

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de la recherche Scientifique.

Université Mouloud Mammeri De Tizi -Ouzou

Faculté de Génie Electrique et de l'Informatique.

Département d'Électronique.



Mémoire de Fin d'Études

En vue de l'Obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat en Électronique.

Option : communication

Thème

SIMULATION ET ETUDE DE L'EFFET DE L'AJOUT
DE NOUVELLES PORTEUSES (TECHNIQUE OFDM)
SUR LA CAPACITE DE RESEAU UMTS

Proposé et dirigé par :

Mr. Lazri Mourad.

Réalisé par :

Melle Reggaz Dehbia.

Melle Kacimi Tassadit.

Promotion 2007 /2008

This document was created using



SOLID CONVERTER PDF

To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

Introduction Générale

Chapitre I

Généralités sur les réseaux

Préambule.....	1
1. Historique de réseau 1G.....	1
2. Deuxième génération 2G.....	2
2.1. Concept cellulaire	3
2.2. Concept de mobilité.....	4
3. Architecteur du réseau GSM	4
3.1 Station mobile MS.....	5
3.1.1. Équipement mobil (ME).....	6
3.1.2. Carte SIM.....	6
3.2. Sous système radio (BSS).....	7
3.2.1. Station de base (BTS).....	7
3.2.2. Contrôleur de station de base (BSC).....	8
3.3. Sous système réseau (NSS).....	8
3.3.1. Centre de commutation mobile (MSC).....	8
3.3.2. L'enregistreur de localisation nominale (HLR).....	9
3.3.3. Centre d'authentification (AUC).....	9
3.3.4. L'enregistreur de localisation des visiteurs (VLR).....	9

3.3.5. L'enregistreur des identités des équipements (EIR).....	9
3.4 .Sous système d'exploitation et de maintenance (OSS).....	10
4. Protocoles	10
4.1. Pile de protocoles.....	10
4.2. Interfaces radio.....	11
5. Fréquences de travail du GSM.....	12
6. Multiplexage temporel.....	12
7. Services de GSM.....	13
8. Limitation de GSM pour le transfère de données	14
9. Extension vers le GPRS.....	14
9.1. L'évolution de GSM ver le mode paquet	14
9.2 Architecture du GPRS.....	15
9.2.1. Présentation de l'architecture du GPRS.....	15
9.2.2. Équipement du réseau.....	16
9.3. Routages des paquets.....	17
9.4. Interfaces du réseau GPRS.....	17
9.5. Signalisation SS7.....	19
9.5.1. Définition.....	19
9.5.2. Caractéristiques de la signalisation SS7.....	19
9.5.3. Application de SS7.....	19

9.6. Avantages de GPRS.....	19
9.7. Limites de GPRS.....	20
Discussion	20

Chapitre II

Réseau UMTS

Préambule	22
1. Couverture de l'UMTS	23
1.1. Différents types de cellules	23
1.2. Architecture du réseau UMTS.....	25
1.2.1. Architecture physique.....	25
1.2.1.1. L'équipement mobile ME.....	26
1.2.1.2. L'USIM (UMTS Subscriber Identity Module)	26
1.2.2. L'architecture fonctionnelle	27
a) Strate d'accès	27
b) Strate de non-accès	28
1.3. Équipement du réseau UMTS.....	28
1.3.1. L'UTRAN : la grande innovation de l'UMTS	28
1.3.1.1. Nœud B.....	29
1.3.1.2. RNC (Radio Network Controller).....	30
1.3.2. Réseau cœur	31

1.3.2.1. Domaine CS	32
1.3.2.2. Domaine PS.....	33
1.3.3. Éléments communs	33
1.4. Transmission sur l'interface radio du l'UMTS	33
1.5. Interface radio de l'MTS.....	34
1.5.1. Méthodes de Duplexage.....	35
1.5.1.1. Mode FDD	35
1.5.1.2. Mode TDD	36
1.5.2. Techniques d'accès multiples.....	36
1.5.2.1. FDMA	36
1.5.2.2. TDMA	37
1.5.2.3. CDMA (Code Division Multiple Access)	37
1.5.2.4. WCDMA (Wideband Code Distributed Multiple Accesses).....	38
1.5.3. Principe de l'étalement de spectre	38
1.5.4. Codes d'étalement	40
1.5.4.1. Codes OVSF	40
1.5.4.2. Code d'embrouillage (Scrambling Code).	41
1.5.5. Principales caractéristiques de WCDMA	42
1.5.6. L'avantage de W-CDMA.....	42
1.5.7. Les contraintes du WCDMA	43
1.5.8. Contrôle de puissance.....	44

1.5.9. Types de contrôle de puissance	45
1.5.10. Transfert intercellulaire.....	47
1.5.11. Handover.....	47
1.5.12. Modulation utilisée dans l'UMTS	49
1.5.12.1. Modulation	49
1.5.12.2. La modulation numérique (modulation QPSK).....	49
Discussion.....	51

Chapitre III

Les services et les applications de l'UMTS

Préambule.....	52
1. Services offerts par 'UMTS	52
2. Qualité de service.....	52
2.1. Classes de qualité de service	53
2.2. Délai de transfert de l'information.....	53
2.3. Variation du délai de transfert des informations.....	53
2.4. La tolérance aux erreurs de transmission.....	54
2.4.1. Classe A : mode conversation (conversational).....	54
2.4.1.1. Visiophone de poche.....	54

SOMMAIRE

2.4.2. Classe B : mode flux de données (streaming).....	55
2.4.1.2. Le marché des jeux ordinateur.....	55
2.4.3. Classe C : mode interactif (interactive)	55
2.4.3.1. Accès à l'Intranet.....	56
2.4.3.2. Accès à Internet	56
2.4.3.3. Services basés sur la localisation.....	56
2.4.3.4. Localisation au niveau de la cellule	57
2.4.3.5. La position du mobile	57
2.4.4. Classe D : mode tache de fond (background)	58
2.4.5. Services en mode circuit.....	59
2.4.6. Services en mode paquet.....	60
2.4.7. Capacités de service et classes de terminal	61
2.5. Les Applications offerts par l'UMTS.....	62
2.5.1. WISDOM: Wireless Information Service for Deaf People on the move.....	63
2.5.2. Architecture de Système et Services Projetés.....	63
2.5.3. Télé échographie	65
2.6. Mobile UMTS	65
Discussion.....	66

Chapitre IV

APPORT DE NOUVELLES PORTEUSES SUR LA CAPACITE DE L'UMTS

Préambule	67
1. Définition de la porteuse.....	67
2. Définition des multiporteuses	67
3. Différents types d'interférences	67
3.1. Interférences due à la sélectivité en fréquences	68
3.2. Interférences due à la sélectivité en temps	68
3.3. Interférences intracellulaires	68
3.4. Interférences intercellulaires	68
3.5. Interférences sur le canal adjacent	68
4. Techniques utilisées pour l'amélioration de la couverture radio de l'UMTS	69
4.1. L'étalement par sauts de fréquences.....	69
4.2. L'étalement de spectre avec la technique CDMA	70
4.3. Multiplexage par répartition sur des fréquences orthogonales	71
5. Rôle de la multiporteuse	73
6. Modèles macro cellulaires	74
6.1. Modèle d'OKUMURA-HATA.....	74
7. Evaluation de la capacité par ajout de porteuses.....	75
8. Origine des interférences de canal adjacent.....	75

SOMMAIRE

9. Principes et paramètres de simulations.....	76
10. La simulation système de Monte-Carlo.....	77
11. Paramètres utilisés dans la simulation	80
12. Résultats de la simulation.....	81
Discussion	83

Conclusion.

Annexes.

Glossaire.

Bibliographie.



Introduction

Le XXème siècle a connu l'explosion des télécommunications, telles que la téléphonie (fixe ou mobile), visiophonie, Internet....De plus en plus de services sont proposés, pour apporter toujours plus de confort et de divertissement aux usagers.

Depuis l'invention du téléphone par Alexander Graham Bell en 1876, de nombreux progrès et révolutions se sont opérés dans le domaine des télécommunications. Aujourd'hui, il est devenu impensable de se séparer de cette merveilleuse technologie qu'est la téléphonie. L'homme pour faire véhiculer le message à son correspondant a fourni des efforts que soit intellectuels ou physique afin de découvrir des méthodes de communication adéquates, entre autres, on trouve les réseaux cellulaires qui ont connu une évolution énorme.

D'hier à aujourd'hui, le nombre des abonnés a augmenté, pour cela nous sommes passés de la génération des systèmes analogiques caractérisés par leur faible qualité à celle des systèmes numériques de haut débit, ces différentes générations ont été fondées sur les mêmes bases pour tous les réseaux cellulaires.

Les systèmes mobiles sont standardisés pour être compatibles entre les réseaux de différents pays et pour s'interconnecter avec le réseau fixe. Parmi ces standards, le GSM (Global Système for Mobile communication) constitue au début du 21ème siècle le standard de téléphonie mobile dit < de second génération > 2G le plus utilisé car il assure les services surtout la voix. Mais le faible débit qui offre ce système ne peut satisfaire la demande d'accéder à des services hauts débits comme les applications multimédias surtout avec le développement rapide de l'Internet. Face à cette situation la technologie GPRS a vu le jour.

Le GPRS (General Packet Radio Services) propose donc une communication de paquets permettant de ne pas monopoliser le canal de communication, et donc autorisant une tarification plus souple à l'usagé. GPRS permet d'atteindre des débits de 171,2 K bits/s comparé au GSM qui offre un débit de 9,6 K bit /s. Mais ce système offre des services limités.

C'est dans ce cadre que les réseaux de troisièmes générations telle que l'UMTS (Universal Mobile Télécommunication System) ont été choisis dans le but de faire une distinction avec les systèmes de première et de deuxième génération. Il est capable d'offrir

Introduction

des services, tels que l'accès Internet à haut débit, le téléchargement des fichiers, visiophonie. Grâce à cette qualité de service que peut offrir un réseau UMTS, les cellules sont très chargées et la couverture est réduite ce qui mène que certains nombres d'abonnés ne peuvent pas accéder au réseau, c'est pour cela l'ajout de nouvelles porteuses est vue comme une solution pour satisfaire un plus grand nombre d'abonnés.

Notre travail consiste à étudier l'effet de l'ajout de nouvelles porteuses sur la capacité et la couverture d'un réseau UMTS.

Pour mener à bien notre projet, on l'a organisé en quatre chapitres. Dans le premier, on a parlé sur la première génération analogique et on a représenté l'évolution en termes de débits et de service de la communication mobile numérique commençant par GSM, passant par le GPRS tout en décrivant leur architecture.

Le deuxième chapitre, est dédié à l'étude de réseau UMTS, où on a exposé les principes de base sur lesquels repose l'UMTS et on a étudié les différentes méthodes d'accès radio, ainsi que les nouveautés par rapport aux générations précédentes.

Le troisième chapitre, décrit les différents services et applications que peut offrir le réseau de 3G.

Après avoir découvert le réseau UMTS, le quatrième chapitre a été réservé pour l'étude de l'influence de l'ajout de nouvelles porteuses sur la capacité du réseau UMTS, tout en détaillant les différentes causes des interférences.

Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion tout en présentant des perspectives.

Chapitre I**GENERALITES SUR LES RESEAUX****Préambule**

L'explosion du secteur des services mobiles ces dernières années est certainement un fait majeur dans le domaine des télécommunications. Il est donc particulièrement nécessaire d'analyser l'évolution des architectures des réseaux dans ce domaine.

1. Historique de réseau 1G

Les systèmes mobiles de première génération, qui font appel à la transmission analogique des communications vocales, ont été lancés au début des années 80.

Le service téléphonique mobile avancé (AMPS, Advanced Mobile Phone Service) a vu le jour en 1983 à Chicago. Ce système a recours à la technique AMRF (accès multiple par répartition en fréquence) dans la bande de fréquences des 800-900MHz (et depuis peu dans la bande des 1800-2000MHz également). Le système AMPS est le système analogique le plus utilisé et occupe le deuxième rang mondial avec quelque 50 millions d'abonné, principalement en Amérique du Nord. Les limitations liées au mode AMPS sont une faible capacité d'appel, un spectre limité, une communication de données inadéquate, une confidentialité restreinte et une médiocre protection contre les fraudes. Le service téléphonique mobile analogique à bande étroite (NAMPS, Narrowband Analogue Mobile Phone Service) est une solution transitoire qui permet de remédier à la faible capacité d'appel. Le système NAMPS couple le traitement vocal avec la signalisation numérique, ce qui multiplie par trois sa capacité. Environ 35 pays, dont les Etats-Unis, utilisent la technique NAMPS.

Le système téléphonique mobile nordique (NMT, Nordic Mobile Téléphone) a été conçu par des opérateurs de télécommunications (y compris l'administration des télécommunications) et des équipementiers des pays nordiques et d'autres pays. La participation des autres pays dans la conception de NMT s'est révélée ultérieurement bénéfique pour les équipementiers Nokia et Ericsson, qui comptent parmi les premiers fabricants mondiaux de combinée mobiles. Le système NMT a été mis en service en 1981, fonctionnant au début dans la bande des 450MHz puis aussi dans la bande des 900MHz à cause des contraintes en matière de capacité. A la fin du dernier siècle, il est encore utilisé par environ 4.5 millions de personnes dans quelque 40 pays,

notamment les pays nordiques, l'Asie, la Russie et d'autres pays de l'Europe de l'Est. Le système de communication à accès total (TACS, Total Access Communications System) a d'abord été exploité au Royaume-Uni en 1985. Il a été conçu à partir du système AMPS pour fonctionner à la fois dans la bande des 800MHz et dans celle des 900MHz. D'autres parties de la bande des 900MHz sont souvent utilisées pour la version dite étendue (ETACS).

Environ 15 millions de personnes dans le monde utilisaient le système TACS à la fin de 1998. A ces principales normes, viennent s'ajouter de nombreux systèmes exclusifs pour les systèmes analogiques de première génération et d'autres systèmes qui ont été peu vendus à l'extérieur de leur pays d'origine, notamment en France, en Allemagne, en Italie et au Japon.

2. Deuxième génération 2G :

Les systèmes numériques de deuxième génération ont été mis au point dans les années 80 et les premiers systèmes ont été commercialisés au début des années 90.

Les techniques cellulaires numériques présentent de nombreux avantages par rapport aux techniques analogiques, la principale réussite étant une capacité accrue grâce à une utilisation plus efficace du spectre radioélectrique. Autre facteur positif, la transmission numérique permet d'acheminer non seulement la voix mais aussi des données à travers le spectre des fréquences radioélectriques, prenant en charge des applications telles que le service de mini messagerie (SMS, Short Message Service) et le courrier électronique. La téléphonie numérique améliore également la sécurité des transmissions de la voix et des données, les signaux étant inintelligibles pour les balayeurs MF et le flux binaire pouvant être aisément chiffré. Enfin, les réseaux numériques sont exploités à une puissance plus faible et les combinées peuvent donc être plus compacts et plus légers, d'où une durée d'utilisation plus longue pour les piles et moins d'inquiétude pour la santé.

Le réseau GSM (Global System for Mobile Communications) a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles (GSM) et abonnés du réseau téléphonique commuté (RTC_réseau fixe). Il est destiné initialement au transport de la parole (voix). Mais le faible débit offert par ce système ne permet pas la transmission des données.

Le réseau GPRS (General Packet Radio Service) vient d'ajouter un certain nombre de modules sur le réseau GSM sans changer le réseau existant pour proposer de nouveaux services de type data à ses clients. Aujourd'hui, on assiste à l'émergence d'une nouvelle norme UMTS

(Universal Mobile Télécommunications Systems) qui devrait encore améliorer et universaliser l'utilisation de GSM.

2.1. Concept cellulaire

Les réseaux de première génération possédaient des cellules de grande taille (50 [KM] de rayon) au centre desquelles se situait une station de base (antenne d'émission). Au début, ce système allouait une bande de fréquence de manière statique à chaque utilisateur qui se trouvait dans la cellule qu'il en ait besoin ou non. Ce système ne permettait donc de fournir un service qu'à un nombre d'utilisateur uniquement à partir du moment où celui-ci en avait besoin, permettant ainsi d'augmenter statiquement le nombre d'abonnés, étant entendu que tout le monde ne téléphone pas en même temps.

Un réseau cellulaire divise la zone à couvrir, généralement un pays entier, en petites zones appelées cellules (figure 1), chacune des cellules est desservie par une station de base (Base Station) qui reçoit une partie des fréquences disponibles. C'est avec cette station de base que communiquent tous les téléphones mobiles actifs se trouvant dans la cellule concernée. Puisque deux communications radio utilisant la même fréquence interfèrent l'une avec l'autre lorsqu'on se trouve entre les deux émetteurs, les mêmes fréquences ne peuvent être utilisées par deux stations de base voisines.

Pour augmenter la capacité du réseau afin d'accueillir un plus grand nombre d'abonnés, il faut diminuer la taille des cellules ceci en augmentant le nombre de cellules. Les opérateurs recherchent donc à maximiser la taille de leurs cellules dans les zones peu peuplées, afin d'améliorer la couverture de leur réseau, et à la minimiser dans les zones à densité de population élevée afin d'augmenter la capacité de leur réseau.

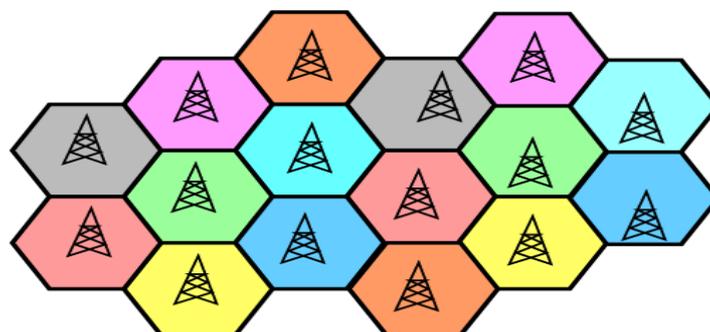


Fig.1. Exemple de cellules.

Les cellules sont généralement représentées sous forme d'hexagones permettant la réutilisation des fréquences sur des cellules éloignées. Selon la nature du terrain et des constructions, le réseau doit suivre les critères suivants :

- Deux cellules adjacentes ne peuvent pas utiliser des fréquences similaires à cause des phénomènes d'interférences.
- L'interférence ne causera aucun dommage système si la distance d'environ 2,5 à 3 fois le diamètre d'une cellule est réservée entre les émetteurs. Les filtres du récepteur sont très sélectifs.
- Les cellules voisines ne doivent pas partager des canaux similaires. Afin de réduire les interférences, les fréquences doivent être réutilisées seulement à l'interférence d'un certain modèle.
- Le niveau de puissance d'un émetteur à l'intérieur d'une cellule doit être limité afin de réduire l'interférence avec les émetteurs des cellules voisines.
- Pour permettre à un utilisateur passant d'une cellule à une autre de garder sa communication, il est nécessaire que les zones de couverture se recouvrent de 10 à 15 %.

2. 2. Concept de mobilité

La mobilité des abonnés dans un réseau cellulaire a deux conséquences :

1-Pour établir une communication, il faut savoir dans quelle cellule l'abonné se trouve. C'est la fonction de gestion de localisation.

2-Il doit y avoir continuité de la communication lorsque l'abonné passe d'une cellule à une autre (transfert intercellulaire, communication appelé handover). Si la mobilité d'un abonné s'étend à plusieurs pays, des accords de roaming doivent alors être passés entre les différents opérateurs pour que les communications d'un abonné étranger soient traitées et aboutissent.

3. Architecteur du réseau GSM

L'architecteur de base du système GSM comprend quatre sous-systèmes principaux dont chacun dispose d'un certain nombre d'unités fonctionnelles, et est connecté à l'autre à travers des interfaces standard. Le réseau GSM se compose de :

- i. La station mobile : mobile station MS.

- ii. Le sous système radio le BSS : Base Station Sub-system.
- iii. Le sous système d'acheminement : Network Sub -System. NSS.
- iv. Le sous système d'exploitation et de maintenance : OSS Operating Sub-System.

Les principaux sous-systèmes de réseau GSM sont représentés dans la figure 1.

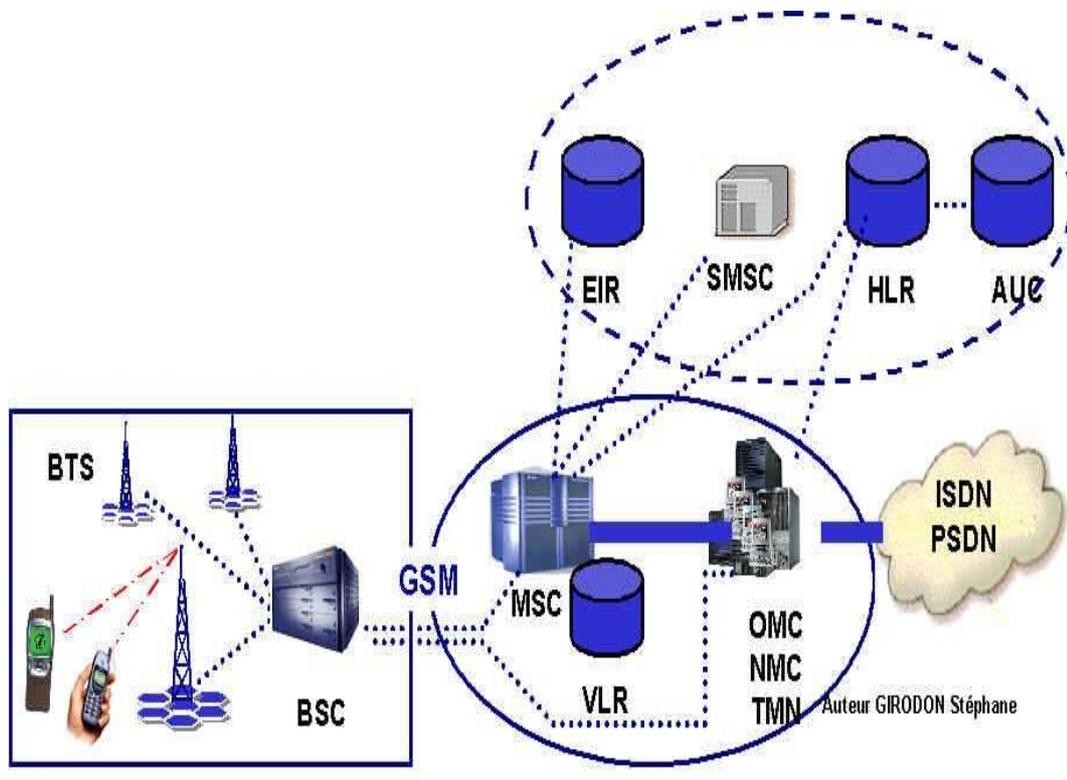


Fig.2. Architecture du réseau GSM.

3.1. Station mobile MS

La station mobile est un appareil (ordinateur de poche évolué, téléphone) qui permet de transmettre et de recevoir le signal radio, les communications voix, la messagerie texte et la gestion de répertoire.

La MS assure les fonctions suivantes :

- Protection des abonnements par réponse à la procédure d'authentification (triplet).
- mesure des signaux émis par les cellules environnantes (permettant le handover).
- Conversion analogique numérique de la parole.
- Protection de la qualité de la transmission radio.

- Multiplexage à répartition dans le temps : insertion et prélèvement des bursts de la communication sur les trames TDMA (Time Division Multiple Access).

La station mobile est composée de l'équipement Mobile (ME) et de la carte SIM (subscriber Identity Module).

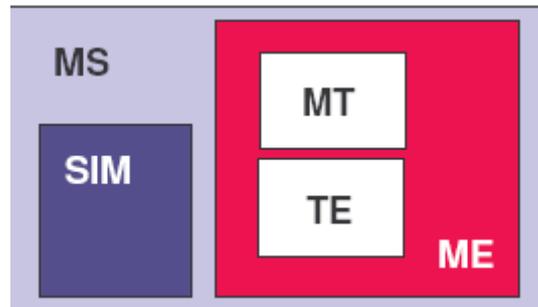


Fig. 1. La station mobile.

3. 1 .1. Equipement Mobile (ME)

L'équipement mobile est un appareil (ordinateur de poche, téléphone) utilisé par l'abonné. Chaque équipement mobile est identifié par un code unique IMEI (International Equipment Identité). Ce code est vérifié à chaque utilisateur et permet la détection et l'interdiction des terminaux volés, obtenu à partir de *#06#. Il convient de noter ce numéro et de le signaler à son opérateur, en cas de vol de façon à procéder à son blocage. Cet identifiant ne doit pas être confondu avec l'IMSI contenu en SIM.

3.1.2. Carte SIM (subscriber Identity Module)

La carte SIM indispensable pour accéder au réseau, cette carte contient sur un microprocesseur, les informations personnelles de l'abonné. Par insertion de cette carte dans n'importe quel téléphone portable, recevoir des appels et avoir accès à tous les services qu'il a souscrits.

La carte SIM contient le numéro IMSI (International Mobile Subscriber Identity), mais aussi une clé secrète pour la sécurité, ainsi que d'autres informations, le numéro IMSI et IMEI sont indépendants permettant la séparation du téléphone portable et l'utilisateur. La carte SIM se comporte comme une base de données.

On distingue deux types de carte SIM :

- **Carte SIM ID-1** : Elle a la taille d'une carte de crédit. L'un de ses avantages est de s'insérer très facilement dans le mobile.

- Carte **SIM plug-in** : Elle est la plus petite par rapport à la carte SIM ID-1. L'insertion et le retrait de cette carte dans le mobile sont généralement plus délicats.

3.2. Sous-Système radio (BSS)

Le sous-système radio est l'ensemble des constituants du réseau qui gère l'échange et la transmission des données par la voie hertzienne. Il est constitué de la station de base et le contrôleur de station.

3.2.1. Station de base (BTS)

Base transceiver station qui est le point d'entrée dans le réseau des stations mobiles, elle est composée d'un ensemble d'émetteur / récepteur appelé TRX. Elle relie les stations mobiles par l'interface radio Um et le contrôleur de station de base par l'interface A-bis. Chaque BTS réalise la couverture radio d'un certain territoire appelé (cellule) dont le rayon varie entre quelques centaines de mètre et quelques kilomètres.

Il existe plusieurs types de BTS :

- **BTS rayonnantes** : Elles sont idéales pour couvrir les sites où la densité d'abonnés est faible. Ces BTS sont les plus visibles, elles ne peuvent pas être utilisées dans les zones de forte densité car elles émettent et occupent la bande passante du réseau sur une grande distance.
- **Micro BTS** : Elles sont utilisées dans des zones où la densité d'abonné est plus forte par rapport aux BTS rayonnantes.
- **Amplificateur de signal** : Ce n'est pas des BTS proprement dites mais, ils permettent de couvrir une autre cellule comme le ferait une véritable BTS. Les amplificateurs du signal captent le signal émis par la BTS, puis l'amplifient. Ces amplificateurs ne nécessitent aucune connexion vers le contrôleur de station de base.

Les fonctions principales d'une BTS :

- La transmission radio : modulation, démodulation, égalisation, codage, correction d'erreurs.

- Gestion de la couche physique : multiplexage, chiffrement.
- Elle réalise aussi l'ensemble des mesures radio nécessaires pour vérifier qu'une communication en cours se déroule correctement.
- Gestion de la couche liaison de données avec le BSC afin d'assurer la fiabilité de dialogue LAPD (Link Access Protocol D-channel).

3. 2.2. Le contrôleur de station de base (BSC)

Le contrôleur de station de base gère une ou plusieurs stations de base et communique avec elles par le biais de l'interface A-bis. La plupart des fonctions intelligentes de BSS sont implantées à son niveau. Sa fonction principale est la gestion des ressources radio pour la zone couverte par les différentes stations de base qu'y sont connectées.

En effet, le contrôleur gère les transferts intercellulaires des utilisateurs dans sa zone de couverture, c'est-à-dire quand une station mobile passe d'une cellule à une autre, il doit alors communiquer avec la station de base qui va prendre en charge l'abonné et lui communiquer les informations nécessaires tout en avertissant la base de données locale VLR (visitor location register) de la nouvelle localisation de l'abonné.

3.3. Sous-système réseau (NSS)

Le sous-système réseau ou bien network sub-system (NSS) gère l'accès radio. Ces éléments prennent en charge toutes les fonctions de contrôle et d'analyse d'informations contenues dans des bases de données nécessaires à l'établissement de connexion utilisant une ou plusieurs des fonctions suivantes : chiffrement, authentification ou Roaming :

Le NSS est composé des éléments suivants :

3.3.1. Centre de commutation mobile (MSC)

Le MSC (Mobile switching center) est l'élément central du NSS. Il est relié au sous-système radio via l'interface A. Son rôle principal est d'assurer la communication entre les abonnés du réseau mobile et ceux du réseau commuté (RTC).

De plus, il participe à la fourniture des différents services aux abonnés tels que la téléphonie, les services de messagerie et la mise à jour des différentes bases de données (HLR, VLR, AuC) qui contient des données concernant les abonnés et leur localisation dans le réseau.

3.3.2. L'enregistreur de localisation nominale (HLR)

Le HLR est une base de données qui contient et gère les abonnements. Il contient un certain nombre de données statistiques (informations relatives aux abonnés : leur identités, numéro d'appel, les services auxquels ils ont droit).

Le HLR mémorise pour chaque abonné le numéro VLR où il est enregistré même dans le cas où l'abonné se connecte sur un réseau étranger.

3.3.3. Le centre d'Authentification (AuC)

AuC (Authentication center) est une base de données qui mémorise les informations nécessaires à la protection des communications des abonnés mobiles. Elle fournit les clefs d'authentification et de cryptage nécessaire pour établir l'identité de l'utilisateur et à assurer la confidentialité de chaque abonné.

3.3.4. L'enregistreur de localisation des visiteurs (VLR)

VLR (visitor location register) est une base de données qui contient que des informations dynamiques liées à un MSC, il y en a plusieurs dans un réseau GSM. Elle contient des informations dynamiques qui lui sont transmises par le HLR avec lequel elle communique lorsqu'un abonné entre dans la zone de centre de communication mobile auquel elle est rattachée. Lorsque l'abonné quitte cette zone de couverture, ses données sont transmises à un autre VLR, les données suivent l'abonné en quelque sorte.

3.3.5. L'enregistreur des identités des équipements (EIR)

EIR (Equipment Identity Register), est une base de données qui contient les identités des terminaux IMEI (International Mobile Station équipement Identity) pour éviter qu'un terminal puisse être utilisé par un voleur sans qu'il ne puisse être repéré. L'EIR contient trois listes :

1. Une liste blanche : contient les autorisés à fonctionner sur le réseau.

- 2. Une liste noire : contient les numéros interdits (tous les IMEI qui sont censés être bloqués).
- 3. Une liste grise : contient tous les IMEI qui sont envoyés par des téléphones non homologués.

3.4. Sous Système d’exploitation et de maintenance (OSS)

L’administration du réseau GSM consiste à évoluer ses performances et optimiser l’utilisation des ressources de façon à offrir un niveau de qualité aux usagers. Cette partie du réseau aux différents éléments regroupe trois activités principales de gestion : la gestion administrative, la gestion commerciale et la gestion technique.

Ce sous-système est branché aux différents éléments du sous-système réseau de même qu’au contrôleur de station de base (BSC). Par une vue d’ensemble du réseau, le OSS contrôle et gère le trafic au niveau du BSS.

4. Les protocoles

4.1. Pile de protocoles

La figure 3 représente l’architecture des protocoles GSM des différents éléments du réseau. Au niveau applicatif, on distingue les protocoles suivants qui, au travers de différents éléments du réseau, relie un mobile à un centre de communication (MSC) :

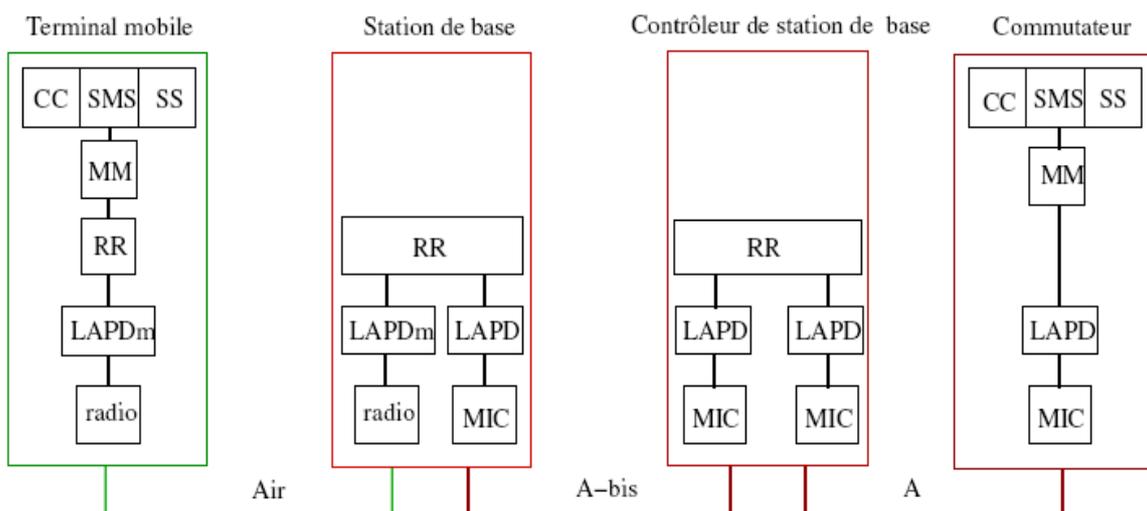


Fig.3.La pile de protocoles des différents sous systèmes du réseau GSM.

- **Le protocole CC (call control) :** la fonction call control gère les communications, elle négocie les paramètres d'une connexion .Etablit, supervise et libéré les connexions réseau.
- **Le protocole SMS (short message service) :** sa fonction est de gérer le service de messagerie qui permet d'échanger des messages alphanumériques d'un maximum de 160 caractères de 7Bits.
- **Le protocole SS supplementary services (SS) :** il gère les compléments de services offerts par le réseau comme le transfert d'appel, des informations de taxations.
- **Le protocole RR (radio ressource management) :** le rôle de cette fonction est d'établir, maintenir et libérer un lien entre la station mobile et le commutateur de service mobile (MSC). La fonction principale est le transfert intercellulaire. Il interconnecte une BTS et BSC car ce dernier gère l'attribution des fréquences radio dans une zone.
- **Le protocole MM (Mobility Management) :** cette fonction a la responsabilité de tous les aspects de la mobilité d'un usager, en particulier la gestion de la localisation, l'authentification et la sécurité. Cette application se trouve dans le sous réseau de communication (NSS) et dans le mobile car ils doivent tous deux connaître la position du mobile dans le réseau.

Les trois premiers protocoles (CC, SMS et SS) ne sont implémentés que dans les terminaux mobiles et les commutateurs : leurs messages voyagent de façon transparente à travers le BSC et la BTS.

4.2. Interfaces radio

Présentons brièvement les trois types d'interface qui relie le BSC respectivement à la station de base (interface X .25).

1) L'interface A

C'est l'interface entre les deux sous systèmes BSS et le NSS.

2) Interface X25

C'est l'interface entre le BSC et le centre d'exploitation et de maintenance.

5 .Fréquences de travail du GSM

Dans le système GSM, deux bandes de fréquences sont utilisées, l'une autour des 900 MHz et l'autre autour de 1,8 GHz. Chaque bande est divisée en deux sous bandes, servant l'une pour le transfert d'informations entre le Mobile et la station de base (**voie montante**), et l'autre pour la liaison entre la station de base et le Mobile (**voie descendante**) : Bande EGSM étendue (bande de largeur totale 35 MHz).

- De 880 à 915 MHz du mobile vers la base.
- De 925 à 960 MHz de la base vers le mobile.

GSM exploite à la fois les techniques FDMA (Frequency Division Multiple Access) et TDMA (Time Division Multiple Access). Il est à noter que ce n'est pas tous les pays qui peuvent utiliser toutes les bandes spectrales en raison d'applications militaires et d'une utilisation déjà réservée pour les systèmes cellulaires analogiques.

De plus, si dans un pays donné plusieurs compagnies exploitent un réseau numérique, alors chacun aura une bande de fréquences différentes afin de prévenir les chevauchements.

6. Multiplexage temporel: clé du GSM

A l'intérieur d'une cellule, on dispose donc d'un certain nombre de fréquences ou canaux qu'il faut répartir entre les différents utilisateurs. Chaque porteuse est divisée en 8 intervalles de temps appelés **time-slots** (figure 5). La durée d'un slot a été fixé pour le GSM à 7500 périodes du signal de référence fourni par un quartz à 13 MHz qui rythme tous les mobiles GSM : $T \text{ slot} = 7500/13 \text{ MHz} = 0,5769 \text{ ms}$ soit environ 577 μs , la durée de la trame est donc : $\text{TTDMA} = 8 T \text{ slot} = 4,6152 \text{ ms}$.

Un mobile GSM en communication n'utilisera qu'un time-slot, ce qui permet de faire travailler jusqu'à 8 mobiles différents sur la même fréquence de porteuse. Le signal radio émis dans un time-slot est souvent appelé **burst**. Les slots sont numérotés par un indice TN qui varie de 0 à 7. Un « canal physique » est donc constitué par la répétition périodique d'un slot dans la trame TDMA sur une fréquence particulière.

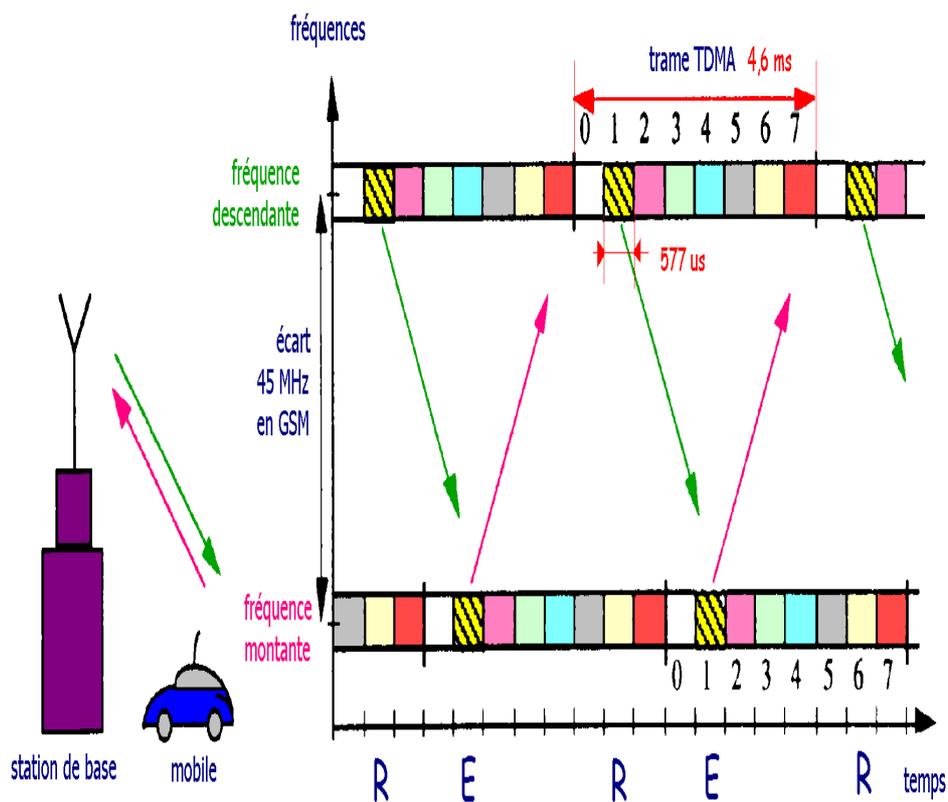


Fig. 5. Mobile en conversation sur le time-slot 1.

7. Services de GSM

Les services déjà existant sur les réseaux fixes sont :

- Capacité de transmission avec des caractéristiques techniques de débit, de taux d'erreur, de mode de transmission (synchrone, asynchrones).
- Fournit un circuit permettant la transmission de données où l'accès à un réseau de données à commutation de paquets de débit peut varier de 300b/s à 9600 b /s.
- Le transfert numérique de bout en bout, suppose que le PLMN (Public Land Mobile Network) est directement lié au RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Système).
 - la voix .
 - les données (le WAP, le Fax ou bien comme un modem filaire classique).
 - les messages écrits courts ou SMS .
 - le Cell Broadcast (diffusion dans les cellules), qui permet d'envoyer le même SMS à tous les abonnés à l'intérieur d'une zone géographique.

- les services supplémentaires (renvois d'appels, présentation du numéro...).
- les services à valeur ajoutée comme par exemple les services de localisation (Location Based Services), d'information à la demande (météo, horoscope), de banque (consultation de compte, recharge de compte prépayés).

8. Limitations du GSM pour le transfert de données

Les limitations du réseau GSM peuvent se résumer en cinq points :

- 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.
- Pas de souplesse dans l'adaptation du débit.
- Interconnexion complexe avec le réseau paquet.

9. Extension vers le GPRS (General Packet Radio Service)

9.1. Evolution du GSM vers le mode paquet GPRS

Transmission en mode paquet sur la voie radio (GPRS) est la réponse du GSM au défi de la transmission de données à haut débit, permettant un accès acceptable à l'Internet.

Le GPRS est un paquet de services de communication sans fil qui offre des débits de données à partir de 90,5 jusqu'à 171,2 kbit / s et la connexion permanente à l'Internet et au téléphone mobile pour les utilisateurs d'ordinateurs. Le GPRS est basé sur les communications GSM et complète les services existants tels que les circuits de téléphonie cellulaire et les connexions SMS (Short Message Service). Il représente une passerelle entre 2G et 3G de télécommunications mobiles et il est communément appelé 2.5G. GPRS mise en œuvre nécessite la modification des réseaux GSM existants, parce que le GSM est une technologie de circuit commuté alors que le GPRS est orientée en mode paquet, il offre un débit beaucoup plus élevé que le GSM et peut être combiné à des technologies telles que le EDGE (Enhanced Data Rates for GSM-Evolution), pour donner encore plus haut taux de débits.

Il offre de nombreux avantages pour les clients et les opérateurs de réseau: tels que le volume (plutôt que de temps) dépend de facturation et de l'utilisation plus efficace des ressources du réseau.

9.2. Architecture du GPRS

Dans cette partie, nous allons montrer l'architecture d'un réseau GPRS. Cependant, comme nous l'avons mentionné, GPRS est un service complément de GSM et s'intègre dans ce dernier.

C'est pourquoi nous verrons le sous réseau GSM dans l'architecture GPRS. Nous allons voir les différentes parties qui composent cette architecture avec les interconnexions entre ces entités.

9.2.1. Présentation de l'architecture du GPRS

L'architecture générale d'un réseau GPRS est illustrée par la figure suivante.

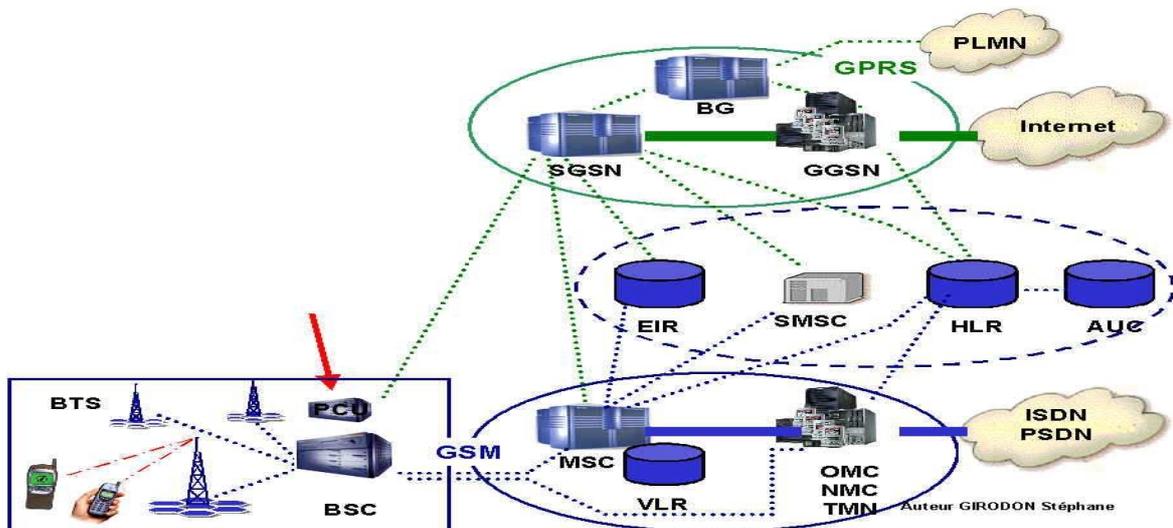


Fig.6. Architecture d'un réseau GPRS.

Cette architecture peut paraître complexe, cependant GPRS étant un service de GSM, une partie de cette infrastructure est le sous réseau GSM.

Ce réseau est composé de différentes parties que nous allons expliquer, avec les différents équipements et interfaces d'interconnexions.

9.2.2. Equipement du réseau

Voici maintenant un descriptif de chacune des entités du réseau GPRS : MS (Mobile Station) : terminal mobile de l'utilisateur (TE pour Terminal Equipment) avec sa carte SIM (Subscriber Identity Mobile).

- **BTS (Base Transceiver Station)** : émetteur / récepteur gérant une cellule, la couche physique sur la voie radio et la couche liaison de données avec le mobile.
- **BSC (Base Station Controller)** : commutateur qui réalise une première concentration de circuits, qui s'occupe de la gestion de la ressource radio (allocation des canaux, ...).
- **MSC (Mobile services Switching Center)** : commutateur du réseau GSM, qui gère l'établissement de circuits à travers le réseau.
- **VLR (Visitor Location Register)**: base de données locales qui contient les profils de tous les abonnés présents dans la zone gérée par ce VLR. Dans la plupart du temps, cet équipement est dans le même équipement que le MSC.
- **HLR (Home Location Register)** : base de données globales du réseau GSM, dans laquelle les profils de services des abonnés, la localisation des abonnés et la gestion de la sécurité est enregistrée.
- **EIR (Equipment Identity Register)** : base de données dans laquelle sont enregistrés les numéros d'identification des terminaux mobiles au sens matériel avec l'IMEI (International station Mobile Equipment Identity).
- **Noeud passerelle GGSN (Gateway GPRS Support Node)**: Le GGSN est la fonctionnalité du service dans le centre de communication (MSC), qui permet de communiquer avec les autres réseaux des données par paquets extérieurs au réseau GSM.

Il gère la taxation des abonnés du service, et doit supporter le protocole utilisé sur le réseau de données avec lequel il est interconnecté. Les protocoles de données supportés par un GGSN sont IPV6, X25.

Le réseau coeur GPRS est interconnecté avec l'extérieure via une passerelle GGSN qui contient les informations de routage permettant au mobile de communiquer avec l'extérieure tout en assurant la sécurité. Pour pouvoir envoyer les informations au mobile, le GGSN utilise une autre entité SGSN.

- **Nœud de service SGSN (Serving GPRS Support Node) :**

Le SGSN garde la trace de la localisation des MS et assure les fonctions de sécurité et de contrôle d'accès sur la voie radio. Il gère la mobilité (authentification, chiffrement) et suit le mobile quand il se déplace, et collecte des éléments de facturation relatifs à l'utilisation des ressources radio.

Quand un paquet de données arrive d'un réseau PDP (Packet Data Network) externe au réseau GSM, le GGSN reçoit ce paquet et le transfère au SGSN qui le retransmet vers la station mobile. Pour les paquets sortants, c'est le SGSN qui les transmet vers le GGSN.

- **Le module BG (Border Gateway)**

Les recommandations introduisent le concept de BG qui permet de connecter les réseaux. Ces BG ne sont pas spécifiées pour les recommandations mais elles jouent le rôle d'interface avec les autres PLMN (public land mobile network) permettant ainsi de gérer les niveaux de sécurité entre les réseaux (entre 2 réseaux de deux opérateurs concurrents par exemple...).

- **Le PCU (Packet Control Unit) :** cet équipement gère les fonctions de couches basses, c'est-à-dire les protocoles RLC (Radio Link Control) et MAC, contrôle de puissance, adaptation des débits, ... etc. Il gère les fonctions de transmissions et d'acquittements.

9.3. Routage des paquets

Pendant la phase de connexion d'un terminal dans un réseau GSM, les échanges de signalisation sont nombreux, et pour faire face aux contraintes du mode paquet, les informations de routage obtenues pour acheminer le premier paquet vers un terminal GSM sont stockées dans le GGSN. Ainsi, la route pour les paquets suivants est sélectionnée à partir du contexte stocké dans le GGSN (le Temporary Logical Link Identity ou TLLI).

9.4. Interfaces du réseau GPRS

Les interfaces du réseau GPRS sont illustrées par le tableau 1 :

L'ensemble des éléments GSM et GPRS sont associés pour fournir un service GPRS. Deux protocoles sont alors utilisés :

-Le traditionnel protocole IP qui assure une ouverture vers les terminaux fixes extérieurs au réseau (contour, Internet).

-Le protocole SS7 (signal sémaphore 7) qui est un protocole interne au réseau GPRS .

<i>Nom</i>	Localisation	Utilisation
<i>Um</i>	MS-BTS	Interface radio
<i>A-bis</i>	BTS-BSC	Divers
<i>Gb</i>	BSC-SGSN	Adapté pour supporter le GPRS et le SGSN.
<i>Gc</i>	GGSN-HLR	Interrogation de HLR pour activation d'un contexte sur donnés entrants.
<i>Gd</i>	SGSN-SMS-GMSC	Echange de messages courts.
<i>Gf</i>	SGSN-EIR	Vérification de l'identité du terminal.
<i>Gi</i>	GGSN-Réseau des données	Transfert des données.
<i>Gn</i>	SGSN-SGSN SGSN-GGSN	Gestion de l'itinérance Activation de contexte, transfert des données
<i>Gp</i>	BG-BG	Liaison inter opérateur
<i>Gr</i>	SGSN-HLR	Gestion de location
<i>Gs</i>	SGSN-MSC/VLR	Gestion de coordonnées de l'itinérance entre GSM circuit et GPRS.

Tab.1. Interfaces du réseau GPRS.

9.5. Système de signalisation SS7

9.5.1. Définition

Le système de signalisation SS7 est le système de signalisation prédominant pour le réseau téléphonique commuté public (PSTN) et également les réseaux mobiles publics terrestres (PLMNS).SS7 définissent les procédures pour l'établissement, le contrôle et la libération des appels entre les utilisateurs.

9.5.2. Caractéristiques de la signalisation SS7

Sur les accès d'abonnés, la signalisation reste aujourd'hui encore analogique : tonalité, numérotation, l'évolution va vers une signalisation purement numérique sous forme de paquets dédigitalisés, aussi bien sur la ligne d'abonné que dans le cœur du réseau (SS7) donc :

- Temps de connexion réduit.
- Disponibilités et sécurité de l'information.

9.5.3. Application de SS7

Le système de signalisation SS7 est appliqué dans les fonctions suivantes :

- Gestion des appels de base (établissement, maintenance, rupture).
- Gestion de la mobilité dans le réseau GSM, identification, authentification et localisation des usagers mobiles.
- Acheminement de messages courts.
- Services complémentaires : transfert d'appels, conférence.
- Gestion de cartes PréPayées.

9.6. Avantages de GPRS

Comme nous avons pu le constater dans les sections précédentes, il se dégage trois avantages principaux dans GPRS.

Le premier est le débit. En effet, GPRS a un débit supérieur à celui du GSM. On peut atteindre théoriquement un débit de 171,2kbit/s.

Le second est la commutation de paquets. En effet, cette méthode permet de ne pas monopoliser les ressources radios lors de la consultation sur Internet, consultation d'email, etc....De plus, avec la commutation de paquets, on peut interconnecter le réseau GPRS avec un réseau de données paquets externe tel qu'un réseau IP ou X.25.

Enfin, le dernier avantage est l'apparition de la tarification au volume. Cela permet à un utilisateur de ne plus se soucier du temps de téléchargement des données, il payera seulement la taille de ce téléchargement et non sa durée.

9.7. Limites de GPRS

Cependant, bien que GPRS apporte une réelle avancée dans le monde de l'Internet mobile, il existe des limites. La première est que le débit réel observé est très inférieur à celui annoncé dans les spécifications du protocole. En effet, on peut constater qu'en moyenne, le débit est d'environ 50 kbit/s, et l'on peut atteindre un débit d'environ 115kbit/s dans des conditions optimales.

La réalité montre que l'on est plus souvent proche des 50kbit/s que des hauts débits. Ceci peut poser un problème au développement du GPRS, car initialement les débits proposés sont intéressants, et en réalité, il y a une grande différence. De plus, une autre limite est le coût de la mise en place de l'infrastructure GPRS.

En effet, bien que GPRS utilise une partie de l'architecture GSM, la mise en place des équipements GPRS est coûteuse. De plus, avec l'arrivée des nouvelles technologies (3G par exemple), les opérateurs de téléphonie mobile peuvent hésiter à investir dans une technologie qui va être dépassée prochainement.

Discussion

Le service GPRS, technologie 2,5G, est implémenté sur une majeure partie du réseau du GSM et permet alors l'accès à l'Internet mobile avec des débits beaucoup plus élevés que dans GSM. Ainsi, le GPRS est basé sur le réseau GSM existant et sur son sous-système radio. Cependant, malgré ce gros avantage, les spécialistes du marché sont devant un dilemme, de continuer avec le GPRS où bien de penser à une autre technologie.

Donc, l'avenir se tournant vers des technologies de troisième génération, 3G, telle que l'UMTS (Universel Mobile Télécommunications Systems) qui est complémentaire aux réseaux GSM et GPRS. Le réseau GSM couvre les fonctionnalités nécessaires aux services de type Voix en un mode circuit, le réseau GPRS apporte les premières fonctionnalités à la mise en place de services de type Data en mode paquets, et l'UMTS vient compléter ces deux réseaux par une offre de services Voix et Data complémentaires sur un mode paquet.

Chapitre II

Réseau UMTS

Préambule

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 la téléphonie à la télécommunication ce qui sous-entend l'apparition de services multimédia à tout instant et en tout lieu.

Le 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 prépare la venue de l'UMTS.

L'UMTS est un système cellulaire de troisième génération qui fait partie de la famille IMT 2000 et dont les spécifications techniques sont développées au sein du 3GPP (3rd Génération Partnership Projet). L'architecture de ce système est composée essentiellement d'un réseau terrestre d'accès radio, l'UTRAN (Universal terrestrial Radio Access Network) et d'un réseau cœur dérivé de celui spécifié pour la phase 2+ du GSM.

L'UTRAN utilise deux modes d'accès fondés sur la technologie CDMA large bande :

- L'UTRA/FDD (Universal terrestrial Radio Access/Frequency Duplex Division).
- L'UTRA/TDD (Universal terrestrial Radio Access/Time Duplex Division).

Pour vous présenter cette nouvelle technologie de télécommunications sans-fil, nous allons dans un premier temps présenter l'architecture générale du système de télécommunications UMTS, puis dans un second temps développer la principale innovation de l'UMTS par rapport aux technologies déjà existantes.

1. couverture de l'UMTS

1.1. Différents types de cellules

L'UMTS utilise des fréquences plus élevées que les mobiles de deuxième génération. Pour cette raison, ses cellules sont plus petites. Une séparation utile des environnements en environnements outdoor et environnements indoor.

- **Les environnements outdoor** : englobent les locations extérieures comme les routes, les régions rurales et urbaines.
- **Les environnements indoor** : incluent les maisons, les bureaux, les zones commerciales.

Il est possible de diviser ces cellules selon leurs tailles en quatre catégories qui sont illustrées dans le tableau suivant :

Types de cellules	Rayon des cellules	Hauteur d'antenne	Débits
Pico-cellules	100 m	A l'intérieur des immeubles	2Mbits/s (vitesse \leq 10km/h)
Micro-cellules	500 m	5m au-dessus du sol	384kbits/s à 2Mbits/s
Macro-cellules	2 km	3m au-dessus des toits	144kbits/s à 384kbits/s
Cellules rurales	8 km	30m au-dessus du sol	144kbits/s

Tab.1. Les différents types de cellule.

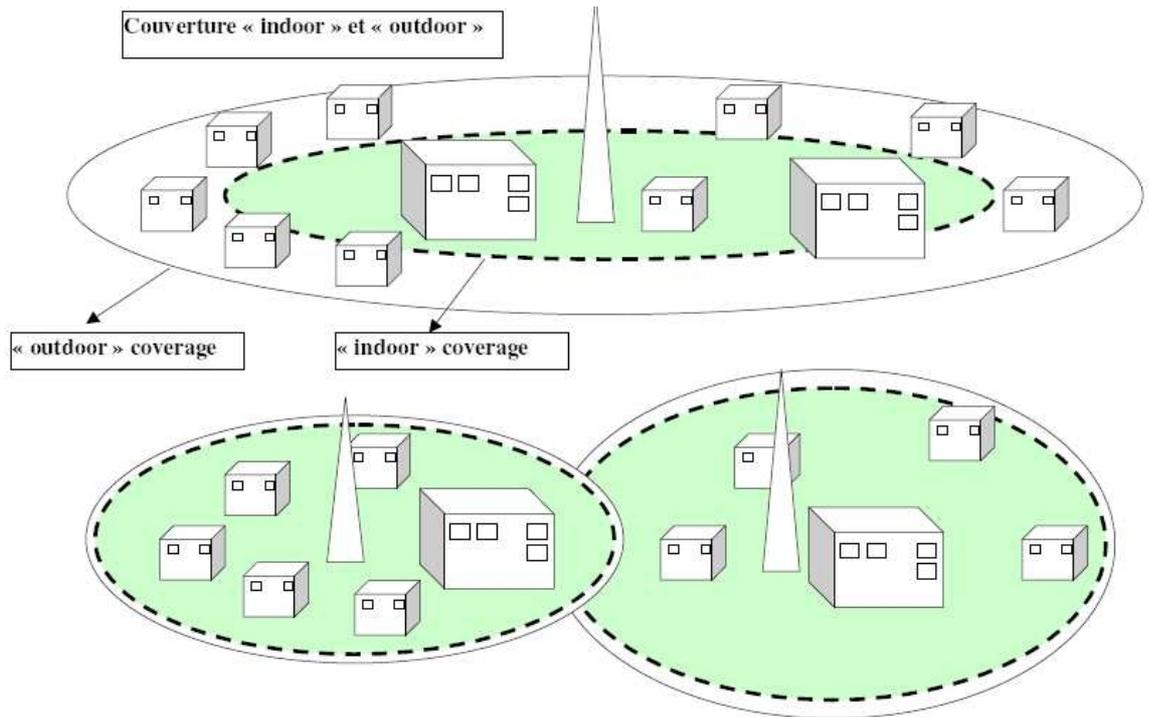


Fig.1.Couverture indoor et outdoor.

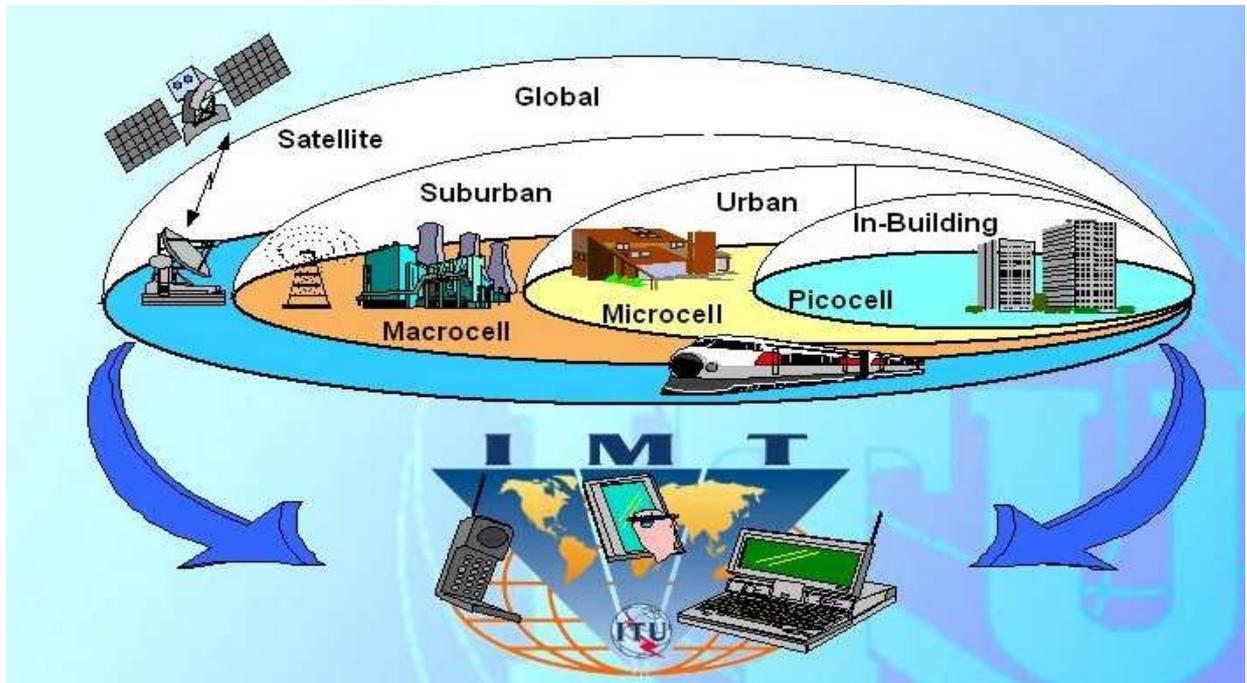


Fig. 2. Différents types de cellules.

1.2. Architecture du réseau UMTS

Ce qui caractérise l'UMTS sont ses performances radio liées à la nouvelle technologie radio (UTRAN). L'UMTS est un réseau de services mobiles complexes et une architecture flexible et modulaire permettant l'évolutivité de la technologie et sa compatibilité avec les différents systèmes de deuxième et troisième générations.

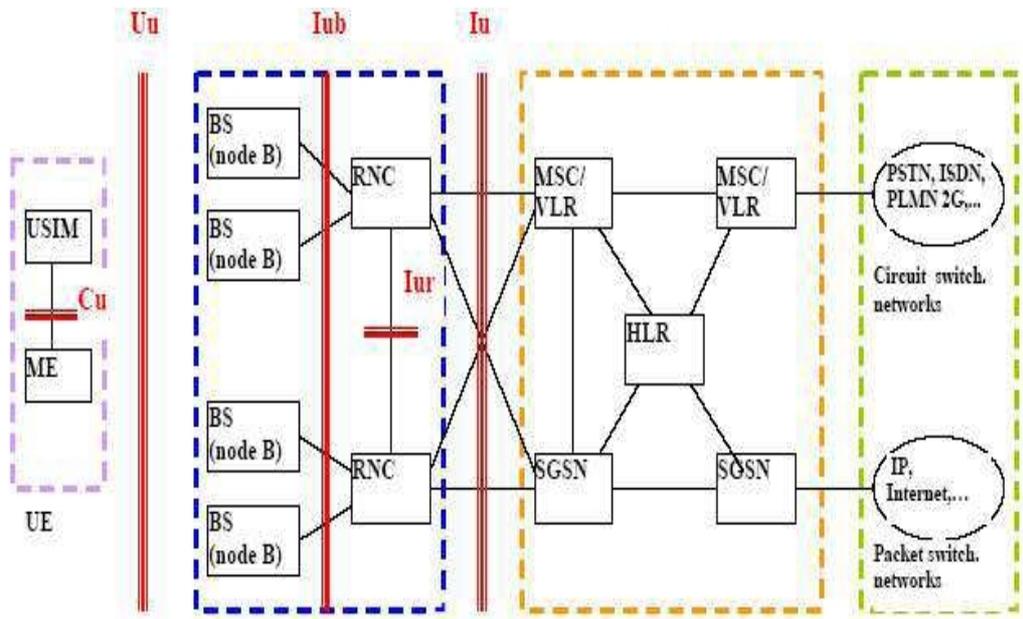


Fig.3. Architecture du réseau UMTS.

Le système UMTS est modélisé à partir de deux points de vue, l'un physique et l'autre fonctionnel.

1.2. 1. Architecture physique

Pour modéliser l'architecture physique, le concept de domaine est utilisé, il permet d'introduire les équipements composant ce réseau ainsi que la façon de les délimiter. Cette architecture se compose de deux domaines principaux, le domaine de l'équipement usager et le domaine de l'infrastructure, ce dernier se subdivisant en deux sous-domaines, le domaine du réseau d'accès et le domaine du réseau cœur.

Le domaine de l'équipement usager comprend tous les équipements terminaux, il peut être également divisé en deux sous-domaines, l'équipement mobile et le module d'identité des services de l'utilisateur USIM (Universal Subscriber Identity Module).

1.2.1.1. Équipement mobile ME

Il est chargé de la transmission radio. Il est encore divisé en deux parties :

- **La terminaison mobile (MT : Mobile Termination) :** il a pour fonction d'assurer la transmission de l'information vers le réseau d'accès radio et applique les fonctions de correction d'erreur etc.....
- **L'équipement terminal (TE : Terminal Equipment) :** partie de l'UE où les données de l'application (codeur /décodeur, vidéo, WAP/IP...) générées en émission ou traitées en réception.

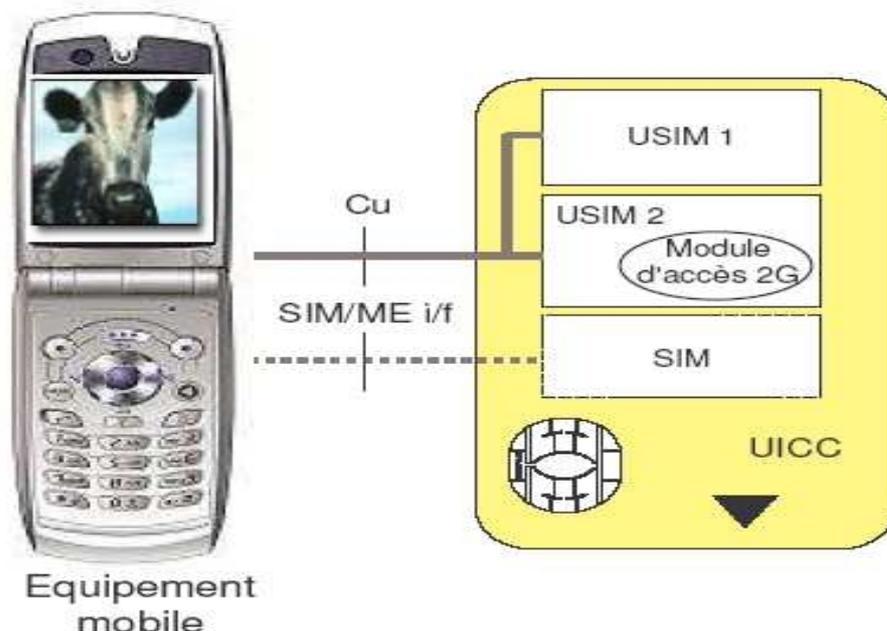


Fig.4. L'équipement mobile ME

1.2.1.2. L'USIM (UMTS Subscriber Identity Module)

C'est une application continue dans l'UICC (Universal Integrated Circuit), qui est une carte à puce dotée de caractéristiques électromagnétiques standardisées permet l'accès aux services offerts par le réseau mobile. L'UICC contient au moins une USIM, cette dernière qui contient aussi :

- La liste des réseaux interdits.
- Les clés de chiffrement et d'intégrité.
- La langue préférée.

- IMSI (International Mobile Subscriber Identity) : qui est un numéro qui identifie un abonné dans le réseau mobile, il est mémorisait dans les cartes (USIM, HLR et VLR) .Il est également attribué à l'abonné pour assurer son identification dans le PLMN, on l'utilise aussi pour la signalisation.
- MSISDN (Mobile Station International ISDN Number) : qui est un numéro qui identifie un abonné téléphonique mobile dans le plan de numérotation du réseau téléphonique public commuté.

Evidemment les mobiles UMTS ne seront plus de simples téléphones, mais des terminaux multimédias capables d'offrir simultanément des services de transmissions de données, d'audio et de vidéo en tout lieu et en tout moment.

Le domaine de l'infrastructure se compose de deux domaines :

i. Le réseau d'accès propose les fonctions permettant d'acheminer les informations (trafic de données et trafic de signalisation) depuis l'utilisateur jusqu'au réseau cœur. C'est l'UTRAN qui est utilisée pour ce domaine. Elle fournit à l'équipement usager les ressources radio et les mécanismes nécessaires pour accéder au cœur du réseau. C'est la plus importante innovation de l'UMTS (c'est une des raisons du coup élevé de sa mise en place) et nous en parlerons donc de façon plus approfondie dans la deuxième partie.

ii. Le domaine du réseau cœur regroupe les fonctions permettant, la gestion des appels, l'itinérance, la sécurité, la communication avec les réseaux externes. Il permet à l'utilisateur de communiquer à l'intérieur d'un même réseau de téléphonie mobile et assure l'interconnexion de ce dernier avec des réseaux internes ou externes, fixes ou mobiles, numériques ou analogiques. Ce réseau cœur est une évolution de ce qui existait déjà pour le GPRS.

1.2.2. Architecture fonctionnelle

Elle se modélise par strates. Ces strates définissent la façon dont les trois domaines communiquent entre eux. Cette architecture UMTS se compose de deux strates, une strate d'accès et une strate de non-accès.

a) La strate d'accès :

La strate d'accès regroupe les fonctions propres au transport de l'information entre la partie terminale mobile et le nœud du réseau cœur qui fait l'interface avec les réseaux externes.

b) La strate de non-accès :

Cette strate représente l'ensemble des protocoles qui permet l'échange d'information entre l'équipement usager et le réseau cœur indépendamment du réseau d'accès radio utilisé.

1.3. Équipement du réseau UMTS

Un réseau UMTS est divisé en deux sous réseaux : Le réseau cœur et le réseau d'accès ou l'UTRAN (UMTS terrestrial Radio Access Network).

1.3.1. L'UTRAN : la grande innovation de l'UMTS

L'UTRAN qui signifie réseau d'accès radio terrestre universel est en charge du contrôle et de la gestion des ressources radio et permet l'échange d'informations entre le terminal mobile et le réseau cœur. Dans cette partie nous allons nous focaliser sur son architecture et les innovations qu'elle apporte par rapport au GSM. L'UTRAN est composé de deux principaux constituant le RNC (Radio Network Controller) et d'un ou plusieurs nœuds B (Station de base).

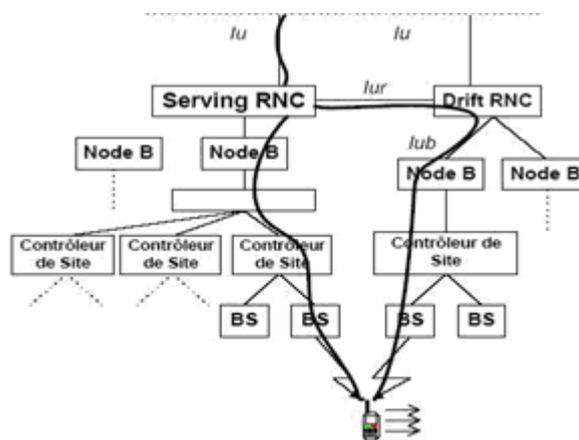


Fig.5. Architecture de l'UTRAN.

3.3.1.1. Nœud B

Le Node B est un ensemble de stations de base (BTS) et de contrôleurs de site qui sont chargés en outre de gérer la macro diversité. Chaque station de base gère une cellule. Plusieurs cellules peuvent donc dépendre d'un même node B, mais chaque cellule ne supporte qu'un seul mode de duplexage : FDD ou TDD. Son principal rôle est d'assurer les fonctions de transmission et réception radio entre l'UTRAN et l'utilisateur qui se trouve dans la cellule ou le secteur qu'il les couvre.

La fonction de ce nœud B est principalement des tâches du niveau couche physique :

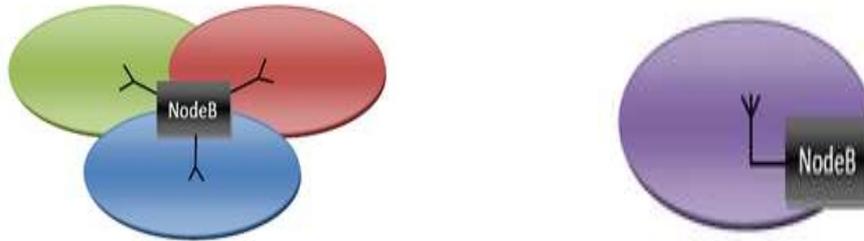
- Adaptation des données et usager, et des messages de signalisation.
- L'adaptation de débit.
- L'étalement du spectre et la modulation QPSK.

Il permet aussi :

- **Le contrôle de puissance** : la puissance d'émission de l'UE est contrôlée systématiquement afin d'assurer la qualité de services indépendamment de sa position dans le réseau. Cela permet une meilleure autonomie pour l'équipement usager ainsi qu'une limitation des interférences dans une même cellule.

- **Le handover** : (changement de canal physique lorsqu'on se déplace) le nœud B joue un rôle actif. Il envoie les mesures nécessaires au RNC pour que celui-ci détermine le besoin d'un handover. Grâce au CDMA (Code Division Multiple Access) en UMTS, plusieurs cellules adjacentes peuvent utiliser la même fréquence porteuse et donc contrairement au GSM, lors du passage d'une cellule à l'autre il n'y a plus aucune interruption de la communication. C'est ce qu'on appelle le soft-handover (en GSM c'est du hard Handover).

- **La macro diversité** : Notre UE pourra communiquer simultanément avec plusieurs nœuds B, elle permet d'augmenter significativement la qualité lors des communications et permet ce soft-handover.



Node B avec antennes sectorielles

Node B avec antenne omnidirectionnelle

Fig.6. Le Node B

1.3.1.2. RNC (Radio Network Controller)

C'est la partie intelligente de l'UTRAN. Elle est responsable de la gestion des ressources radio, de la gestion de la mobilité. Parmi ces rôles principaux, on peut citer :

-Le contrôle de puissance en boucle externe.

-Le contrôle du handover.

-L'allocation des codes CDMA.

-La combinaison, distribution des signaux provenant ou allant vers différent nœud B dans une situation de macro diversité.

Nous distinguons deux types de RNC :

➤ **Le Serving RNC** gère les connexions radios avec le mobile et sert de point de rattachement au Core Network via l'interface Iu. Il contrôle et exécute le handover.

➤ **Le Drift RNC**, sur ordre du Serving RNC, gère les ressources radios des stations de base qui dépendent de lui. Il effectue la recombinaison des liens lorsqu'une macro diversité apparaisse, c'est-à-dire plusieurs liens radios sont établis avec des stations de base qui lui sont attachées. Il route les données utilisateurs vers le Serving RNC dans le sens montant et vers ses stations de base dans le sens descendant.

Selon son rôle fonctionnel, le RNC est dénommé CRNC (Controlling), SRNC (Serving) ou DRNC (Drift). En général, un même équipement RNC peut réaliser ces trois rôles. Son rôle principal est le routage des communications entre le nœud B et le réseau cœur via les interfaces Uu, Iu, Iub et Iur.

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

-L'interface Iu : interface entre le réseau UTRAN et le réseau cœur. Cette interface doit respecter l'indépendance entre les couches de protocoles et entre le plan d'utilisateur et le plan de contrôle .Ainsi, elle permet au contrôleur radio RNC de communiquer avec le SGSN.

-L'interface Iur : Cette interface permet à deux contrôleurs radio RNC de communiquer.

-L'interface Iub : Ce protocole est utilisé pour les échanges de signalisation entre le Node B et le RNC.

Les principales innovations de l'UTRAN sont:

- L'utilisation du CDMA (Code Division Multiple Access) : Un des avantages de cette méthode d'accès est de faire appel à une procédure de macro diversité qui ne peut exister dans les systèmes de type TDMA. De plus, elle permet un débit bien supérieur à celui obtenu jusqu'à présent.

- La gestion de la mobilité indépendamment du réseau cœur rend plus efficace la gestion des ressources radio et minimise les échanges de signalisation entre le mobile et le réseau cœur.

1.3.2. Réseau cœur

Le réseau coeur de l'UMTS est devisé en 2 domaines de service.

- Le CS (Circuit Switched) domain,
- Le PS (Packet Switched) domain.

Le domaine CS est utilisé pour la téléphonie tandis que le domaine PS permet la commutation de paquets (utilisé pour les données, Internet...). Ainsi, les téléphones de 3^{ème} génération peuvent gérer simultanément une communication paquet et circuit. Cette notion de domaine permet de modéliser la notion de service dans le réseau coeur et donne la possibilité de créer ultérieurement d'autres domaines de service.

Les éléments du réseau cœur sont répartis en trois groupes, comme l'illustre la figure 7. Le domaine CS comprend le MSC, le GMSC et le VLR. Le domaine PS comprend le SGSN et le GGSN. Le dernier groupe comprend les éléments communs aux domaines PS et CS, le HLR, l'EIR, et l'AuC.

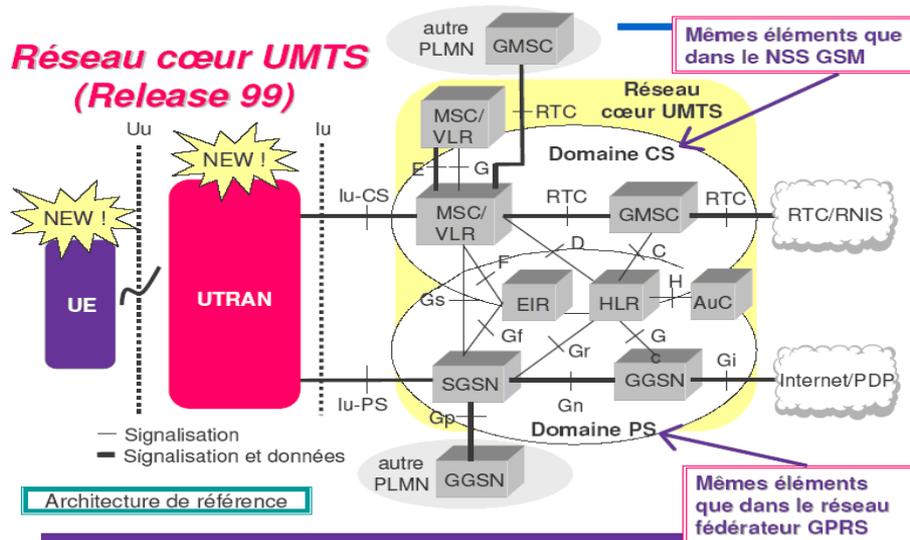


Fig.7. Réseau cœur de l'UMTS.

1.3.2.1. Domaine CS

Il comprend :

- **MSC** : (Mobile Services Switching Center) et **VLR** (Visitor Location Register) appartenant au domaine circuit, cette entité est responsable de l'acheminement des communications, le VLR est la base de données qui contient les informations des clients des services par le MSC.
- **GMSC** (Gateway MSC) : c'est le MSC qui interconnecte aux réseaux externes à commutation de circuit RTC (Réseau téléphonique commuté) RNIS (Réseau numérique et intégration de services) etc.... Il réalise donc la fonction de passerelle en plus des fonctions classiques du MSC.
- **Le VLR** (Visitor Location Register) est une base de données attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR est utilisé pour enregistrer les abonnés dans une zone géographique appelée LA (Location Area). Le VLR contient des données assez similaires à celles du HLR. Le VLR mémorise pour chaque abonné plusieurs informations telles que

l'identité temporaire du mobile (pour limiter la fraude liée à l'interception et à l'utilisation frauduleuse de l'IMSI) ou la zone de localisation (LA) courante de l'abonné.

1.3.2.2. Domaine PS

Il comprend :

- **SGSN** (Serving GPRS Support Node) : il a les mêmes fonctions que celles du MSC mais dans le domaine paquet. Ses fonctions principales sont les suivantes :

- Authentification et autorisation des utilisateurs.

- Gestion de mobilité.

- Gestion des ressources radio.

- **GGSN** (Gateway GPRS Support Node) : il fait fonction de passerelle entre le réseau UMTS et les réseaux externes à commutation de paquet (Internet, ...).

1.3. 3.Eléments communs

- **HLR** (Home Location Register) : la base de données contenant toutes les informations des abonnés (IMSI, ISMSDN, etc....)

- **AUC** (Authentication Center) : Le Auc est interconnecté avec le HLR et contient les clés, les algorithmes et les procédures utilisés pour l'authentification des clients.

- **EIR** (Equipment Identity register) : la base de données contenant les identifications des terminaux (IMEI) pour interdire l'accès au réseau pour les terminaux volés ...).

1.4. Transmission sur l'interface radio du l'UMTS

Le domaine de réseau d'accès (UTRAN) fournit à équipement usager les ressources radios et les mécanismes nécessaires pour accéder au réseau cœur. L'UTRAN fait appel à la technologie UTRA (Universel Terrestrial Radio Access). Les fréquences sont allouées selon les techniques de duplexage :

- L'UTRA /FDD deux bandes de 60MHZ dont 1920-1980 MHZ et 2110-2170MHZ.
- L'UTRA/TDD deux bandes 1900 MHZ -1920MHZ et 2010MHZ-2025MHZ avec une largeur de bande de 5MHZ.

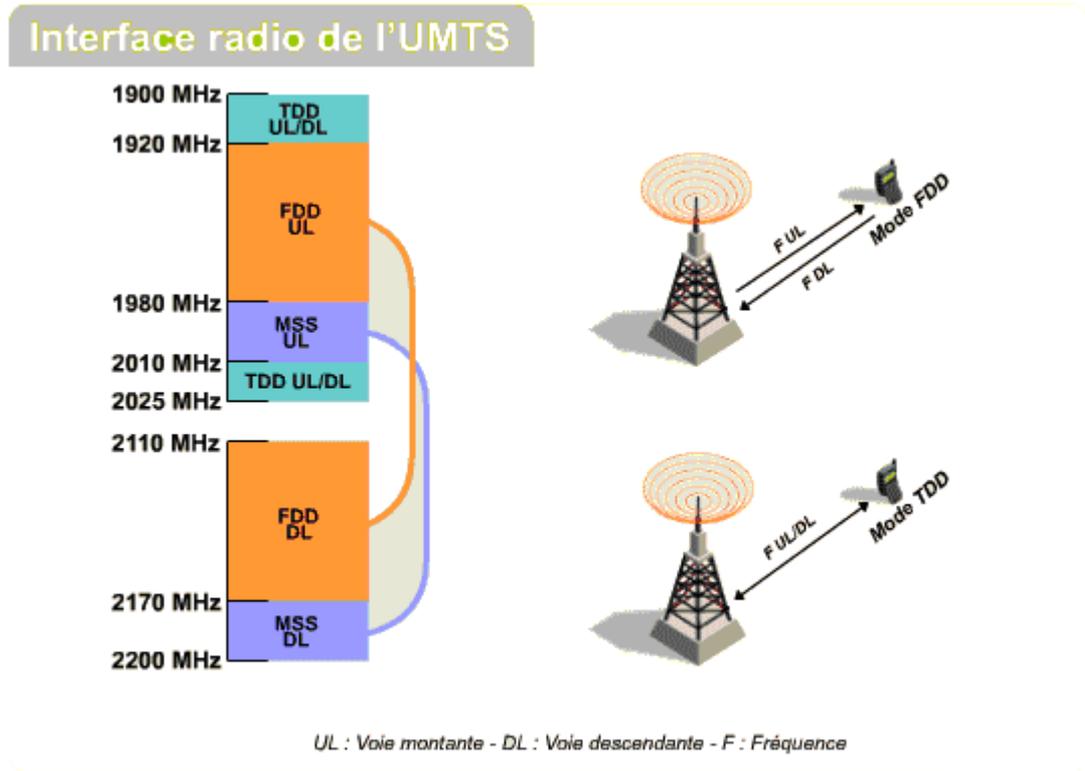


Fig.8.Utilisation de la bande de fréquences pour l'UMTS.

1.5. Interface radio de l'UMTS

L'UTRA combine deux modes d'accès, l'accès multiple à répartition de code à bande élargie (W-CDMA), et l'accès multiple à répartition des codes et dans le temps (TDCDMA) qui est une composante TDD de l'UTRA qui combine le TDMA et le CDMA. L'organisation temporelle de l'UMTS est basée sur une super trame de 720 ms, qui comportent 72 trames de 10ms. Chaque trame de 10ms est divisée en 15 slots de 0,667ms (fig 9)

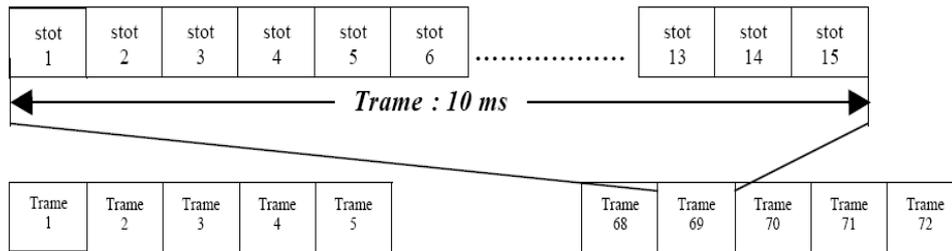


Fig.9. Structure de trame de l'UMTS.

1.5.1. Méthodes de duplexage

Au sein de l'UTRA, on distingue deux types d'interfaces Air : le FDD et le TDD. Les deux sont organisées en trame de 15 slots avec 2560 chips par slot et ont un débit de 3,84Mchips/s.

1.5.1.1. Mode FDD

Ce mode utilise deux bandes de fréquences séparées par un minimum de 190 Mhz. Ces deux bandes de fréquences sont utilisées pour une communication, l'une pour la liaison depuis le téléphone portable vers la station de base (uplink, le téléphone portable transmet) et l'autre depuis la station de base vers le téléphone portable (downlink, la station de base transmet), chaque porteuse lui associe une bande de 5Mhz. Ce mode sera employé principalement dans de grandes cellules. Il faut noter que dans le mode FDD, les équipements utilisateurs peuvent transmettre et recevoir pendant tout time slot et durant chaque trame.

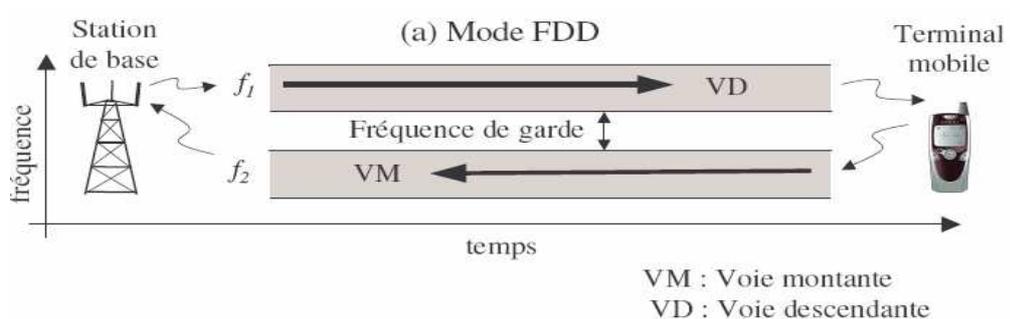


Fig.10. Le Mode de duplexage FDD.

1.5.1.2. Mode TDD

Dans le TDD, une seule fréquence est nécessaire pour établir une communication. La liaison uplink ou downlink s'opère sur la même fréquence, mais à un moment différent. Ce mode est intéressant pour accéder à l'Internet. Le mode TDD est mis en place essentiellement dans de petites cellules à l'intérieur d'immeubles.

La structure physique de l'interface radio TDD est similaire à celle du FDD : une trame est divisée en time-slot qui sont allouées dynamiquement entre les directions Uplink et Downlink. Cependant, dans toute configuration au moins un time-slot doit être alloué pour le Downlink et au moins un time-slot pour l'Uplink.

1.5.2. Techniques d'accès multiples

La bande de fréquence est une ressource rare qu'il faut utiliser et partager entre tous les utilisateurs. Il est donc nécessaire de transmettre simultanément sur un même canal le plus grand nombre de messages possibles. On fait appel aux techniques de multiplexage. On considère 3 techniques de découpage du spectre alloué, ou plus précisément du plan temps– fréquence :

1.5.2.1. FDMA (Frequency Division Multiple Access)

Le FDMA est un système d'accès multiple qui a été largement utilisé dans les systèmes analogiques actuels pour les téléphones portables et ceux des automobiles. C'est la méthode la plus ancienne. Le spectre disponible est divisé en canaux (fig.11). Chaque canal fréquentiel est assigné à un seul utilisateur simultanément. La méthode d'affectation d'un canal est alors basée sur une règle du type premier arrivé, premier servi.

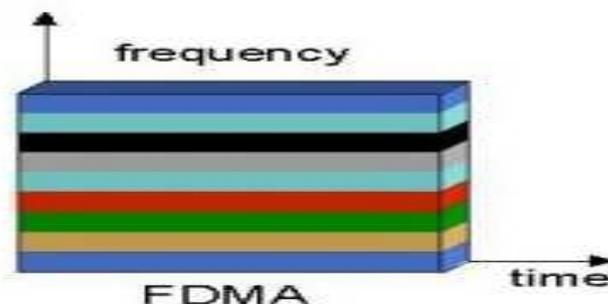


Fig.11. Méthode d'accès FDMA.

1.5.2.2. TDMA (Time Division Multiple Access)

Le TDMA est un système qui utilise une seule porteuse divisée par le temps parmi plusieurs utilisateurs. Les canaux de communications consistent essentiellement de plusieurs unités appelées Intervalle de Temps (time slots) sur un certain cycle de temps (fig.12), ce qui rend possible pour un canal à une seule fréquence d'être efficacement utilisé par plusieurs utilisateurs puisque chacun utilise un intervalle de temps différent. Par exemple le système GSM alloue un IT à 8 utilisateurs successivement sur un même canal.

Ce système est largement utilisé dans le domaine des téléphones numériques portatifs et les communications satellite mobiles.

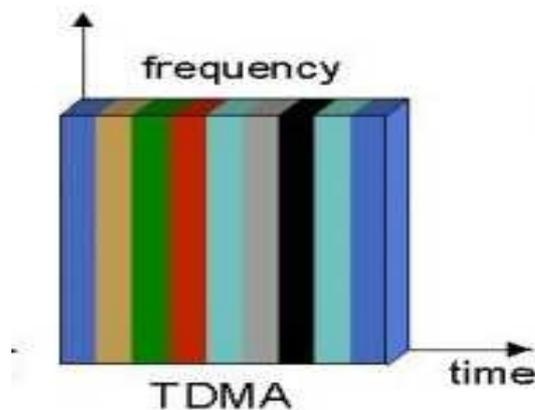


Fig.12. Méthode d'accès TDMA.

L'interface radio de l'UMTS se base sur le W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Cependant, le W-CDMA se base sur une technique plus ancienne qui est le CDMA (Code Division Multiple Access). Afin de comprendre les concepts du W-CDMA, il est important de comprendre la technique du CDMA.

1.5.2.3. CDMA (Code Division Multiple Access)

Le CDMA est utilisé dans de nombreux systèmes de communication. Il permet d'avoir plusieurs utilisateurs sur une même onde porteuse (fig.13). Les transmissions sont numérisées, dites à étalement de spectre. L'étalement du spectre rend le signal moins sensible aux fluctuations sélectives en fréquence. Le signal est ainsi transmis sur une bande de fréquences beaucoup plus large que la bande de fréquences nécessaire.

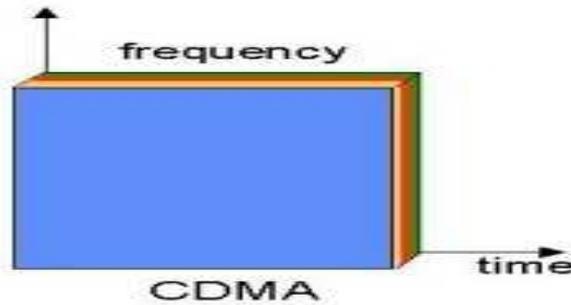


Fig.13. Méthode d'accès CDMA.

1.5.2.4. WCDMA (Wideband Code Distributed Multiple Access)

L'interface radio de l'UMTS est basée sur le WCDMA, qui elle-même la synthèse de CDMA et de FDMA, il est actuellement employé dans de nombreux systèmes de communication, permet à un grand nombre d'utilisateurs d'utiliser la même onde porteuse sans interférer les uns les autres. Il consiste à répartir l'information radioélectrique émise sur une bande de fréquences plus large que celle réellement nécessaire à la transmission du signal utile. Ce dernier apparaît alors comme un bruit et sa densité spectrale est constante sur l'intégralité de la bande occupée. Les deux modes de fonctionnement possible, W-CDMA et TD-CDMA utilisent tous les deux un accès CDMA à 3.84 M chips/sec dans une canalisation fréquentielle de 5 MHz. L'intérêt d'une telle largeur de bande qu'elle est compatible avec la fourniture de débits à 384 k bits/s.

1.5.3. Principe de l'étalement de spectre

Le W-CDMA réalise un étalement de spectre selon la méthode de répartition par séquence directe (Direct Sequence) (fig.14). Pour cela, chaque bit de l'utilisateur à transmettre est multiplié (OU exclusif) par un code pseudo aléatoire PN (Pseudo random Noise code) propre à cet utilisateur.

La séquence du code, constituée de N éléments appelés chips, est unique pour cet utilisateur, et constitue la clé de codage. Cette dernière est conservée si le symbole de donnée est égal à 1, sinon elle est inversée. La longueur L du code est appelée facteur d'étalement SF (Spreading-Factor).

Si chacun des symboles a une durée T_b , on a 1 chip toutes les T_b/N secondes. Le nouveau signal modulé a un débit N fois plus grand que le signal initialement envoyé par

- Le récepteur multiplie la totalité du signal à large bande par le même code, il extrait le bruit et garde uniquement l'information initiale qui retrouve son débit original.
- Les données des autres utilisateurs restent étalées et les brouilleurs dus au canal sont étalés.
- Plus l'étalement est important plus les interférences diminuent.

1.5.4. Codes d'étalement

Les codes d'étalement utilisés dans l'UTRAN sont deux types :

1.5.4.1. Codes OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor Code)

Chaque utilisateur possède un code, il est donc nécessaire de n'avoir aucune interférence entre ceux-ci. Pour cela, nous utilisons des codes orthogonaux dits codes OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor Code) afin de modifier le facteur d'étalement et de conserver l'orthogonalité des différents codes d'étalement.

Ces codes sont définis par un arbre OVSF où chaque nœud possède 2 fils. Les codes des 2 fils sont issus du code de leur père commun, c'est-à-dire que leur code est composé par le code du père et de son complémentaire (fig.15). L'arbre des codes OVSF ainsi créé peut être représenté sous la forme de la matrice de Hadamard.



Fig.15.Arbre des codes OVSF

L'arbre ci-dessus, nous montre la relation entre le facteur d'étalement et le nombre de codes disponibles pour un étalement donné. Il est important de savoir que le facteur d'étalement SF détermine la longueur du code.

1.5.4.2. Code d'embrouillage (Scrambling Code)

Le scrambling, réalisé par l'émetteur, permet de séparer les différents signaux d'une même station de base ou d'un même terminal sans modifier ni le débit, ni la bande passante. Cela permet d'étaler un signal par plusieurs émetteurs avec le même code d'étalement sans compromettre la détection des signaux par le récepteur. Il existe un arbre de codes d'étalement pour chaque code de scrambling, ce qui permet aux émetteurs d'utiliser leurs arbres de codes indépendamment.

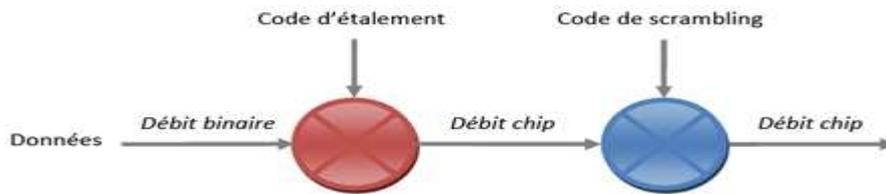


Fig. .16. Mécanisme de scrambling

Fonctionnalités	Code d'étalement	Code de scrambling
Famille de codes	OVSF	Gold
Utilisation	<p>Débit montant : Séparation des canaux de données d'un même terminal.</p> <p>Débit descendant : Séparation des connexions des différents utilisateurs d'une même cellule.</p>	<p>Débit montant : Séparation des terminaux.</p> <p>Débit descendant : Séparation des cellules.</p>

Tab.2.Fonctionnalités et caractéristiques des codes d'étalement.

1.5.5. Principales caractéristiques de WCDMA

- Accès multiple via DS-SS-SSMA (Direct Séquence CDMA).
- Deux modes pour séparer uplink et downlink :
 - o FDD(2x5 MHz).
 - o TDD (1 x 5 MHz).
- Motif de réutilisation : un pour une bande de 5 Mhz, facilité de planification.
- Possibilité de déployer plusieurs bandes 5 MHz pour extension de la capacité.
- Débits utilisateurs jusqu'à 2 Mbit/s et variables sur une connexion (par tranche de 10 ms).
- Support de handover avec le GSM (facilité de déploiement du réseau et de la couverture).

1.5.6. Avantage de W-CDMA

Le système W-CDMA apporte, par rapport aux systèmes de deuxième génération qu'il est appelé à remplacer, les avantages d'une plus grande bande passante disponible pour l'utilisateur, mais aussi l'avantage d'une plus grande souplesse dans l'allocation des ressources nécessaires et dans le déploiement du réseau.

Dès le départ, le W-CDMA a été orienté vers la transmission de données en mode paquet. Couplé avec le mode d'accès CDMA, le mode paquet permet d'établir des communications de bande passante variable, même en cours d'appel, d'établir des communications permanentes tout en ne faisant payer à l'utilisateur que les informations transmises, indépendamment de la durée de l'appel. La planification cellulaire, c'est-à-dire le choix des fréquences à mettre en œuvre dans une cellule compte tenu des cellules voisines est également une contrainte qui est grandement simplifiée, dans la mesure où ce sont les séquences de codage qui différencient les communications, et non pas les fréquences porteuses comme c'est le cas dans les systèmes FDMA et TDMA. On peut envisager d'utiliser les mêmes fréquences dans des cellules adjacentes.

Enfin, le mode TDD se prête bien à certaines applications très asymétriques, comme les requêtes à des serveurs de données et le transfert de fichiers, sans gaspillage de ressources sur la voie

Le W-CDMA est doté de nombreux avantages par rapport aux technologies utilisées dans la seconde génération (2G) de télécommunications mobiles.

1.5.7. Contraintes de WCDMA

Il existe certaines contraintes quant à l'utilisation de cette technologie.

➤ Les trajets multiples

La transmission des signaux dans un canal est caractérisée par de multiples réflexions, diffractions et atténuations du signal. Ces phénomènes sont provoqués par les obstacles rencontrés par les signaux. C'est pour cette raison que ces derniers empruntent des trajets multiples afin d'atteindre leur cible. Il en résulte que le signal réalise des temps de trajet variables en fonction du chemin emprunté ; il en est de même pour la puissance du signal qui peut varier. Le récepteur peut recevoir plusieurs fois le même signal décalé. Ce temps de décalage peut varier de 2 μ s en ville à 20 μ s dans des zones vallonnées. Il est donc impératif que le récepteur sache identifier et séparer les différentes composantes dans le but de reconstituer les données.

➤ Le fast-fading

Si des ondes empruntent plusieurs parcours ayant une différence de longueur égale à une demi-longueur d'onde (soit $(c / f) / 2 = 7\text{cm}$ à 2 GHz), elles arrivent au récepteur quasiment au même instant. Or elles sont déphasées d'une demi-longueur et ont la propriété de s'annuler mutuellement. Cette annulation de signal due aux trajets multiples est appelée fast-fading et peut intervenir lorsque le récepteur est immobile ou se déplace à faible vitesse.

Pour corriger le fast-fading, diverses solutions sont mises en oeuvre comme :

- L'utilisation de protocoles de codage, d'entrelacement et de retransmission qui ajoutent de la redondance et de la diversité temporelle au signal ; cela permet au récepteur de récupérer les données malgré les atténuations.

▪ La recombinaison de l'énergie du signal en utilisant de multiples récepteurs à corrélation, ce qu'on appelle un doigt du récepteur Rake. Chacun d'eux doit détecter les changements de phase et d'amplitude, et les corriger toutes les millisecondes au moins. Cela constitue le récepteur Rake, utilisé en CDMA : les symboles démodulés dont la phase a été éventuellement corrigée par les différents doigts du récepteur sont envoyés au décodeur pour être combinés.

➤ **L'effet near-far**

On parle d'effet near-far lorsqu'un appareil mobile émet à une puissance trop élevée qui empêche tous les autres appareils mobiles du voisinage. L'appareil mobile à forte puissance éblouit son entourage. Prenons par exemple un appareil mobile émetteur se trouvant au pied de la station de bases et d'autres appareils mobiles en périphérie dont leur puissance qui arrive au pied de la station de base sont affaiblis par la distance. Ces dernières seront masquées par le signal de l'émetteur puissant.

Pour remédier à ce problème, il est possible de mettre en place un système de contrôle de puissance. Le système de contrôle rapide en boucle fermée (Closed-loop Power Control) a été retenu pour le W-CDMA. Ce système permet à la station de base de réaliser des estimations régulières (1500 fois par seconde pour chaque mobile) du rapport signal à interférence (Signal to Interférence Radio) en les comparant avec la valeur du rapport signal à interférence du destinataire. Si l'estimation de cette valeur est supérieure à la valeur du destinataire, la station de base demande à l'appareil mobile concerné de réduire sa puissance d'émission ou de l'augmenter.

Le contrôle de puissance permet à la station de base de recevoir les signaux de même puissance. Ce mécanisme permet de prendre en compte tout type de variation d'affaiblissement.

1.5.8. Contrôle de puissance

Deux raisons principales exigent de contrôler la puissance des signaux émis par les terminaux mobiles, pour conserver l'énergie électrique le plus longtemps possible et pour réduire le bruit d'interférence sur les autres utilisateurs du réseau. En effet, un terminal est contraint de moduler la puissance de ses signaux en l'augmentant, s'il se situe en bordure de cellule, et en la diminuant, s'il se rapproche de sa station de base, réduisant ainsi sa

consommation d'énergie. Au départ, le terminal ne connaît pas sa position par rapport à la station de base. Plutôt que d'émettre un signal de façon aléatoire, il tente d'en définir la puissance.

Il considère pour cela que le lien radio est symétrique et inverse la perte due à l'atténuation. Ce mécanisme de contrôle de puissance se révèle néanmoins imprécis, car le canal radio n'est pas symétrique, et l'ajustement de puissance à partir de la boucle ouverte nécessite plus de finesse. Intervient alors la boucle fermée.

Dès que la station de base est contactée par l'utilisateur, elle estime sa distance et règle en conséquence la puissance de son signal. Elle transmet pour cela dans ses messages de contrôle un ou plusieurs bits destinés à augmenter ou à diminuer sa puissance. Lorsque la valeur de l'élément binaire est égale à 1, par exemple, le terminal augmente sa puissance d'une valeur préalablement définie, dans le cas contraire, il réduit cette valeur.

1.5.9. Types de contrôle de puissance

1. contrôle de puissance en boucle ouverte (open loop power control)

Dans le sens montant, son but est d'initialiser le niveau de puissance à transmettre par le mobile avant de rentrer en communication avec la station de base afin de compenser les phénomènes d'évanouissement.

2. Contrôle de puissance en boucle fermée (closed loop power control)

Sur le canal montant, il Ajuste la puissance du signal en se basant sur des métriques de performances de ce canal, telle que le niveau de puissance, le rapport signal sur bruit, ou le taux d'erreur binaire sur la BTS. Cette dernière prend la décision d'ajustement et communique au mobile le réglage de puissance à effectuer sur un canal de contrôle. Cette technique sert à adapter la puissance sur le canal descendant. Il est devisé en deux :

❖ Boucle interne de contrôle de puissance (intern. loop power control) a lieu dans les deux sens (voies descendante et montante).

Dans le sens montant, cette opération est réalisée 1500 fois par seconde (1500HZ) et par pas de 1db, elle permet de contrôler l'atténuation due à l'affaiblissement de parcours.

Dans le sens descendant, il est souhaitable, afin de minimiser les interférences intercellulaires, que la puissance destinée aux terminaux mobiles qui se trouvent en bordure de cellule soit la plus faible possible tout en garantissant une bonne qualité de réception .

- ❖ Boucle externe de contrôle de puissance (outer loop power control)

Les types de contrôle de puissance sont résumés dans la figure

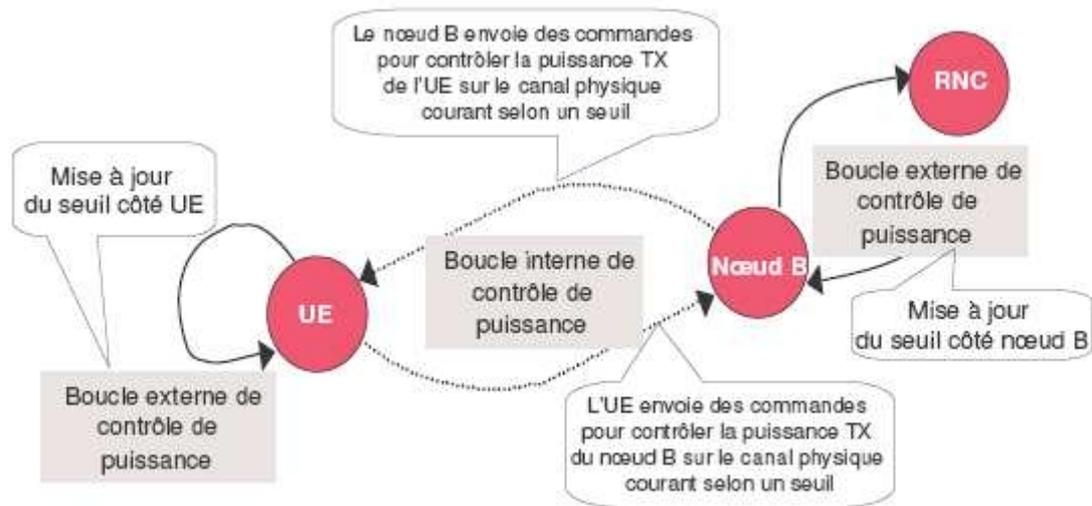


Fig.17. Types de contrôle de puissance

1. Exemple d'un contrôle de puissance rapide

Lutter contre l'effet proche lointain

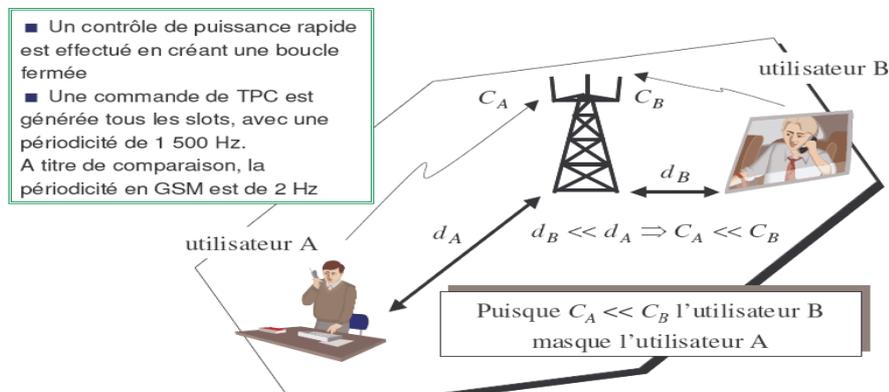


Fig.18. effet proche lointain.

1.5.10. Transfert intercellulaire

Dans un réseau cellulaire, la station de base constitue le point d'accès de toutes les communications, comme l'illustre la figure 19. C'est la station de base qui assure le rôle de serveur pour les clients se trouvant dans sa cellule. Pour initialiser un appel, le client se met en quête de la station de base qui lui offre le meilleur point d'accès au réseau. Il procède pour cela aux mesures d'un signal pilote. Ce dernier est transmis en permanence par chaque station de base.

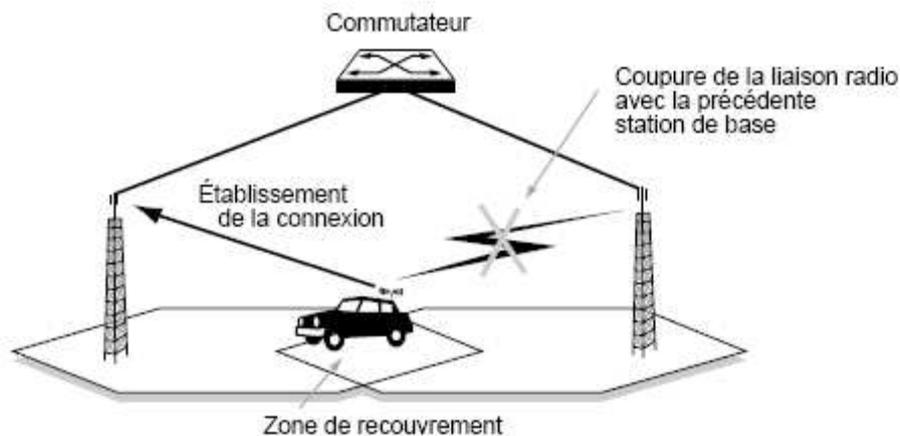


Fig.19. Le transfert intercellulaire.

Le signal reçu avec la plus forte puissance indique la station de base utilisée comme point d'accès. Lorsque l'utilisateur mobile quitte sa cellule pour entrer dans une autre, il peut être amené à s'approcher d'une station de base voisine. Pour poursuivre sa communication, cet utilisateur se voit contraint de changer de point d'accès. Il effectue alors ce que l'on appelle un transfert intercellulaire, ou handover.

1.5.11. Handover

Le handover est par définition un processus qui permet de basculer une communication en cours, d'une cellule à une autre sans que la qualité du service ne soit dégradée. On parle de handoff dans les systèmes américains, tels que l'IS95, le CDMA2000, IP Mobile, etc., et de handover dans leurs rivaux européens, tels le GSM, l'UMTS, etc.

Il existe différentes sortes de transferts intercellulaires :

- **Handover normal.** La connexion avec l'ancien point d'accès est interrompue, et une nouvelle connexion est établie avec une nouvelle station de base.

- **Handover doux (soft-handover).** À l'approche de la périphérie d'une cellule, les couvertures de deux stations de base voisines se chevauchent, et l'utilisateur distingue deux signaux forts pour sa transmission. S'il se connecte aux deux stations d'accès à la fois, on dit qu'il exécute un handover doux. Ce procédé consomme deux fois plus de ressources, mais le passage d'une cellule à une autre est confortable pour l'utilisateur.

- **Handover dur (hard-handover).** Se produit lorsque le changement de cellule s'accompagne d'une modification de la fréquence porteuse du signal. Le handover n'est pas forcément synonyme de changement de fréquence, et il est possible de faire un handover sur la même fréquence en changeant uniquement le slot.

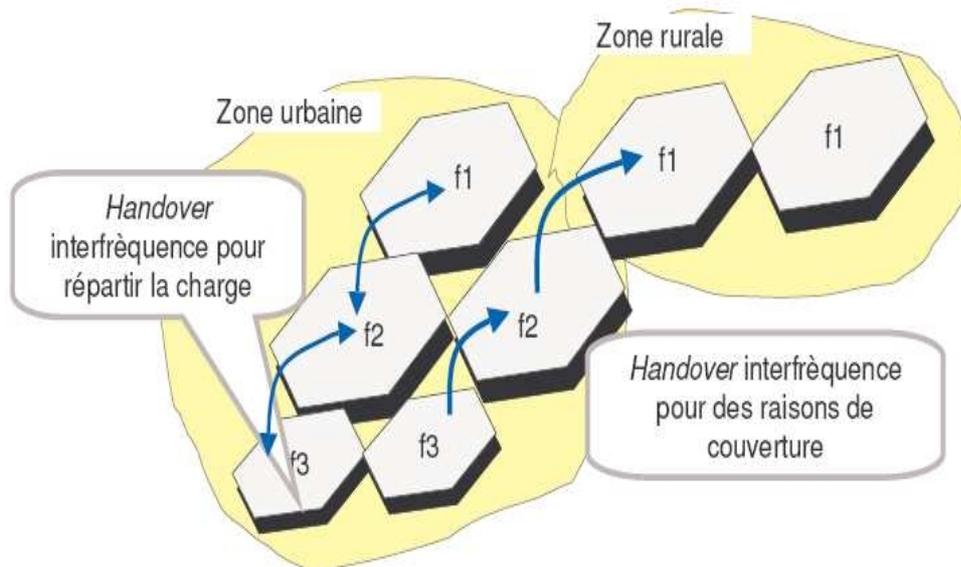


Fig. 20. Hard-handover inter fréquence.

- **le handover inter fréquence**, lorsque le mobile passe dans une cellule où les fréquences sont différentes de celles qu'il quitte.

- **le handover intersystème**, quand le mobile change de système. par exemple, pour quitter une plaque UMTS et entrer dans une plaque GSM, ou plus simplement pour passer du mode FDD au mode TDD.

- **Handover analogique :** Dans certains pays, tels que les États-Unis, les systèmes analogiques de première génération sont toujours opérationnels et cohabitent avec ceux

entièrement numériques. Un abonné de la deuxième génération peut donc traverser une cellule dotée d'une transmission numérique pour se rendre dans une zone couverte par un système analogique. Si les deux systèmes l'acceptent, et que son terminal le permette, l'abonné exécute un handover analogique pour assurer la poursuite de la connexion.

- **Handover souple (smooth-handover).** Ce type de handover est propre aux réseaux TCP/IP, dans lesquels le transport de l'information se fait par paquets indépendants. Dans ce type de réseau, un handover normal pourrait provoquer la perte de paquets lors de la coupure du lien précédent. Plus on réduit le nombre de paquets perdus, plus le handover devient souple.

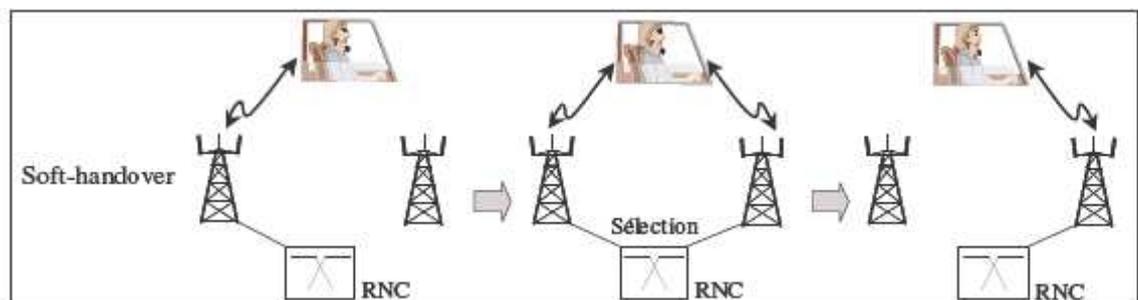


Fig.21. Soft-handover.

1.5.12. Modulation utilisée dans l'UMTS

1.5.12.1. Modulation

La modulation a pour but d'adapter au support de transmission un signal numérique composé d'éléments binaires.

1.5.12.2. Modulation numérique

QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying) est une technique de modulation de phase, utilisée sur les réseaux câblés, elle est très efficace pour limiter le bruit (perturbation du signal). QPSK est également utilisée pour le système mobile de la troisième génération.

QSPK soit «modulation par sauts de phase, en quadrature» est une forme de modulation dans laquelle une porteuse est transmise selon quatre phases, de 45, 135, 225,

et 315 degrés. Les quatre angles sont habituellement en décalage de phase de 90° , elle est largement utilisée et présente de grandes qualités lorsque le support de transmission est bruité en gardant une bonne efficacité spectrale. Souvent connues sous le nom de 4PSK ou QPSK, cette modulation utilise un schéma de constellation à quatre points, à équidistance autour d'un cercle (figure 22).

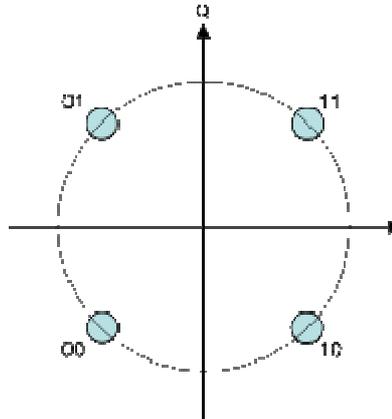


Fig.22. schéma de constellation pour QPSK.

Bien que le QPSK est vu comme une modulation en quadrature, il est aussi simple de le considérer comme deux modulations indépendantes. Avec cette interprétation, les bits pairs ou impairs sont utilisés pour moduler la composante In-Phase (I), tandis que les bits impairs ou pairs sont utilisés pour la Quadrature phase (Q). L'écriture des symboles liés au schéma de constellation en terme de composantes sinus et cosinus est représentée par $(\)$:

Donc, les quatre valeurs de phases suivantes sont $\pi/4$, $3\pi/4$, $5\pi/4$ et $7\pi/4$

Le schéma ci-dessous représente la structure et les composantes principales de la transmission d'un signal modulé par QPSK.

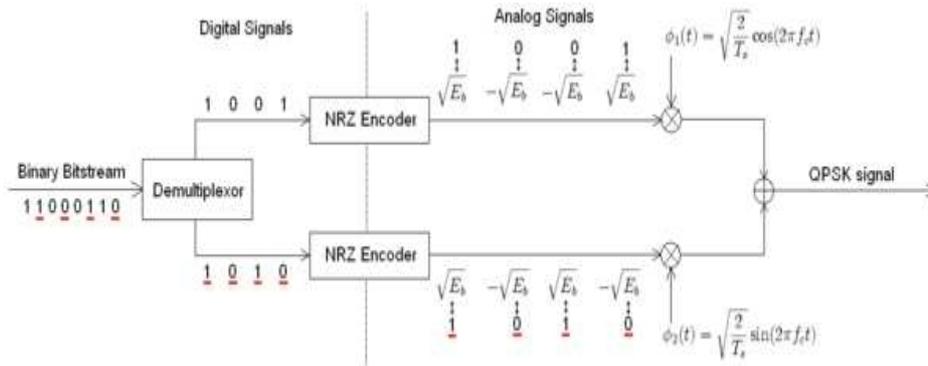


Fig. 23. Schéma de principe de la transmission du signal QPSK.

Le train binaire entrant est partagé entre les composantes In-phase et Quadrature, les trains de bits sortant du démultiplexeur sont modulés séparément à l'aide d'une fonction de base orthogonale. Dans cette implémentation, deux sinusoides sont utilisées. Par la suite, les deux signaux ainsi obtenus sont recombinaés pour former le signal QPSK. Les encodeurs ne retournent pas de polarité à bit 0 (NRZ). Ceux-ci peuvent être placés devant la source de données binaires, mais ici, ils sont disposés après pour illustrer conceptuellement la différence entre les signaux numériques et analogiques contribuant à la modulation numérique.

Discussion

Ce chapitre a été l'objet de la présentation des techniques de multiplexage. En effet, nous avons montré dans un premier temps les techniques de multiplexage par fréquence et par temps. Cependant, ces techniques présentent l'inconvénient de limiter le nombre d'utilisateurs. Ceci a donné naissance aux autres techniques telles que CDMA et WCDMA. Dans un second temps, nous avons mis en évidence l'apport de ces techniques sur le réseau UMTS. En effet, elles permettent à un grand nombre d'utilisateurs d'accéder au réseau.

Chapitre III

Les services et les applications de l'UMTS

Préambule

Grâce à sa vitesse accrue de transmission de données, l'UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) ouvre la porte à des applications et services nouveaux. L'UMTS permet en particulier de transférer dans des temps relativement courts des contenus multimédia tels que les images, les sons et la vidéo.

1. Services offerts par l'UMTS

Cette figure illustre les différents services proposés à l'utilisateur par le réseau UMTS.

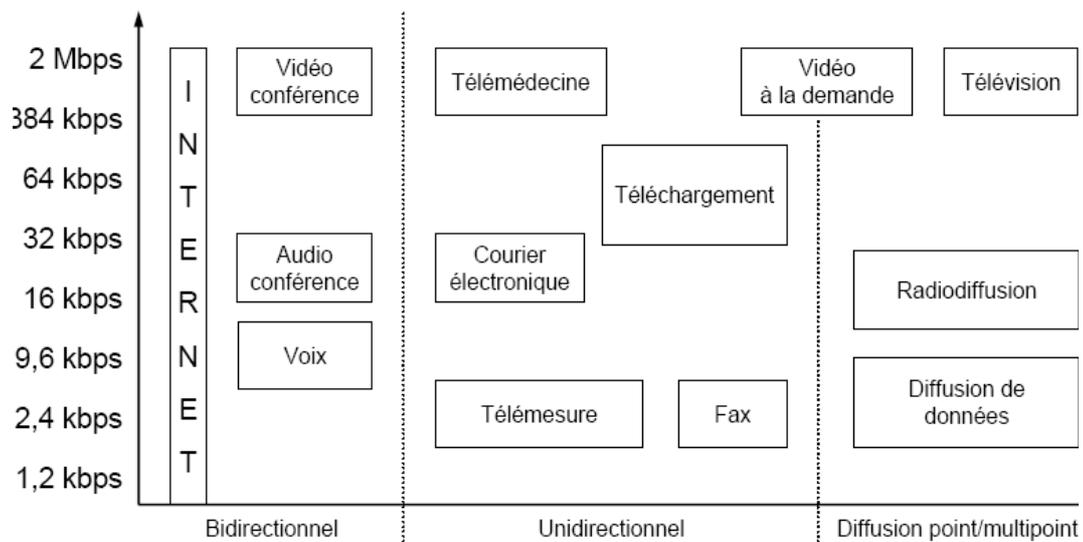


Fig.1. Les services de l'UMTS.

2. Qualité de service

Du fait de la place très large occupée par les systèmes de deuxième génération, l'arrivée d'un nouveau système ne peut pas ignorer les services offerts par son précédent. Ainsi, une certaine compatibilité est assurée entre l'offre de services sur un réseau GSM et l'offre sur un réseau UMTS.

Ce qui est nouveau, par contre, c'est la définition de classes de qualité de services et la négociation de la qualité de service (QOS : quality of service). Non seulement les services proposés sont rangés dans des classes de qualité en fonction des paramètres importants de leur fourniture, comme le temps de transfert acceptable, par exemple, mais la qualité de service peut varier en fonction des ressources radio disponibles, de la couverture radioélectrique du lieu, etc.

2.1. Classes de qualité de service

Afin de couvrir l'ensemble des besoins présents et futurs des services envisagés pour l'UMTS, quatre classes ont été définies afin de regrouper les services en fonction de leurs contraintes respectives. Les principales contraintes retenues pour la définition des classes de services de l'UMTS sont les suivantes :

- Le délai de transfert de l'information.
- La variation du délai de transfert des informations.
- La tolérance aux erreurs de transmission.

2.2. Délai de transfert de l'information

Le délai de transfert de l'information est particulièrement important pour des applications interactives à forte contrainte temps réel (par exemple, la téléphonie classique ou encore la visiophonie). Une dégradation, même faible (quelques centaines de millisecondes), du délai de transfert devient rapidement insupportable pour l'utilisateur (c'est en général le cas des liaisons téléphoniques par satellite). En revanche, il est de peu d'importance pour tous les services basés sur Internet (navigation, commerce électronique, etc.), pour lesquels les usagers s'accrochent très bien de temps de réponse de l'ordre de la seconde.

2.3. Variation du délai de transfert des informations

La variation du délai de transfert d'information est également critique pour les applications à contraintes temps réels, où il est important que le délai entre les paquets d'information soit fidèlement restitué entre la source et le terminal de réception. Dans le cas de la téléphonie classique, des ressources spécifiques ayant un débit constant sont allouées à la communication, en conséquence, le délai de transfert subit peu de variation.

2.4. La tolérance aux erreurs de transmission

La tolérance aux erreurs de transmission est un facteur important pour les applications de transmission de données. Ces applications (comme le téléchargement de fichiers, les transactions bancaires ou encore le commerce électronique) requièrent en effet que l'information soit fidèlement transmise par le réseau de transmission. Ce n'est pas le cas des applications de type téléphonie classique, qui peuvent accepter des taux d'erreurs bien supérieurs. La perception humaine est en effet assez tolérante aux erreurs de transmission sur les applications de téléphonie.

Les quatre classes de services définies dans le cadre de l'UMTS peuvent se répartir en deux groupes :

- Les classes A (ou **conversational**) et B (ou **streaming**) pour les applications à contraintes temps réels.
- Les classes C (ou **interactive**) et D (ou **background**) pour les applications dues aux erreurs de transmission.

2.4.1. Classe A : mode conversation (conversational)

Classe A regroupe les applications en mode phonie et visiophonie, c'est-à-dire les conversations entre deux ou plusieurs personnes pour ces applications.

L'application la plus connue de la classe A est le service voix sur un service support circuit, les communications vocales sont caractérisées par le fait que le temps de transfert doit être faible et que le trafic entre les deux utilisateurs est symétrique. Le temps de transfert maximal a été fixé par certaines évaluations, forcément subjectives, à 400ms.

2.4.1.1. Visiophone de poche



Fig.2.La visiophone

- Les terminaux portables de la 3G seront dotés d'une sorte de mini-écran de télévision permettant de voir l'interlocuteur avec lequel on dialogue (figure 2).
- La possibilité de faire des vidéos conférences.

2.4.1.2. Le marché des jeux ordinateurs



- Il s'agit ici de la possibilité de télécharger des jeux sur le portable mais aussi de jouer en réseau avec des utilisateurs se trouvant à n'importe quel point de la terre (figure3).

Fig. 3. Le téléchargement des jeux.

2.4.2. Classe B : mode flux de données (streaming)

La classe B est la classe des applications asymétriques correspondant à une communication entre un utilisateur et un serveur. Principalement, l'utilisateur interroge le serveur par une requête limitée en quantité d'information et en débit, le serveur transmettant au contraire une quantité importante d'information, si possible à un débit élevé. Par rapport à la classe A, le retard dans le transfert des données peut être plus important sans que la qualité de service perçue par l'utilisateur en soit affectée.

Exemple : des services de la classe B sont la vidéo à la demande, la diffusion de programmes musicaux ou des transferts d'images (figure 4).

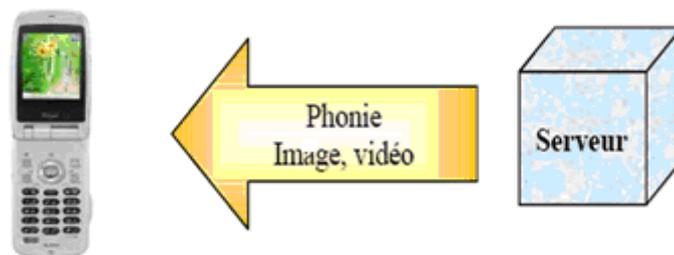


Fig. 4. Les services de la classe B.

2.4.3. Classe C : mode interactif (interactive)

Comme pour la classe B, les services de classe C impliquent un utilisateur et un serveur mais cette fois, le dialogue est interactif et il s'agit d'un serveur de données ou

d'applications informatiques, comme des pages Internet, par exemple. L'absence de signaux de parole ou vidéo conduit à relâcher la contrainte sur la transmission en temps réel.

La réponse à la demande de l'utilisateur doit juste lui parvenir dans un délai psychologiquement acceptable. Par contre, s'agissant de fichiers informatiques, il est essentiel que l'information ne soit pas altérée par la qualité de la transmission.

2.4.3.1. Accès à l'Intranet



Fig.5. Accès à l'Intranet.

- La possibilité pour un utilisateur, à un point quelconque du globe de rester en liaison avec le réseau informatique de la société pour laquelle il travaille (figure 5).

2.4.3.2. Accès à Internet



Fig.6. Accès à Internet.

- Un tel service n'est pas absolument nouveau sur le marché des téléphones portables. Mais ici la différence essentielle sera dans la rapidité et le débit nettement augmentée des la transmission des données (figure6).

2.4.3.4. Services basés sur la localisation

Les services offerts aux usagers en fonction de leur localisation semblent prometteurs pour l'UMTS car ils apportent une vraie nouveauté par rapport aux systèmes existant, dans

un domaine qui est directement lié à la mobilité, et répondent à une attente à peu près certains. On distingue des services de type **push** et de type **pull** :

- **Type push** : le terminal reçoit automatiquement des informations de localisation.
- **Type pull** : le terminal demande sa localisation au réseau.

Méthodes de localisation : ils existent trois méthodes de localisation dans l'UMTS :

- Localisation au niveau de la cellule.
- Méthode OTDOA-IPDL (Observed Time Difference Of Arrival-Idle Period Downlink).
- Localisation par GPS (Global Positioning System).

Toutes ces méthodes ne donnent pas la même précision et ne sont donc pas équivalentes en fonction de l'application envisagée [5].

2.4.3.5. Localisation au niveau de la cellule

Par exemple, ne donne pas le même résultat dans une zone très dense, ou le rayon de la cellule peut descendre à une centaine de mètres et à la campagne où il peut atteindre une dizaine de Kilomètres.

2.4.3.6. Position du mobile

Doit pouvoir être transmise dans un format standard comme par exemple des coordonnées géographiques, à l'abonné, à son mobile, à l'opérateur de réseau, au fournisseur de services, ou pour des applications internes à la gestion du réseau mobile. La précision de la localisation fait partie des paramètres négociables de qualité de service.

Pour les appels d'urgence, le service doit non seulement localiser le mobile appelant, peut-être en mode automatique, mais aussi acheminer l'appel vers le centre de secours compétent compte tenu de l'emplacement trouvé.

Exemple : Aux Etat-Unis, tous les mobiles de l'UMTS devraient être capables de supporter un service de localisation, avec une précision de 50m à 300m selon la méthode

retenue. Comme un réseau GSM, un réseau UMTS accepte les appels d'urgence d'un mobile non autorisé, par exemple s'il n'est pas équipé de carte USIM.

Exemple : les services de la classe C sont, entre autres, la navigation sur Internet, le transfert de messages électroniques (figure 7)....

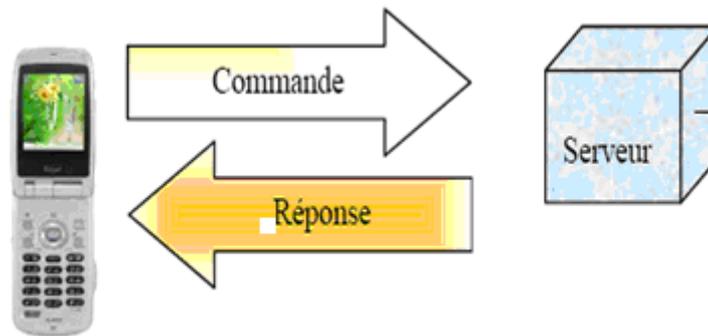


Fig.7.La classe C

2.4.4. Classe D : mode tache de fond (background)

La classe D est similaire à la classe C mais les informations transmises ont un moindre degré de priorité. Le délai de transmission peut être plus long.

Exemple : les applications de la classe D sont : le transfert de fax, la notification de message électronique ou la messagerie de type SMS (figure 8).

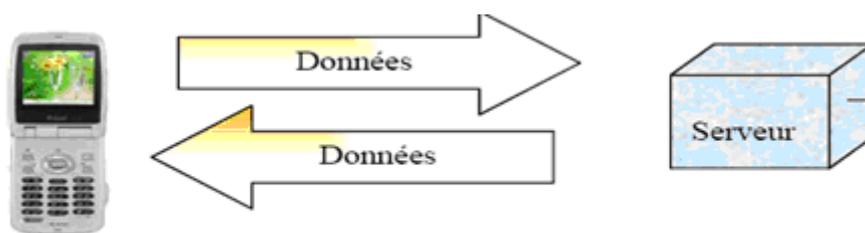


Fig.8.La classe D.

Le but de ces classes de services (figure 9) est de permettre au réseau UMTS (en particulier à la partie sans fil du chemin de transmission) d'allouer des ressources et de protéger les données transmises en fonction du service demandé par l'utilisateur. Ceci est particulièrement important dans le cadre de l'UMTS, ou l'UTRAN (le réseau d'accès de l'UMTS) dispose s'une flexibilité par rapport aux réseaux de 2eme génération comme le

GSM. Comme nous verrons plus loin, le réseau d'accès se comporte comme un prestataire de services vis-à-vis du réseau coeur. Les ressources radio sont allouées en fonction des paramètres des demandes du réseau coeur. La classe de services est un des paramètres.

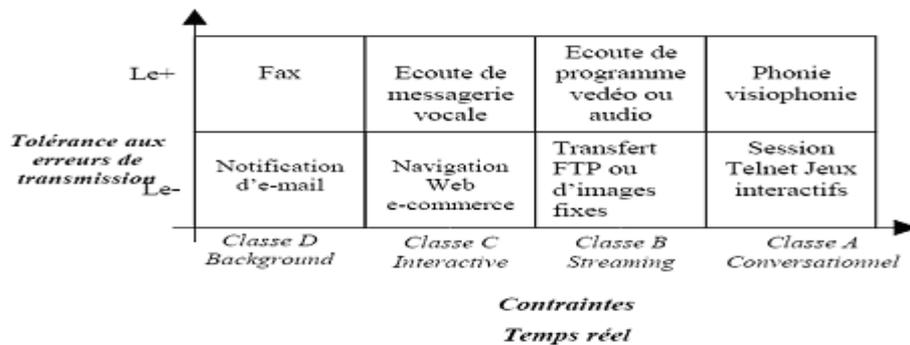


Fig. 9.Classes de services

2.4.5. Services en mode circuit

L'évolution des services fournis en mode circuit se fait à partir des services déjà fournis sur un réseau GSM. Le découpage en téléservices, services supports et services supplémentaires est conservé pour les téléservices, une nouvelle définition des attributs a été introduite par le 3GPP (3rd génération partnership projet), afin de pouvoir écrire des services plus évolués. Ces attributs sont groupés en :

- Attributs de haut niveau.
- Attributs de bas niveau, ces derniers décrivant les capacités de transport qui supportent les téléservices, attributs de transfert l'information et attributs d'accès.
- Attributs généraux.

Les téléservices, seuls services comprenant des attributs de haut niveau, sont regroupés en catégories, selon leur attribut dominant, ceci est le type d'information de l'usage :

Parole :

- Transmission de parole (téléphonie, appels d'urgence) ;

Message court :

UMTS peut être assuré en mode circuit ou en mode paquet.

- Point à point (origine mobile, origine réseau) : la longueur des messages est limitée à 160 caractères.
- Diffusé dans une cellule : les messages diffusés dans une aire géographique prédéfinie ensemble limité de cellules, sont toujours diffusés par le réseau à destination de mobiles et comportent au plus 93 caractères.

Fac similé : transmission de fax (en alternance avec la parole, automatique).

Par rapport à un réseau GSM, l'UMTS permet un enrichissement des services qui va se traduire par une plus grande rapidité d'accès, la plus grande qualité d'informations transmises ou une meilleure qualité. L'apparition dès le déploiement des réseaux GSM/GPRS (Général Packet Radio Service) de services en mode paquet et la généralisation de ce mode de transmission dans les réseaux UMTS, va conduire au maintien du mode circuit pour les services qui nécessitent une quasi-instantanéité de la transmission, comme les services vocaux dans leur ensemble. Les services de données qui nécessitent une transmission en mode circuit bénéficieront d'un débit pouvant atteindre 384kbit/s, équivalent à l'évolution EDGE du GSM.

2.4.6. Services en mode paquet

Le GPRS, étape intermédiaire entre le GSM traditionnel et l'UMTS, qui a introduit le mode paquet sur la voie radio, mais l'UMTS fait de ce mode de transmission des données, son mode principal. En mode paquet UMTS, un débit de 2Mbit/s pour un usager peut être atteint. Il est vraisemblable que ce sont les services appartenant aux **classes C et D (interactif et background)** qui feront le plus appel à la transmission en mode paquet, même s'il n'y a pas d'exclusivité en ce domaine. En effet, une des caractéristiques de la transmission en mode paquet est la possibilité de transmission différée de l'information, soit due à des mécanismes de mise en file d'attente, soit pour cause de réémission de paquets erronés.

Les services de données en mode paquet tolèrent des délais de transmission bien supérieurs aux services en temps réel. Cela est bien adapté aux services de **classe C (interactif)**, où l'utilisateur attend une réponse dans un délai raisonnable, ainsi qu'aux services

de **classe D (background)**, où la transmission peut se faire lorsque l'interface radio est libre. Les paquets peuvent être retransmis, ce qui permet de tolérer au moins une bonne qualité de la transmission et un taux d'erreur plus élevé qu'en mode circuit.

Il est bien possible de transmettre des services en temps réel en mode paquet, comme par exemple la transmission de la voix sur le protocole Internet. Cela ne fait pas l'objet pour le moment d'une spécification UMTS particulière, mais doit être assimilé à des transmissions « voix sur IP » telles qu'elles commencent à exister sur l'Internet filaire.

2.4.7. Capacités de service et classes de terminal

En WCDMA, le principe de classe de terminal (terminal class mark), utilisé en GSM, n'est pas employé. Les terminaux WCDMA doivent transmettre au réseau, à l'établissement de la connexion, un ensemble de paramètres indiquant leurs capacités d'accès radio. Ces capacités déterminent, par exemple, le débit utilisateur maximal supporté en fonction de la configuration radio, donné de façon indépendante pour le sens montant et le sens descendant. Afin de faciliter le choix des capacités à appliquer lors de l'établissement d'une connexion, des combinaisons de référence de capacités d'accès radio ont été définies dans les spécifications du 3GPP, on parle alors des classes suivantes :

Classe 32 Kbit/s : cette classe a été prévue pour fournir un service voix de base, aussi bien que des services de données d'un débit allant jusqu'à 32kbit/s.

Classe 64 Kbit/s : cette classe permet de fournir des services voix et données simultanément.

Classe 144 Kbit/s : cette classe donne les possibilités de fournir, par exemple, un service de vidéotéléphone ou d'autres services de données.

Classe 384 Kbit/s : cette classe peut être considérée comme une amélioration de la classe 144 Kbit/s qui permet de supporter des méthodes évoluées de transfert de données par paquet.

Classe 768 Kbit/s : cette classe a été définie comme une classe intermédiaire entre les classes 384 Kbit/s et 2 Mbit/s.

Classe 2 Mbit/s : cette classe s'applique uniquement pour le sens descendant.

Ces classes ont été définies de telle façon qu'une classe d'un niveau donné comporte toutes les propriétés et les capacités des classes de niveau inférieur.

2.5. Applications offerts par l'UMTS

Les langues de signe sont des langues visuelles, ils sont les langages naturels qui sont utilisés par beaucoup de personnes sourdes dans le monde entier, les langues de signe de l'Europe peuvent être caractérisés par le manuel (l'orientation manuelle, l'emplacement, le mouvement) et le non manuel (la tête, le regard fixe, l'expression de visage, la bouche) des paramètres, les systèmes pour stocker et transmettre la langue de signe ont commencé à se développer.

Cette section décrit la WISDOM (Wireless Information Service for Deaf People on the move) qu'est illustré par la figure 10, qui permettra au peuple (aux gens) sourd de communiquer sur une distance avec leurs langue propre la langue de signe. Le service complémentaire comprend parmi d'autres un serveur vidéo de l'information, qui peut être contrôlé dans leur langue propre.

La direction sera comprise par l'identification de langue de signe automatique, qui est plutôt un nouveau secteur de recherche. Le système d'identification se sert de procédures connues de la vision de machine et la reconnaissance de la parole.

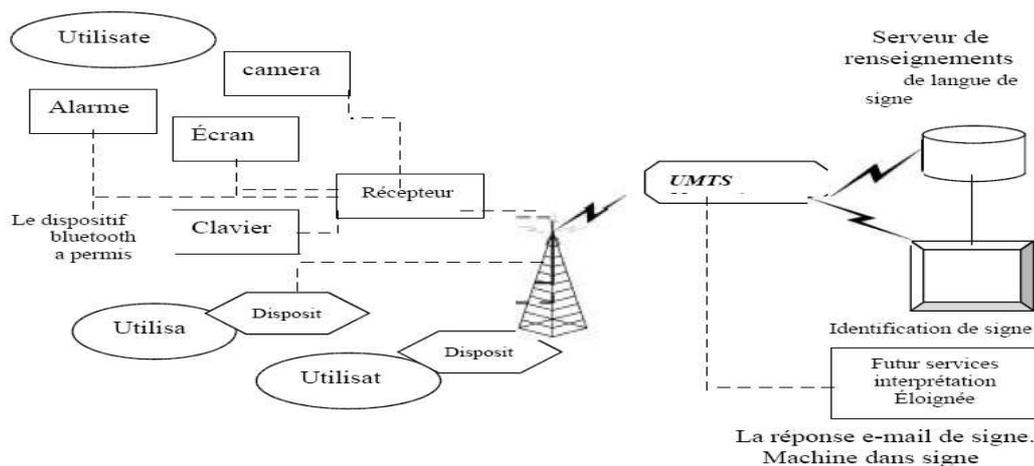


Fig.10.vue d'ensemble de Système WISDOM

La section suivante présentera l'idée générale du terminal de WISDOM aussi bien que d'une approche avancée de la partie d'identification de langue de signe automatique.

2.5.1. WISDOM: Wireless Information Service for Deaf People on the move

La WISDOM comprendra un dispositif de télécommunication vidéo mobile pour le peuple sourd avec l'accès à un serveur vidéo par des menus de texte/graphique et directement par l'identification de langue de signe. Des caractéristiques de conception spécifiques pour les gens sourd et âgé seront incluses.

Les procès (essais) seront conduits avec l'interprétation éloignée, pour la première fois, les gens sourd seront capables de communiquer n'importe où avec d'autre gens à une distance et dans leur langue propre, n'importe où, n'importe quand.

2.5.2. Architecture de Système et Services Projetés

La WISDOM développera et évaluera un dispositif de communication vidéo pour les gens sourd pour l'utilisation dans le réseau UMTS.

La Figure 11 illustre l'application possible du terminal de WISDOM :

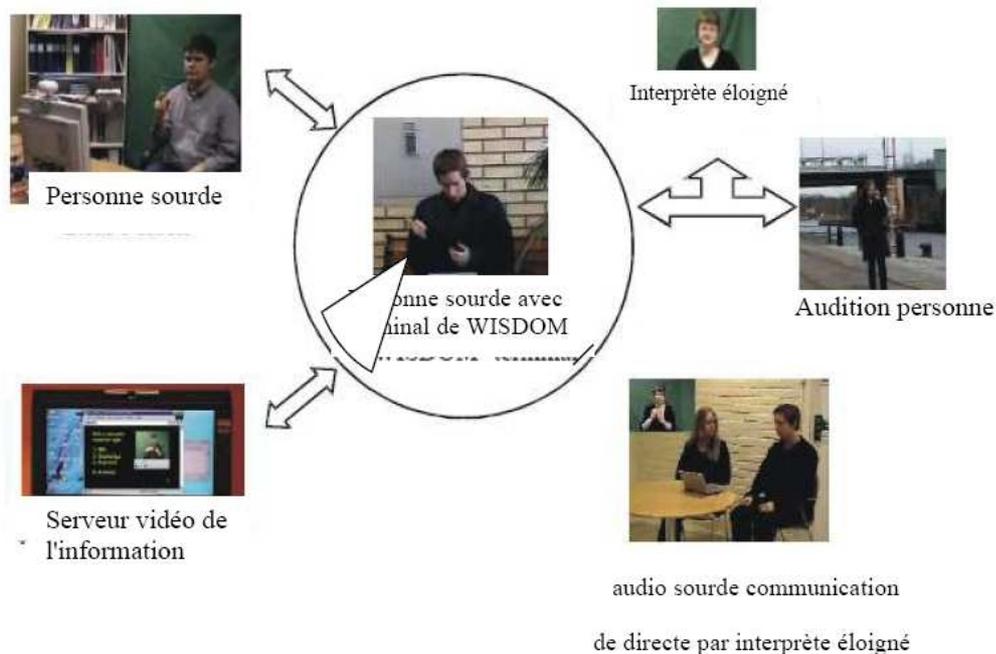


Fig.11.application de terminal WISDOM

- a. Une caméra vidéo pour envoyer l'utilisateur signe la langue.
- b. Un clavier de poche pour l'interface de texte, l'accès à Internet et intégrer des communications de texte/vidéo.
- c- Un dispositif alerte innovateur pour appels entrants Vibrateur de poignet.
- d- Un UMTS avec Bluetooth a permis des systèmes pour la capture vidéo, la compression, l'entrée de texte et l'identification de signe.

L'intégration de tous les composants sera achevée pour fournir des unités d'essai, pour le laboratoire qui travaille sur le terrain. Des services différents, particulièrement pour les besoins du peuple sourd seront aussi inclus pendant la période de projet. Les services sont comme suit :

- Créez à un service vidéo de l'information pour le peuple sourd en mouvement leur permettant d'atteindre des sources de l'information en mode interactif de n'importe quelle partie du réseau et partout en Europe.
- Fournissez l'accès au service de l'information et aux services de secours par l'identification de langue de signe par une interface utilisateur au serveur vidéo, activé directement par la signature des utilisateurs.
- Fournissez l'accès à la voix téléphone aux utilisateurs par un service de relais vidéo avec des interprètes de langue de signe fournissant la traduction fluide (facile) dans un appel.
- Développez un service et une qualité de modèle de service pour les opérateurs de réseau qui soutiendront des événements futurs.

L'idée principale de WISDOM est qu'une personne sourde avec un visiophone fixe peut communiquer par le terminal de WISDOM avec une personne en mouvement.

Par un interprète éloigné, il est aussi possible de communiquer avec une personne d'audition. Cela pourrait être l'un ou l'autre un appel de distance ou une communication face à face .Une deuxième possibilité et un mode plus facile à utiliser pour le peuple sourd feront par la langue de signe. Pour faire ainsi, un système d'identification de langue automatique fait partie de la WISDOM, qui montre actuellement la bonne exécution.

2.5.3. Télé échographie

Les ultrasons échographie sont une utilisation facile populaire, la méthode non envahissante pour des examens ordinaires à l'hôpital dans des fixations diagnostiques différentes, le manque de ces appareils dans certain hôpitaux provoque un inconvénient majeur, avec la nouvelle technologie de communication, un portable qui contient entièrement une carte télé échographie assurant une bonne qualité d'image, ce système qui apportera aux groupes de population les soins nécessaires. Les operateurs proposent une solution de communication mobile UMTS pour fournir le service médical.

2.6. Mobile UMTS

Différents prototypes sont actuellement en cours de finalisation chez les constructeurs, on remarque déjà quelques points communs :

- ♦ Présence d'une oreillette détachable (lien sans fil type Bluetooth) pour permettre d'entendre parler tout en regardant l'écran de l'appareil.
- ♦ La plupart possèdent une caméra orientable.
- ♦ L'interface avec les applications vocales.

La figure 11 illustre l'un des modèles de mobile UMTS.



Fig. 12.Exemple de mobile UMTS (Matériels – Motorola).

Discussion

Dans ce chapitre, nous avons présenté brièvement le réseau l'UMTS en termes de services .Bien évidemment, la liste que nous venons de voir n'est pas achevée mais elle donne un bon aperçu de ce que nous devons voir apparaître dans les années à venir. Nous avons aussi présenté l'idée générale de WISDOM, une 3ème Génération mobile pour le peuple sourd. Ainsi que les domaines qui utilisent cette technologie.



Chapitre IV

Préambule

La troisième génération est un ensemble de technologies développées dans le but de faire évoluer les systèmes cellulaires actuels de deuxième génération, tout en termes de capacité et de couverture ainsi que la qualité de services. Malgré le succès de ces réseaux cellulaires, un problème important apparaissait lorsque le nombre d'utilisateurs augmentait car ceux-ci avaient tendance à être plutôt regroupés dans les zones urbaines à fortes densités de trafic et cela affectait inévitablement la capacité en terme de nombre d'utilisateurs de cette région.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différentes causes d'interférences ainsi que l'apport de l'ajout de nouvelles porteuses sur la capacité et la couverture du réseau UMTS.

1. Définition de la porteuse

C'est un signal sinusoïdal de fréquence et d'amplitude constante, elle est modulée par les signaux utiles (audio, vidéo, données) en vue, soit de sa diffusion au moyen d'un émetteur, soit de son intégration au sein d'autres signaux.

Exemple : la fréquence porteuse est dans la gamme 900 MHz (le cas du système GSM900), elle s'étend de 872 à 960 MHz. Par contre dans le système GSM 1800, la fréquence porteuse est dans la gamme de 1800 MHz elle s'étend de 1710 à 1875 MHz.

2. Définition des multiporteuses

C'est un signal destiné à être transmis aux récepteurs numériques, en particulier dans un cadre non stationnaire de canal de transmission, ce qui correspond à la fréquence de multiplexage de plusieurs transporteurs élémentaires correspondant chacune à une série de symboles.

3. Différents types d'interférences

Dans le système UMTS, la diminution des performances de la partie radio est due aux différents types d'interférences :

3.1. Interférences due à la sélectivité en fréquences

Elles se traduisent par la capacité de la fonction de transfert du canal à laisser passer certaines fréquences et à couper d'autres.

3.2. Interférences dues à la sélectivité en temps

La sélectivité en temps du canal est intimement liée à la modification d'un des émetteurs, d'un des récepteurs ou de l'environnement proche.

3.3. Interférences intracellulaires

De par la structure cellulaire du réseau de communication et la multitude d'échanges simultanés de données possibles, des interférences peuvent être générées entre les signaux transmis, les perturbations appelées interférences "intracellulaires" (ou MAI pour "Multiple Access Interférence" en anglais) sont produites entre deux signaux reçus ou transmis par une même station de base (c'est-à-dire que le transfert de données a lieu dans une même cellule géographique).

3.4. Interférences intercellulaires

Dans le sens montant, l'interférence intercellulaire représente les interférences dues aux signaux envoyés par les mobiles des cellules voisines et qui viennent constituer du bruit supplémentaire au niveau de la réception à la station de base de la cellule. Dans le sens descendant, l'interférence intercellulaire représente les interférences dues aux signaux envoyés par les stations de base des cellules voisines et qui viennent constituer du bruit supplémentaire au niveau du mobile en réception.

De telles interférences (intracellulaires ou intercellulaires) sont gênantes pour le décodage et le traitement des données par le dispositif de réception. Il est souhaitable de les supprimer pour ne récupérer que le signal d'intérêt, purifié de toutes les composantes des signaux d'interférence issus des émetteurs voisins.

3.5. Interférences sur le canal adjacent

L'interférence sur canal adjacent se produit de façon importante lorsque des canaux fréquentiels voisins dans le spectre des fréquences sont utilisés sur les mêmes sites ou sur

des sites peu distants entre eux. Le signal émis sur un canal est toujours reçu avec une puissance non nulle par les récepteurs calés sur les canaux adjacents, ceci est inévitable compte tenu de la limitation des performances des équipements utilisés. Le mécanisme d'interférence sur canal adjacent est représenté dans la figure 1.

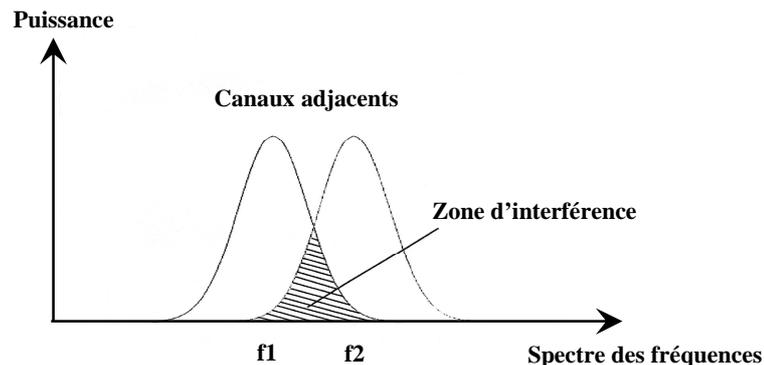


Fig.1. Interférence sur canal adjacent.

4. Techniques utilisées pour l'amélioration de la couverture radio de l'UMTS

Pour remédier à ses problèmes d'interférences, le réseau UMTS recourt soit à des techniques basées sur l'étalement de spectre par séquence directe ou par saut de fréquence, soit à des techniques de type OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) multiporteuses pour offrir des services performants aux usagers.

4.1. L'étalement par sauts de fréquences

En étalement par sauts de fréquences (fig.2), le signal d'un émetteur est changée M fois de sorte à obtenir une diversité de fréquences. On obtient donc un spectre étalé en modulant le signal avec une séquence connue sous le nom de séquence pseudo aléatoire ayant une apparence de bruit, en remplaçant chaque bit de message, le signal étalé (spectralement) doit apparaître comme du bruit, en particulier pour les autres transmissions éventuelles utilisant le même spectre étalé, ceci permet aussi de cacher (crypter) le message d'où son utilisation ancienne par les militaires.

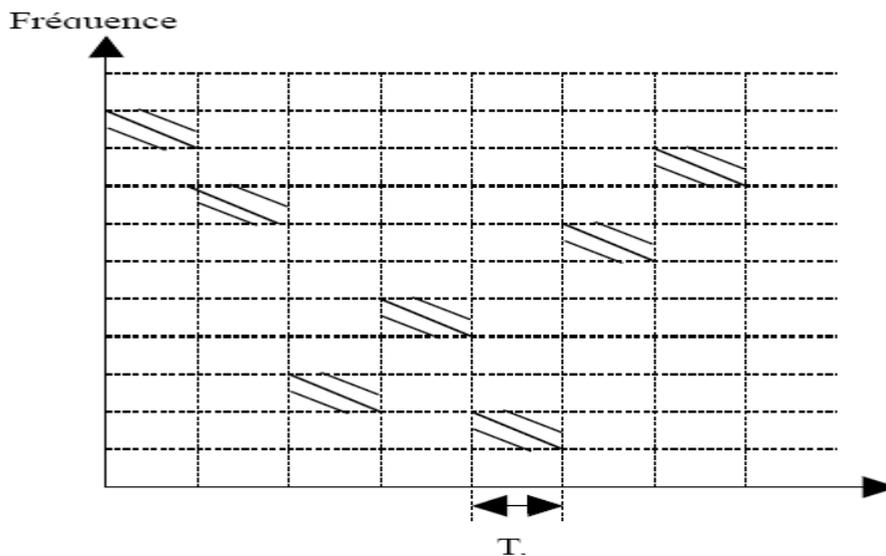


Fig.2. technique de sauts de fréquences

4.2. L'étalement de spectre avec la technique CDMA

Le CDMA est aussi connu sous le nom d'accès multiple par étalement de spectre. En effet, l'étalement de spectre est la technique sur laquelle repose le CDMA et qui permet à plusieurs utilisateurs d'être présents simultanément sur une même bande de fréquence. Cette technique permet de transmettre un signal d'information sur une largeur de bande plusieurs fois supérieure à la largeur de bande nécessaire pour transmettre le signal. Il offre la possibilité d'utiliser une ou plusieurs porteuses.

Dans le cadre de l'évolution de l'IS-95 vers la troisième génération, elle offre la possibilité d'utiliser une ou plusieurs porteuses à l'aide de la méthode d'accès MC-CDMA. Ainsi, l'évolution du CDMAOne (ou IS-95) vers la troisième génération se fera en deux phases: dans la première, le CDMA2000, appelé CDMA2000 phase 1" ou CDMA2000 1X", sera capable d'offrir, à l'aide d'une seule porteuse avec une bande de 1.25 MHz, des débits allant jusqu'à 144 kb/s. Il sera directement compatible avec le CDMAOne.

Dans la deuxième phase, le CDMA2000 phase2" ou CDMA2000 3X", permettra, à l'aide de trois porteuses avec une bande de 3×1.25 MHz, d'atteindre un débit de 2 Mb/s. La principale similitude technique entre le CDMA2000 et les technologies de l'UMTS est l'utilisation du CDMA comme mode d'accès. On remarque cependant que le CDMA2000 fait appel à la modulation multiporteuse dans la voie descendante (jusqu'à douze porteuses simultanément), ce qui s'avère particulièrement utile pour garder de la compatibilité avec le

CDMAOne. Un travail d'harmonisation entre le CDMA2000 et l'UMTS est en cours de réalisation, ces deux systèmes seront capables de réaliser une procédure d'itinérance (roaming) entre eux (CDMA2000 vers UMTS et vice versa).

- **Avantages**

- Transmission de données de manière symétrique et asymétrique. Dans une transmission symétrique, le débit de la voie montante (du terminal mobile vers le réseau fixe) est égal à celui de la voie descendante (du réseau fixe vers le terminal mobile). Au contraire, dans une communication asymétrique, le débit dans les deux voies est différent.

- Qualité de la parole comparable à celle des réseaux câblés.

- Capacité et efficacité spectrale supérieures à celles des systèmes cellulaires actuels de deuxième génération.

- Compatibilité avec les réseaux d'accès radio de deuxième génération.

- Itinérance (roaming) entre les différents systèmes de troisième génération.

- **Inconvénients**

- Le mauvais étalement provoque une mauvaise performance des séquences.

-L'asynchronisme entre les utilisateurs et la présence de multitrajets, qui dans le domaine des fréquences se traduit comme de la sélectivité du canal, détruisent cette orthogonalité et produisent de l'interférence entre utilisateurs. Cette interférence est, généralement, le principal facteur de limitation de la performance d'un système CDMA.

Pour solutionner les problèmes issu de la technique CDMA une nouvelle méthode a vu le jour qui 'est l'OFDM.

4.3. Multiplexage par répartition sur des fréquences orthogonales

Le principe de l'OFDM consiste à diviser sur un grand nombre de porteuses le signal numérique que l'on veut transmettre. Comme si l'on combinait le signal à transmettre sur un grand nombre de systèmes de transmission (exemple: des émetteurs) indépendants et à des

fréquences différentes, pour que les fréquences des porteuses soient les plus proches possibles et transmet le maximum d'information sur une portion de fréquences donnée, l'OFDM utilise des porteuses orthogonales entre elles. Les signaux des différentes porteuses se chevauchent mais grâce à l'orthogonalité n'interfèrent pas entre elles.

Le signal à transmettre est généralement répété sur différentes fréquences porteuses, ainsi dans un canal de transmission avec des chemins multiples où certaines fréquences seront détruites à cause de la combinaison destructive de chemins, le système sera tout de même capable de récupérer l'information perdue sur d'autres fréquences porteuses qui n'auront pas été détruites. Chaque porteuse est modulée indépendamment en utilisant des modulations numériques: QPSK, QAM-16, QAM-64,...

Ce principe permet de limiter l'interférence entre symboles. Pour l'éliminer, on peut ajouter un intervalle de garde (c'est-à-dire une période pendant laquelle il n'y a aucune transmission) après chaque symbole émis.

- **Les avantages de l'OFDM sont nombreux**

- ✓ Utilisation optimale de la bande de fréquence allouée par orthogonalisation des porteuses.
- ✓ La multiplicité de la modulation est basée sur un algorithme bien connu et peu complexe : la FFT (Fast Fourier Transform).
- ✓ Un codage et entrelacement adapté permettent d'améliorer de façon importante le taux d'erreur.
- ✓ Répartition d'un débit important sur une série de sous-porteuses modulées à bas débits , orthogonalité de ces sous- porteuses.

- **Les inconvénients de l'OFDM**

- ✓ Les signaux à enveloppe non constante sont très sensibles à la caractéristique non-linéaire de l'amplificateur de puissance. Ainsi, l'amplification de tels signaux pose des difficultés inhérentes : remontée des lobes secondaires, génération d'harmoniques, création d'interférences entre symboles non linéaires, création d'interférences entre porteuses, le tout entraînant des erreurs de transmission.

L'OFDM peut être utilisé en combinaison avec d'autres formes d'accès multiple comme FDMA, TDMA, et le CDMA pour donner lieu respectivement aux systèmes MC-FDMA, MC-TDMA, et MC-CDMA.

Les techniques MC-CDMA (Multi Carrier-Code Division Multiple Access) associant l'OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) comme technique de modulation chaque chip étant modulé sur une porteuse différente.

Le MC-CDMA comme technique d'accès permettent d'obtenir de très bonnes performances dans le cas de transmissions sur des canaux sélectifs en fréquence grâce à la robustesse et à l'efficacité spectrale de la modulation multi-porteuse tout en bénéficiant de la souplesse offerte par l'accès multiple à répartition par code.

5. Rôle de la multiporteuse

La puissance d'une station de base varie dans le temps dès lors qu'elle dispose de plus d'un canal (canal pilote dont la puissance reste constante). L'évaluation de la puissance maximale de l'antenne ne peut se faire que d'une manière parfaitement rigoureuse, soit à partir du champ issu d'un seule canal pilote, multiplié par la racine carrée du nombre de canaux, soit en maintenant la station à sa puissance maximum durant la mesure.

La puissance d'émission de chaque canal doit être améliorée. Cela permet, d'une part, d'assurer une bonne qualité de service de la communication sur le lien radio et, d'autre part, de réutiliser un même canal dans une autre cellule.

Le dispositif de contrôle de puissance a pour objet de réduire les interférences entre utilisateurs dans une même cellule, et de permettre la diminution du volume de la batterie, grâce à une moindre consommation. Lors de la connexion de l'utilisateur du mobile avec son correspondant, la puissance émise est ajustée à un niveau élevé permettant d'avoir une communication immédiate optimale, puis le contrôle de puissance réduit celle-ci par paliers de 2 dB, en quelques secondes, jusqu'à se stabiliser au niveau minimum compatible avec une bonne qualité de la communication. Le champ reçu varie donc, en un point donné, avec le temps (sur une échelle de 20 à 30 secondes). Le déplacement de l'utilisateur (lors de la marche ou d'un transfert en voiture, par exemple), fait prendre le relais par plusieurs stations de base successivement, chacune démarrant sa communication à un niveau élevé, puis abaissant la puissance.

C'est donc lors de l'utilisation d'un mobile en situation de déplacement que l'exposition est la plus élevée, ou encore lors d'une conversation dans un lieu à médiocre réception, qui astreint l'antenne et le mobile à rester à des niveaux de puissance élevés.

6. Modèles macro cellulaires

A partir de nombreuses mesures effectuées dans les environs de TOKYO à différentes fréquences, Y. OKUMURA [6] a calculé l'affaiblissement médian en fonction de la distance et il a déduit des graphiques permettant des prévisions en fonction de divers paramètres. M.HATA [6] a établi, à partir de ces courbes, des formules empirique. Ce modèle est souvent désigné sous le terme de formule d'OKUMURU-HATA et sert de base à une grande variété de modèles plus affinés. Ces formules de HATA et du COST 231- HATA s'appliquent pour des tailles de cellules relativement grandes (de rayon supérieur ou égal à 1 Km) et surtout lorsque l'antenne de la station de base est située au dessus des niveaux des toits avoisinant.

6.1. Modèle d'OKUMURA -HATA

Le modèle de propagation adopté est le modèle d'OKUMURA-HATA, et ses pertes de données sont sous la forme suivante :

$$L_{path} = A - 13,82 \log H_b + (44,9 - 6,55 \log H_b) \log R - a(H_m) \quad [dB] \quad (1)$$

L path : représente les pertes respectives introduites par les obstacles dans l'espace de propagation.

A=155 ,1db

a=123 ,69db .

R : Rayon de la cellule en (Km).

H_b : Hauteur de la station de base.

H_m : Hauteur de l'antenne du mobile (1 ,5m).

7. Evaluation de la capacité par ajout de porteuses

Au début du déploiement des réseaux UMTS, la majorité des opérateurs commencent typiquement avec une seule porteuse déployée sur une couche macro-cellulaire pour garantir une couverture optimale. Lorsque le trafic augmente, une deuxième porteuse (et peut-être plus) est ajoutée au réseau afin d'augmenter la capacité et la couverture ou de diminuer la congestion radio. Cela peut être vrai lorsqu'on ne considère pas les interférences de canal adjacent (ACI) et les limitations matérielles (par exemple la limitation de la puissance maximale de la station de base). Cependant, les interférences ACI doivent être prises en compte dans le déploiement multi- porteuses ou dans le cas de deux opérateurs utilisant deux porteuses adjacentes.

Dans cette partie, nous évaluons l'effet de l'ajout de nouvelles porteuses sur la capacité et la couverture d'un réseau UMTS. L'ajout de nouvelles porteuses peut être utile pour l'amélioration de la couverture radio surtout lorsque la charge radio n'est pas très grande.

8. Origine des interférences de canal adjacent

Dans les systèmes UMTS, en plus des interférences d'accès multiple, les interférences de canal adjacent ont aussi un impact négatif sur la capacité dans le cas du déploiement multi-porteuses ou dans le cas de l'existence de deux opérateurs utilisant deux porteuses adjacentes. Ces genres d'interférences sont provoqués fondamentalement par les imperfections de l'émetteur et du récepteur (UE : user Equipment et BS : base station).

En ce qui concerne l'émetteur, les principales causes sont les émissions en dehors de la bande (Out-of-band émissions). Cette imperfection est définie comme étant les émissions non désirées à l'extérieur de la bande passante. Elle est due au processus de modulation et du non linéarité de l'émetteur. Les imperfections au niveau de l'émetteur sont spécifiées par le paramètre ACLR (Adjacent Channel Leakage power ratio) qui est définie comme étant le rapport de la puissance d'émissions divisée par la puissance mesurée dans le canal adjacent.

Au niveau du récepteur, les imperfections peuvent être valorisées par le terme ACS (Adjacent Channel Selectivity) qui mesure la sélectivité du récepteur c'est à dire sa capacité d'extraire le signal utile et de lutter contre les interférences de canal adjacent.

Les paramètres ACLR et ACS reflétant l'origine des interférences de canal adjacent sont généralement combinés en un seul facteur de protection contre les interférences de canal adjacent. Selon la terminologie 3GPP, il s'appelle le ratio d'interférences de canal adjacent. A l'échelle linéaire, ACIR s'écrit en fonction d'ACLR et ACS comme suit:

$$ACIR = \frac{1}{\frac{1}{ACLR} + \frac{1}{ACS}} \quad (2)$$

9. Principe de simulations

Nous considérons un système macro-cellulaire hexagonal régulier avec une cellule centrale entourée de plusieurs N_t couches de cellules voisines. Le nombre des cellules dans le système Q est lié au nombre de niveau N_t , on aura alors :

$$Q=1+3N_t (N_t+1). \quad (3)$$

Une station de base est placée au centre de chaque cellule, est équipée d'une antenne directionnelle ou omnidirectionnelle. Nous utilisons une cellule sectorielle où le N_s (le nombre de secteurs) est égale à 3 avec une antenne directionnelle, la figure 3 montres le diagramme de rayonnement de cette antenne.

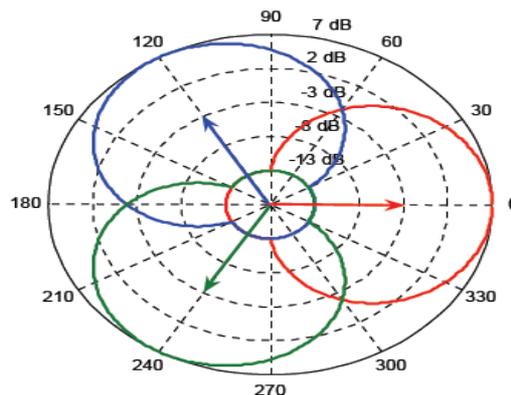


Fig. 3. Diagramme de rayonnement des antennes sectorielles.

Les utilisateurs mobiles sont placés aléatoirement et uniformément sur le disque qui délimitant les cellules (Figure 4). Chaque utilisateur mobile est assigné aléatoirement à une

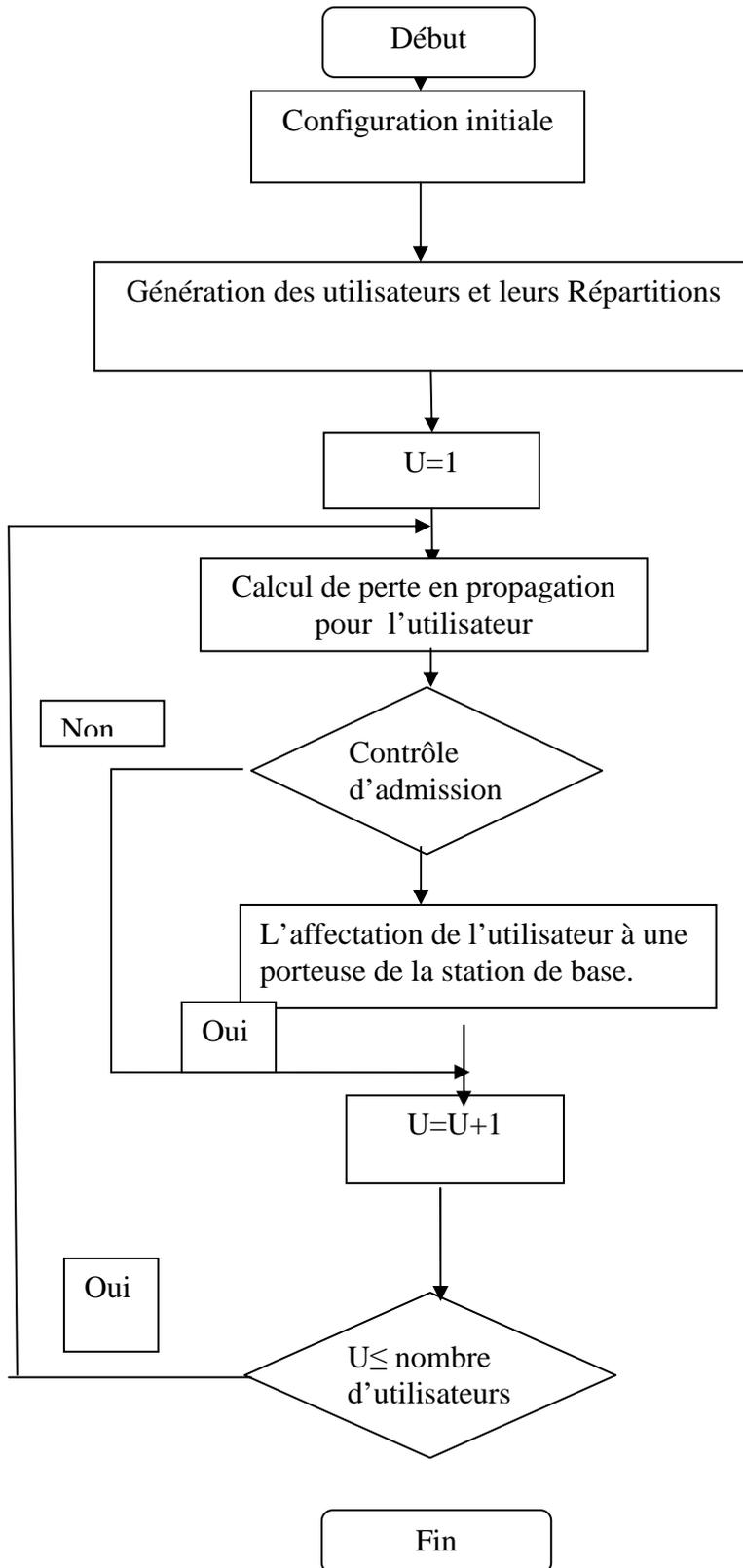


Fig.5. Organigramme de la simulation système.

1 .Configuration initiale du système

Dans la première étape, tous les paramètres qui sont nécessaires pour l'ensemble du processus de simulation sont initialisés, ou calculés.

2. Répartition des l'utilisateur

Dans ce bloc, les utilisateurs sont placés aléatoirement et uniformément dans le disque qui délimite la disposition cellulaire hexagonale.

3 .Calcul de perte en propagation pour chaque utilisateur

La puissance de chaque utilisateur est calculée en prenant en compte les paramètres de la configuration initiale et les paramètres calculés après l'affectation. De même, les grandes pertes de propagations y compris le chemin d'accès sont calculées pour tous les liens possibles entre tous les utilisateurs et les stations de base.

4-Affectation d'un utilisateur à une porteuse de la station de base

Si les conditions du contrôle d'admission sont atteintes dans cette porteuse, l'utilisateur est ajouté à elle, sinon, il est assigné à une autre porteuse. Quand, aucune porteuse ne répond aux conditions du contrôle d'admission de cet utilisateur, il sera alors exclu du réseau. Les conditions d'admission sont données comme suit :

$$\sum_l P_{ef,l} \leq P_{max} \quad . \quad (\text{Limite de puissance totale sur station de base}).$$

l : désigne la BTS.

l : désigne l'utilisateur.

$$P_{total} = \sum_u S_u + I_{ext} + N$$

On a $S_u = P_{max} (x_1, y_1)^{A_u} / d^\alpha$.

S_u : La puissance de l'utilisateur

Où :

A_u : Variable aléatoire log-normale modélisant les masques.

$$A = 10^{\frac{\xi}{10}}$$

ξ : Loi normal centré d'écart type 5à7 dB.

α : L'exposant d'atténuation en fonction de la distance.

$$r_j \geq R_j \quad (\text{Débit minimal à assurer}).$$

Offrir à tous les utilisateurs un débit égal et supérieur au débit minimal (" $r_j = r$ avec $r > R$ ")

$$\gamma_j \geq \Gamma_j \quad (\text{Taux d'erreur}).$$

Cette procédure est exécutée pour chaque mobile jusqu'à ce que l'algorithme du contrôle de puissance converge et le réseau atteint un état stable ([9],[10]). Ainsi, chaque utilisateur se voit attribuer à une seule porteuse de la station de base.

5. Fin de simulation

La simulation se termine lorsque le nombre des snapshots est atteint et les résultats statiques sont calculés.

11. Paramètres utilisés dans la simulation

La simulation est faite pour un réseau UMTS multiservices composé de 37 cellules identiques. Les services utilisés sont le service donné. Dans le tableau. 1, nous présentons les caractéristiques et le taux de pénétration de chaque service. Nous présentons également dans le tableau. 2 tous les paramètres de simulations utilisés dans la simulation. Rappelons que ces données ont été fournies par l'école supérieure de communications de tunis.

Service	Données
Caractéristiques	
Débit R_j (kbit/s)	144
Facteur d'activité	1
E_0/N_0 cible (dB)	3
Taux de pénétration	15

Tableau. 1. Caractéristiques des services utilisés.

Paramètres de simulation	Valeur
Nombres de cellules	37
Distance inter sites	1.80 Km
Sectorisation	Omnidirectionnel
Puissance maximale par lien	30 dBm
Bruit thermique du lien	-100 dBm
Modèle de propagation	Ukumara-Hata
Facteur d'orthogonalité	40%
BS ACLR	45 dB
UE ACS	33 dB
ACIR	32.7 dB
Débit chip W	3.84 Mcps
Nombre de Snapshot	1000

Tableau. 2. Paramètres de simulations.

12. Résultats de la simulation

Ce graphe représente la puissance de la station de base en fonction de la capacité descendante (nombre d'utilisateurs actifs) pour différents nombres de porteuses (1, 2 ou 3 porteuses).

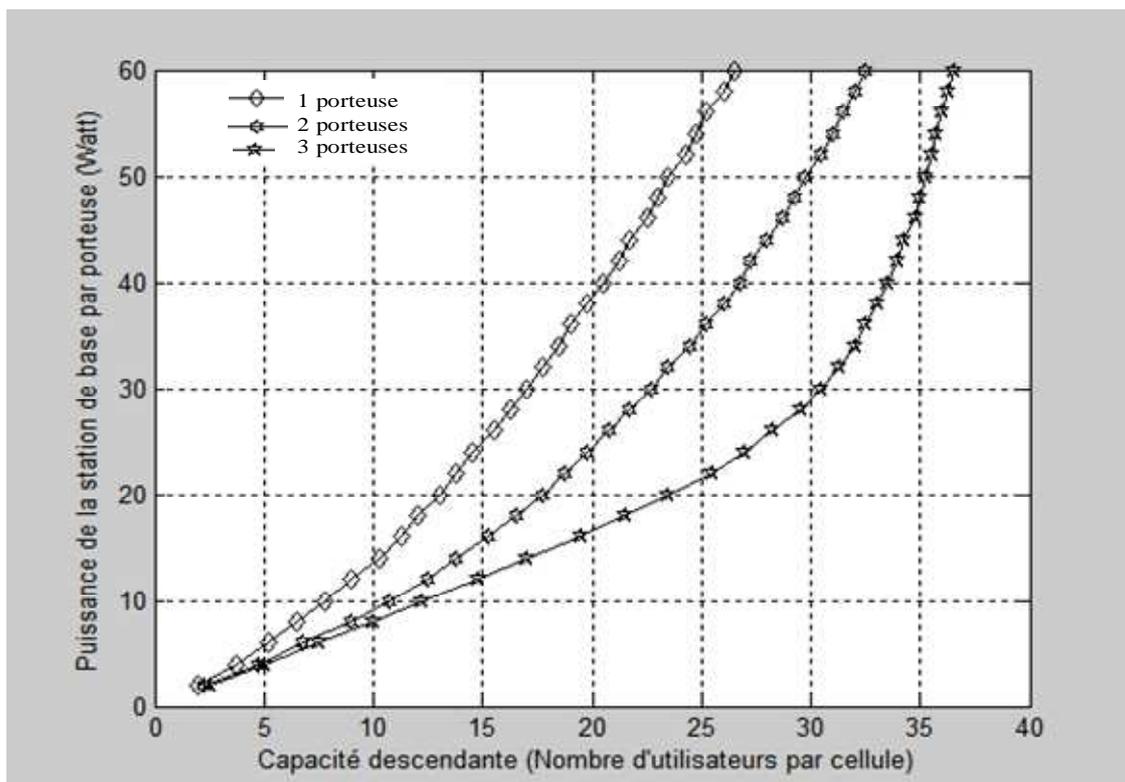


Fig.6. Puissance total de la station de base en fonction de la capacité du sens descendant pour différents nombres de porteuses.

Les résultats obtenus montrent que quand on n'a pas limitation au niveau de la puissance d'émission de la station de base, la capacité augmente par l'ajout de porteuses au système UMTS. Par exemple, le point, où la puissance de la station de base est 20W, correspond à 13 utilisateurs dans le cas d'un système utilisant une seule porteuse, 18 utilisateurs dans le cas d'un système à deux porteuses et 24 utilisateurs pour le cas de 3 porteuses.

Dans le cas de l'ajout de nouvelles porteuses au système, un point important doit être considéré et traité. C'est le cas où il y a limitation au niveau de la puissance totale de la station de base. Supposons que cette puissance est limitée et ne pourrait pas être augmentée sous des considérations matérielles. Dans ce cas, Nous sommes obligés à partager la puissance disponible entre les porteuses. La figure 7 illustre la puissance de la station de base en fonction de la capacité descendante pour différentes configurations.

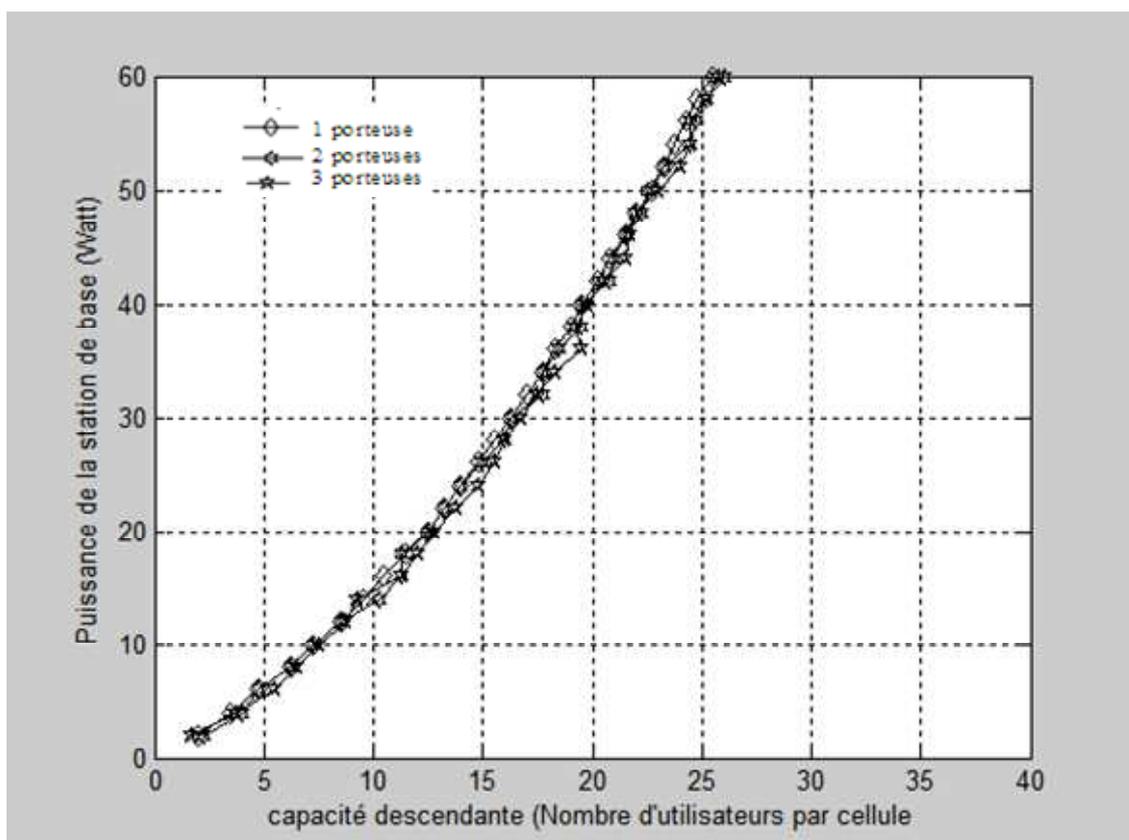


Fig. 7. La puissance de la station de base en fonction de la capacité descendante.

Les résultats montrent que, l'utilisation de deux porteuses configurées chacune à la moitié de la puissance disponible, n'augmente pas la capacité du réseau. Ainsi, doubler le nombre de porteuses sans augmenter la puissance totale de la station de base mène parfois à une perte de capacité à celle qui correspond à un doublement de la puissance. Dans le cas où le nombre de porteuses est triplé sans modification de puissance, la perte en capacité est constatée par rapport au cas où la puissance est triplée.

Par conséquent, l'ajout de nouvelles porteuses au système peut être utile aux opérateurs UMTS pour améliorer la couverture du réseau.

Discussion

Ce chapitre a été l'objet d'évaluer l'effet de l'ajout de nouvelles porteuses sur la capacité et la couverture d'un réseau UMTS. En effet, nous avons montré les différents types d'interférences ainsi que les techniques qui permettent d'augmenter le nombre de porteuses pour diminuer les perturbations et augmenter la capacité. L'accroissement de la capacité introduite par les nouvelles porteuses est vrai lorsqu'on n'a pas limitation de la puissance maximale de la station de base. Quand il y'a limitation au niveau de la puissance de la station de base, l'augmentation de la capacité descendante est insignifiante.

Conclusion

Dans ce travail, nous avons consacré une partie sur les systèmes téléphoniques analogiques et les systèmes mobile GSM et GPRS qui sont la base de réseau 3G, puis nous avons parlé de réseau UMTS, ensuite nous avons parlé sur les différentes causes des interférences et les différentes techniques utilisées pour augmenter le nombre d'abonnés dans une cellule. Enfin, nous avons fait une étude sur l'effet de l'ajout de nouvelles porteuses sur la capacité et la couverture radio de réseau UMTS qui constituent l'objectif même de notre mémoire suivi d'une simulation sur MATLAB pour vérifier la relation qui existe entre la puissance de la station de base et la capacité du réseau.

L'augmentation de la capacité par l'ajout de nouvelles porteuses ne peut pas être toujours évidente, car il faut maintenir la puissance de la station de base à un certain niveau qui on ne peut pas assurer tout le temps .Ceci signifie que le nombre de porteuses à ajouter dépend de la puissance de la station de base.

Le besoin de plus en plus croissant et les exigences des usagers en service et particulièrement l'accès aux services en haut débit tels que la vidéo, l'image, la visiophonie et l'accès à l'internet fait en sorte que l'UMTS est un système qui répond parfaitement à ces besoins. Mais la complexité du système et donc le prix élevé pour l'achat de la licence ne permet pas d'universaliser l'UMTS.

Déjà, en parle de la quatrième génération, qui sera prochainement le concurrent de l'UMTS et son lancement serait prévu pour 2007-2010 au Japon. Des tests conduits sur une technologie intitulée OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) permettant d'atteindre des pics de débits de 300 mégabits/s. La technologie HSDPA (High Speed Downlink Package Access) qui garantirait enfin les 2 Mbps de débit réel initialement espérés par l'UMTS. L'objectif de la 4eme génération est d'assurer à l'utilisateur une mobilité maximale.

ANNEXE

Authentification

L'**authentification** est la procédure qui consiste, pour un système informatique, à vérifier l'identité d'une entité (personne, ordinateur...), afin d'autoriser l'accès de cette entité à des ressources (systèmes, réseaux, applications...). L'**authentification** permet donc de valider l'authenticité de l'entité en question.

Bits par seconde (bit/s ou bps)

Vitesse de transmission de données, égale ou multiple (selon le procédé de modulation) de la vitesse d'échantillonnage (mesurée en bauds), indiquant le nombre d'informations transmises par unité de temps. Le débit en bit/sec est égal à n fois la rapidité de modulation (n est appelé valence du signal).

Burst

C'est l'information continue dans un intervalle de temps T_S de la trame TDMA.

Capacité

La capacité est le trafic maximum que peut écouler une cellule en fonction du nombre de fréquences qui lui sont attribuées, le trafic étant fonction du nombre moyen de personne qui communique et de la durée moyenne d'une communication

Commutation

Sur un réseau de télécommunication, la fonction de commutation assure l'aiguillage du trafic en établissant des connexions temporaires entre deux ou plusieurs points du réseau. Cette opération s'effectue dans des équipements placés à différents endroits du réseau et appelés commutateurs. Ainsi, dans sa structure de base, un réseau de télécommunication est composé de supports de transmission connectés entre eux par les réseaux de télécommunications. La première est par exemple utilisée par les réseaux Internet (IP), la seconde par les réseaux téléphoniques classiques (RTC).

ANNEXE

CDMA

Le CDMA consiste à attribuer aux interlocuteurs un code binaire qu'il sera le seul à utiliser pendant la durée de la communication. Les symboles numériques sont multipliés par cette séquence binaire. En réception seul le détenteur de ce code peut capter le signal et le traduire en clair.

Chiffrement

Le **chiffrement**, parfois appelé **cryptage**, est en cryptographie le procédé grâce auquel on souhaite rendre la compréhension d'un document impossible à toute personne qui n'a pas la clé de déchiffrement.

Chip

Chacune des identités d'information dont l'ensemble sert à coder un symbole après application de la technique d'étalement du spectre. En UTRA, chaque symbole d'information dans un canal physique est composé de SF chips.

Commutation de circuits

Les services de cette catégorie supportent la commutation de circuits, c'est à dire l'établissement de connexions vers des abonnés à travers un réseau.

Débit binaire

Rapidité en débits par seconde, d'une transmission de signaux numériques.

Donnée

Représentation d'une information sous une forme convenant à un traitement informatique.

Handover

Terme désignant le mécanisme par le quel un mobile peut transférer sa connexion d'une station de base vers une autre ou, sur la même station, d'un canal radio vers un autre.

ANNEXE

IP (Internet Protocole)

Protocole de télécommunication utilisé sur les réseaux qui servent de support à internes et permettant de découper indépendamment les uns des autres et de recomposer le message initial à l'arrivée .Ce protocole utilise utilise ainsi une technique dite de commutation de paquet.Sur Internet, il est associé à un protocole de contrôle de la transmission des données appelé TCP (transmission control transmission).

IS_95

Norme américaine de réseau cellulaire (dit de seconde génération ou 2G) basée sur la méthode d'accès CDMA.

ISDN

Integrated services digital network désigne le réseau téléphonique numérique RNIS.

Intensité du trafic

L'intensité du trafic écoulé par un groupe de circuits (ou plus généralement d'organes) est le rapport de la somme des durées d'occupation de ces organes pendant une certaine période à la durée de cette période. C'est donc le nombre moyen d'organes simultanément occupés.

Intranet

Inter réseau utilisé par une seule organisation et qui supporte les principales applications de l'internet. Un intranet opère dans les limites de l'organisation à des fins internes et peut exister en tant qu'inter réseau isolé et autonome ou être relié à l'Internet.

IPV6

C'est la version améliorée de protocole IPV4 qui forme encore la base de l'internet, il offre plus de flexibilité et d'efficacité .IPV6 est la nouvelle version de l'internet protocole.

ANNEXE

Interface radio

L'interface radio permet de relier un utilisateur mobile au réseau. C'est sur cette interface que le système doit faire face aux différents problèmes que pose le médium radio (atténuation, interférences, évanouissements, ...).

GSM

Global system for mobile Communications. Standard de téléphonie mobile adopté en Europe, en Asie et en Australie.

GPRS

(Général packet radio) service technologie de transmission par paquets facilitant l'accès à l'Internet à haut débit par GSM, le débit peut varier de 56 jusqu'à 115 [kb/s] il est également possible d'établir des connexions permanentes.

Motif

Le plus petit groupe de cellules contenant une et une seule fois l'ensemble des canaux radio. Ce motif est répété sur toute la surface à couvrir. Plus le motif est grand, plus la distance de réutilisation est grande.

Nœud

C'est une station de travail une imprimante, un serveur ou toute entité pouvant être adressée par un numéro unique l'unicité de l'adresse est garantie par le constructeur d'une carte réseau qui donne un numéro unique ne pouvant être changé par une personne.

NRZ (non –return-to-zero level)

Est la technique de codage la plus courante et la plus simple permettant de transmettre des signaux numérique, elle fait appelle à deux niveaux de tension distincts pour représenter les deux valeurs binaires .une tension négative représente un 1, et une tension positive, un 0 .Elle est généralement employée par les terminaux et autres équipements informatiques pour générer ou interpréter des données numériques.

ANNEXE

Opérateur

Société propriétaire d'un réseau de téléphonie, classique ou mobile. Ces Sociétés assurent l'exploitation de leurs réseaux. En France, il existe à l'heure actuelle trois Opérateurs DJEZZY, MOBILISE, NEDJEMA.

Paquet

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

Protocole

Un protocole est un langage standard de communication entre deux machines permettant à des machines de types différents (ou dont le système d'exploitation est différent) de transférer des fichiers sur un réseau

PCU (Packet Control Unit)

Unité de contrôle chargée: de la gestion de l'allocation des ressources radio pour des services GPRS, de la congestion et de la diffusion d'informations système liées au GPRS. Localisée dans la BTS, ou BSC ou SGSN.

Réseau

Ensemble d'ordinateurs interconnectés. Chaque ordinateur peut exécuter ses propres applications. Lorsque les ordinateurs sont connectés non en réseau mais en mode Multi-Utilisateur, une seule application peut être exécutée à un instant donné sur toutes les machines. Un réseau permet aux utilisateurs de partager des informations et des périphériques, tels qu'une imprimante ou un disque.

RTC

(Réseau téléphonique commuté) désigne le réseau téléphonique fixe analogique.

ANNEXE

RNIS

(Réseau numérique à intégration de service) désigne le réseau téléphonique numérique censé remplacer le RTC petit à petit

Roaming

Non anglais pour désigner le fait qu'un utilisateur de GSM peut se déplacer d'une cellule à l'autre ou d'un réseau à un autre sans rupture de connexion, l'abonné qui utilise sa carte SIM est facturé par son opérateur. Cette opération est rendue possible grâce aux accords de roaming conclus entre les différents opérateurs.

Routage

Opération permettant, à l'établissement d'une communication voix ou données, de déterminer, parmi tous les chemins possibles qu'offre le ou les réseaux, le trajet à affecter à cette communication.

SIM

Subscriber identity module: Qui est un micro- processeur implanté dans une carte par extension, on parle de carte SIM elle est insérée dans un GSM pour réaliser une série de fonctions et contenir une mini base de données.

SMS

Short message service système permettant l'envoi de messages comprenant au plus 160 caractères (de 7 bits), soit 140 bytes, à un téléphone GSM.

Signalisation téléphonique

Ensemble des ordres ou informations échangés entre autocommutateurs ou entre un autocommutateur et un poste, afin d'établir, maintenir ou terminer une communication.

ANNEXE

Snapshot

C'est la photographie, à un moment précis, de l'état d'une base de données. C'est aussi l'équivalent anglais de capture d'écran.

Support de transmission

Appelé aussi **Media**, est le chemin physique entre l'émetteur et le récepteur la communication se fait par voie d'ondes électromagnétiques.

Synchronisation

Le récepteur doit déterminer le début et la fin de chaque bit.

TRAME

(Unité d'échange de données au niveau transport) en traitement d'image, la trame est la grille d'échantillonnage, on considère généralement la trame carrée mais la trame peut aussi être rectangulaire ou hexagonale. Dans le cas du format entrelacé, la trame désigne une image ne contenant que les lignes paires ou impaires de l'image en télécommunications, trame désigne en semble d'informations numériques temporelles constituant un tout.

TMSI

(Temporary mobile Subscriber identity) numéro attribuée temporairement à un utilisateur GSM en fonction de sa localisation.

UMTS

Universel mobile télécommunication système. Non du standard de téléphonie mobile de troisième génération pour l'Europe.

ANNEXE

WAP

La technologie WAP a pour but de permettre à des terminaux mobiles (les téléphones portables par exemple) d'accéder à des terminaux mobiles (les téléphones portables par exemple) d'accéder à des documents circulant par des réseaux sans fil. Il s'agit donc de permettre à n'importe quel terminal mobile de pouvoir formater des documents. C'est pour cela qu'un protocole universel a été mis en place : le WAP (Wireless Application Protocol). Il se propose de définir la façon de laquelle les terminaux mobiles accèdent à des services Internet, et cela à un niveau au dessus de la transmission des données, celle-ci étant spécifique à chaque opérateur de téléphonie.

X25

Série de protocoles, définis par l'ITU, destinés à la transmission de données, leur utilisation est aujourd'hui largement supplantée par l'utilisation des protocoles à technologie internet.

Zone de localisation

Est un ensemble de cellules à l'intérieur duquel un mobile peut se déplacer sans se signaler au réseau. Lorsque le mobile entre dans une nouvelle zone de localisation, il le signale au réseau.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]- Annie Millet cours sur les Méthodes de Monte-Carlo Universités Paris 7 et Paris 1.
- [2]- Hadid .S et Attab .Y (Étude et d'épointement d'un nouveau site GSM (BTS) au niveau de REHAHLIA dans la wilaya de TIZI OUZOU), Thèse DUEA promotion 2005/2006.
- [3]- Mise en œuvre d'un réseau mobile de type GSM, Thèse de la promotion 2001/2002.
- [4]-Aknin .S et Beggaz .O Étude générale du réseau UMTS et calcul du nombre d'accès simultanés possibles, Thèse d'ingénieur promotion 2005/2006.
- [5]-Boudieb Fayçal et Hammoumi, Évolution des technologies cellulaires 2G/3G
IMT2000.
- [6]-Xavier Lagrange, Philippe Godlewski, Sami Tabane 'Réseaux et télécommunication
'3édition .Hermès .
- [7] : Xavier Lagrange, Performances des réseaux cellulaires, Algotel 2000.
- [8] : William Stallings, Réseau et communication sans fil édition PEARSON.
- [9] :(DLO00): Dehghan S. Lister D, Owen R, Jones P, "W-CDMA Capacity and Planning Issues", Electronics & Communication Engineering Journal, pp. 101-118, June 2000.
- [10] :(LWN02): Laiho J., Wacker A., Novosad T., Radio Network Planning and Optimisation for UMTS, Editions John Wiley & Sons, 2002.
- [11] : Présentation et implémentation des services GPRS sous la plate forme GSM, Thèse de la promotion 2003/2004.
- [12]: WCDMA radio network design LLZU1085 173 R6A. Ericsson 2004.
- [13] : Philippe Godlewski, Capacité dans les réseaux radio mobiles cellulaires, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications), Paris 2004.



