoir faire d'une part et d'approfondir mes connaissances sur les systèmes cellulaires en général et la 3^{ème} génération en particulier, d'autre part.

Ce travail peut être amélioré en essayant de revoir certains points tels que l'essai d'un modèle réaliste de planification et de dimensionnement autre type de modulation, l'exploitation d'un logiciel tel qu'ATOLL permettrait d'avoir des résultats réalistes.

Ces perspectives permettraient de voir le comportement d'un réseau UMTS, lors de sa phase de lancement qui se fera en fin de l'année 2013, de prévoir d'éventuels couts de maintenance et de garantir une meilleure qualité de service.



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.