

Sommaire

Acronymes	
Introduction générale	
1-Présentation de GSM et du réseau GSM.....	
2- Historique d'un réseau GSM.....	
3-Les services offerts par le GSM.....	
4-La cellule et sa station de base.....	
5- Architecture d'un réseau GSM.....	
5-1-Présentation de l'infrastructure d'un réseau.....	
5-2- Les équipements d'un réseau GSM.....	
5-3-Architecture matérielle du sous-système radio BSS.....	
5-4- Architecture matérielle du sous-système fixe NSS.....	
5-5- Sous système d'exploitation et de maintenance OSS.....	
6-Architecture réseau en couches (modèle OSI).....	
6-1 Couches réseaux gérées par le sous-système radio (BSS).....	
6-2-Couches réseaux gérées par le sous-système fixe (NSS).....	
7- Les interfaces.....	
8- Concept de mobilité.....	
8-1 Le roaming.....	
8-1-1 - Généralité.....	
8-1-2-Les différents types de roaming.....	
8-2- Le handover.....	
8-2-1-Nécessité d'un handover.....	
8-2-2-Types de handover.....	
9- La transmission sur le réseau GSM.....	
10-Les fréquences de travail du GSM	
11- Le traitement de la voix.....	
12-Évolution des systèmes cellulaires (1G, 2G, 3G, 4G, etc.).....	
13-La révolution des réseaux GSM vers l'UMTS.....	
13-1- Le réseau GPRS.....	
13-1-1 Présentation de l'infrastructure d'un réseau.....	

13-1-2-Les équipements d'un réseau GPRS.....	
13-1-3-Les équipements GSM utilisés.....	
13-1-4-Les interfaces réseau GPRS.....	
13-1-5-L'acheminement en mode paquet.....	
13-1-6-Les apports du réseau GPRS.....	
13-1-7-La gestion de l'itinérance.....	
13-1-8-La gestion des sessions.....	
13-1-9-Avantages et impact du GPRS sur le GSM.....	
13-1-10-Conclusion sur les réseaux GPRS.....	
13-2- Le réseau UMTS.....	
13-2-1- Présentation de l'infrastructure d'un réseau.....	
13-2-2-Les équipements d'un réseau.....	
13-2-3-Utilisation s architectures réseaux existantes.....	
13-2-4-Les apports du réseau UMTS.....	
13-2-5Migration vers le tout IP.....	
13-2-6Partage des infrastructures UMTS.....	
13-2-7Conclusion sur le réseau UMTS.....	
14- Prévisions des abonnés cellulaires.....	
15- Les limites du réseau GSM	
Annexe 1 : anatomie du mobile bi-bande Sony CD5.....	
Annexe 2 : schéma fonctionnel d'un mobile GSM.....	
Conclusion générale.....	
Bibliographie.....	
Webographie.....	

Listes des figures

Figure 1 : Classification des reseaux sans fil

Figure 2 : La station de Base du réseau GSM

Figure 3 : Architecture du GSM

Figure 4 : Différents équipements d'un réseau GSM

Figure 5 : Les informations gérées par le HLR

Figure 6 : Les interfaces du GSM

Figure 7 : Intervalle de fréquences de fonctionnement du GSM

Figure 8 : Différentes étapes suivie par le signal sonore du GSM

Figure 9 : les étapes de traitement du signal vocal

Figure 10 : Evolution du GSM

Figure 11 : Première génération du mobile

Figure 12 : Deuxième génération du mobile

Figure 13 : Troisième génération du mobile

Figure 14 : Différents services offerts par le système ^à génération

Figure 15 : Quatrième génération du mobile

Figure 16 : Diagramme de performance des différentes générations du GSM

Figure 17 : Les infrastructures d'un réseau GPRS

Figure 18 : Acheminement en mode paquet des données

Figure 19 : Architecture d'un réseau UMTS

Figure 20 : Fonctionnement de l'UMTS

Figure 21 : Diagrammes des subscriptions des réseaux GSM, UMTS, CDMA et autres

Liste des tableaux

Le GSM: présenté par DJAGBA Prudence & HOUESSOU-ADJA Kevin

Tableau 1 : Différents types d'interfaces d'un réseau GSM

Tableau 2 : Résumé des interfaces du GPRS

Acronymes

GSM : Global System for Mobile communications

RTC : Réseau Téléphonique Commuté

GPRS : General Packet Radio Service

UMTS Universal Mobile Telecommunications System.

SIM : Subscriber Identity Module

MOU : Memorandum of Understanding

CEPT : comité européen des postes et télécommunication

ETSI : Européen Télécommunication System Institut

PCS : Personal Communication System

SMS: Short Message System

SMSC: Short Message Service Center

BSS : Base Station Sub-System

NSS: Network Sub System

OSS: OSS Operation Sub-System

SMSS: Switching and Management Sub-System

MS : Mobile Station

BTS Base Transceiver Station

BSC Base Station Controller

MSC Mobile Switching Centre

HLR Home Location Register

AUC Authentication Center

VLR Visitor Location Register

IMSI : International Mobile Subscriber Identity

GMSC :

TMN : Télécommunication Management Network

EIR Equipment Identity Register

OMC : Operations and Maintenance Center

NMC : Network and Management Centre

OSI : International Standard Organization

RR : Radio Ressource

MM : Mobility Management

CM : Connection Management

SS : Supplementary Services

GCC : Group Call Control

BCC : Broadcast Call Control

MIC :

LAPDM : Link Access Protocol on the D mobile channel

MOOV :

TDMA Time Division Multiple Access

FDMA Frequency Division Multiple Access

TDMA : Time Division Multiple Access

CDMA : Code Division Multiple Access

PIN Numéro d'identité personnel de l'abonné

WLAN :

WIMAX :

WIMAN :

OFDM :

TDCDMA :

TD-SCDMA :

SGSN : Serving GPRS Support Node

GGSN : Gateway GPRS Support Node

PLMN : Public Land Mobile Network

CCU : Channel Codec Unit

PCU : Packet Control Unit

GMSC :

PTMGSN :

PDN :

RNC :

SMSS : Switching and Management Sub-System

MTP : Message Transfert Protocol

MAP : Mobile Application Protocole

PLMN : Public Land Mobile Network

INTRODUCTION

"Le monde des télécommunications est en train de subir une révolution entièrement d'origine technique. Les révolutions industrielles des XVIIIème et XIXème siècles avaient fait du métier d'ingénieur. Aujourd'hui le monde a besoin d'ingénieurs décideurs ayant une vision claire des technologies et de leur évolution."

1-Présentation du GSM et du réseau GSM

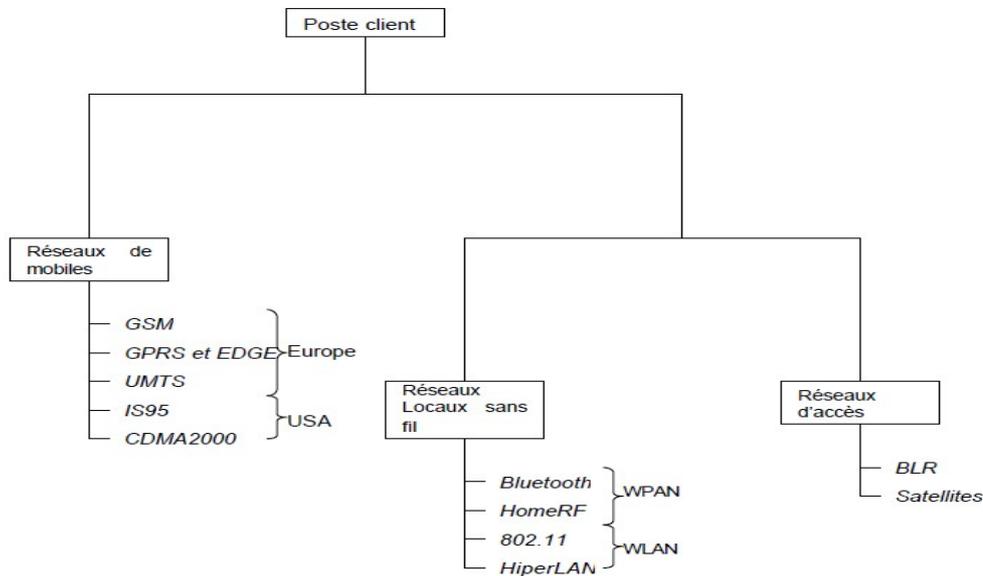


Figure.1 : Classification des reseaux sans fil

D'après cette classification des reseaux sans fil on déduit que le **GSM** est un réseau fil ,un réseau mobile.

Le **GSM (Global System for Mobile communications)**, est un système cellulaire numérique de télécommunication mobile. Il a été rapidement accepté et a vite gagné des parts de marché telles qu'aujourd'hui plus de 180 pays ont adopté cette norme et plus d'un milliard d'utilisateurs sont équipés d'une solution GSM. L'utilisation du numérique pour transmettre les données permettent, des services élaborés, par rapport à tout ce qui a existé. On peut citer, par exemple, la possibilité de téléphoner depuis n'importe quel réseau GSM dans le monde.

2-Historique de la norme GSM

L'organisme chargé de favoriser le développement du réseau GSM dans le monde s'appelle MOU (Memorandum of Understanding).L'adhésion au MOU est ouvert au réseau mobile crédit. Le MOU est actuellement situé en Suisse.

Le GSM: présenté par DJAGBA Prudence & HOUESSOU-ADJA Kevin

L'histoire de la téléphonie mobile (numérique) débute réellement en 1982. De 1984 à 1999 la norme GSM n'a pas cessé d'évoluer :

En **1984** le projet de GSM soutenu par le CEPT (Comité Européen des Postes et Télécommunication) reçoit l'approbation de la commission européenne. C'est le groupe spécial mobil (GSM) du CEPT qui développe la norme du GSM.

En **1987** Le premier protocole d'accord MOU est signé entre les opérateurs de 13 pays à Copenhague.

[redacted] institut) précède
[redacted] plus grande en
[redacted] 00 Mhz.

Fin **1992** c'est le vrai lancement du GSM. Parmi les premiers compétiteurs on trouve le Danemark (deux opérateurs), la Finlande (deux opérateurs), la France, l'Allemagne (deux opérateurs), l'Italie, le Portugal (deux opérateurs) et la Suède (trois opérateurs). 1992 est l'année d'ouverture vers un marché mondial.

En **1994** les USA réservent une grande partie de la bande 1900 Mhz à la norme GSM sous l'appellation «Personal Communication System » (PCS 1900)

En **1997** le DCS 1800 est renommé GSM 1800 pour refléter l'affinité entre les deux systèmes.

En mai **1997** il y a 15 réseaux PCS 1900 aux USA.

En **1999** le GSM représente la norme de réseau mobile la plus implantée. Elle regroupe en effet plus de 325 membres représentant plus de 130 pays. Le GSM s'installe maintenant au-delà de l'Europe et de l'Australie établissant une présence dans des zones aussi diverses que l'Inde, l'Afrique, l'Asie et le monde Arabe. La norme comprend plus de 6000 pages réparties en 130 volumes.

3- Les services offerts par GSM

Les services offerts par le système GSM comprennent : les téléservices, les services supports et les services supplémentaires.

□ Les téléservices

Les téléservices offrent une communication incluant les terminaux et éventuellement des applications. Il s'agit de la téléphonie, les télécopieurs groupe 3, la messagerie vocale, l'affichage des messages courts, le vidéotex.

La téléphonie

Le premier service offert par le réseau de téléphonie mobile est la transmission de voix pour pouvoir effectuer le contact téléphonique. Afin de disposer des services déjà offerts par le réseau fixe les tonalités doivent pouvoir être transmises en numérique au du GSM et converties en analogie vers le réseau fixe.

Les messages courts

Les services de message court en point à point permettent de réaliser un message bidirectionnel. Il peut être offert dans le sens d'abonné fixe vers abonné mobile ou dans le sens inverse. Les services de messages courts nécessitent la présence d'un serveur de messages courts : le SMSC (Short Message Service Center).

Les services supports

Ils comprennent l'offre d'une capacité de transmission entre les interfaces utilisateur définies. Les services supports sont de purs services de transport de données sur le réseau. Ces services fonctionnent sur le réseau à différents types de transmission spécifiques pour les messages à définir. Ces fonctions déterminent par exemple la possibilité pour le réseau de supporter plusieurs modes et débits de données.

□ **Les services supplémentaires**

Ils offrent un certain nombre d'amélioration au niveau support et télé-services qui sont les services de base. Il s'agit :

- Le renvoi d'appel
- L'identification de l'appelant
- L'indication d'appel en instance
- La mise en garde d'appel
- L'appel en conférence
- La restriction d'appel
- Groupe fermé d'usage
- Messagerie vocal
- Numérotation abrégé
- Rappel si occupation
- Le vidéotex
- La télécopie

Par ailleurs on note des services à valeur ajoutée. Ce sont :

- La facturation
- La diffusion des services commerciaux (tels que pharmacies, banques).

4-La cellule et sa station de base

Dans un réseau GSM, le territoire est découpé en petites zones appelées **cellules**

Chaque cellule est équipée d'une **station de base** fixe munie de ses antennes installées à un point haut (château d'eau, clocher d'église, immeuble ...).

Les cellules sont dessinées hexagonales mais la portée réelle des stations dépend de la configuration du territoire arrosé et du diagramme de rayonnement des antennes d'émission. Dans la pratique, les cellules se recouvrent donc partiellement.

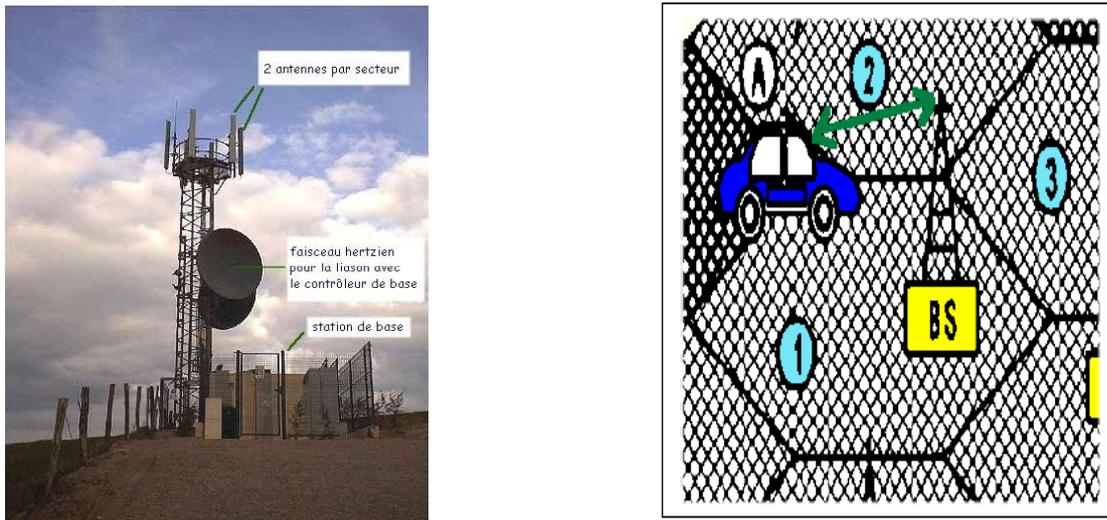


Figure 2 La station de base du réseau GSM.

Dans une cellule GSM typique (macrocellule) , les mobiles peuvent être situés jusqu'à 3 km de la station de base pour le GSM900 et 2 km (minicellule) pour le DCS1800 (puissance plus faible, atténuation plus importante avec la distance).

La taille limitée des cellules permet de limiter la puissance d'émission nécessaire pour la liaison et donc augmenter l'autonomie des mobiles.

5-Architecture d'un réseau GSM

5-1-Présentation de l'infrastructure du réseau GSM

Le réseau GSM a pour premier rôle de permettre des communications entre abonnés mobiles (GSM) et abonnés du réseau téléphonique commuté (RTC-réseau fixe).

Le réseau GSM s'interface avec le réseau RTC et comprend des commutateurs.

Le réseau GSM se distingue par un accès **spécifique** : la liaison radio.

Le réseau GSM est composé de trois sous-ensembles :

Le sous-système radio - BSS Base Station Sub-system assure et gère les transmissions radios s'établissant avec le téléphone portable.

Le sous-système d'acheminement - NSS Network Sub System (on parle aussi de SMSS Switching and Management Sub-System pour parler du sous-système

Le GSM: présenté par DJAGBA Prudence & HOUESSOU-ADJA Kevin

d'acheminement) qui permet la connexion d'un mobile vers un autre mobile ou vers un utilisateur du réseau fixe. Le NSS comprend l'ensemble des fonctions nécessaires pour appels et gestion de la mobilité.

Le sous système d'exploitation et de maintenance - OSS Operation Sub-System qui permet à l'opérateur d'exploiter son réseau.

Par ailleurs nous avons aussi **La station mobile MS** (Mobile Station : le téléphone portable) qui est transportée par l'utilisateur.

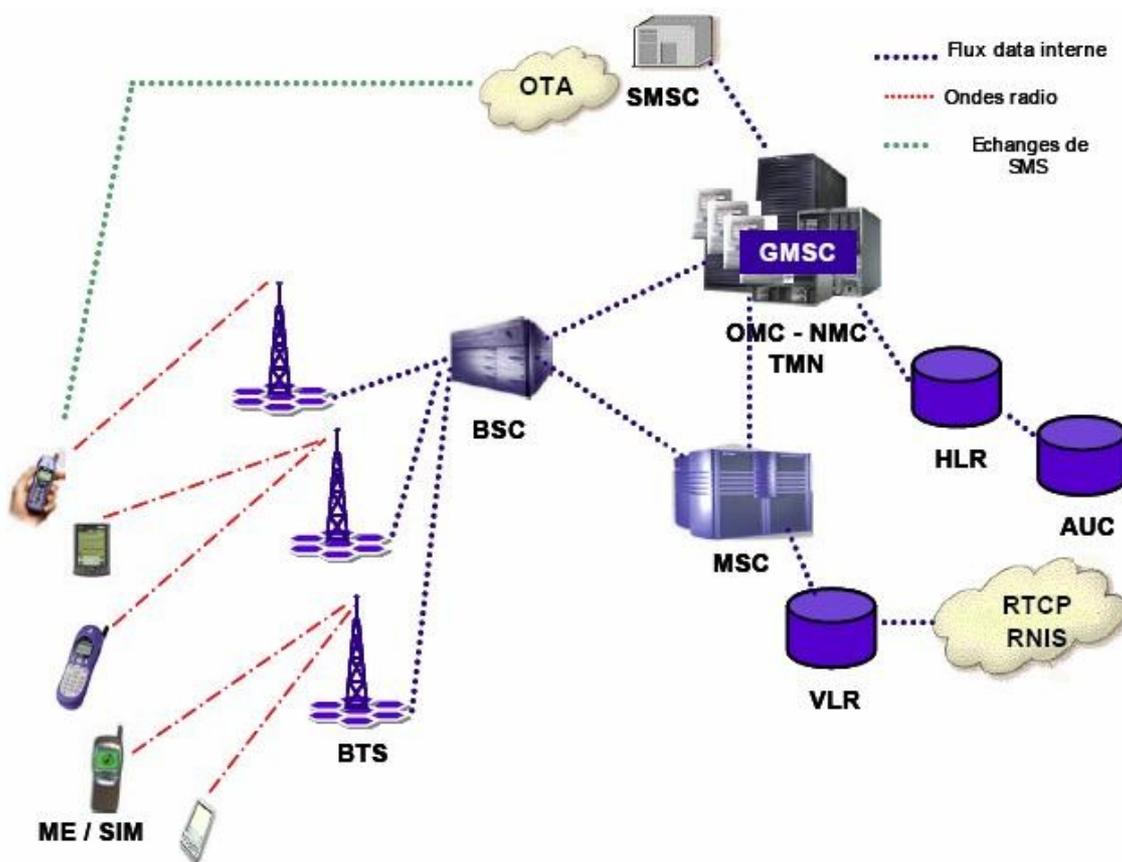


Figure 4 : Différents équipements d'un réseau GSM

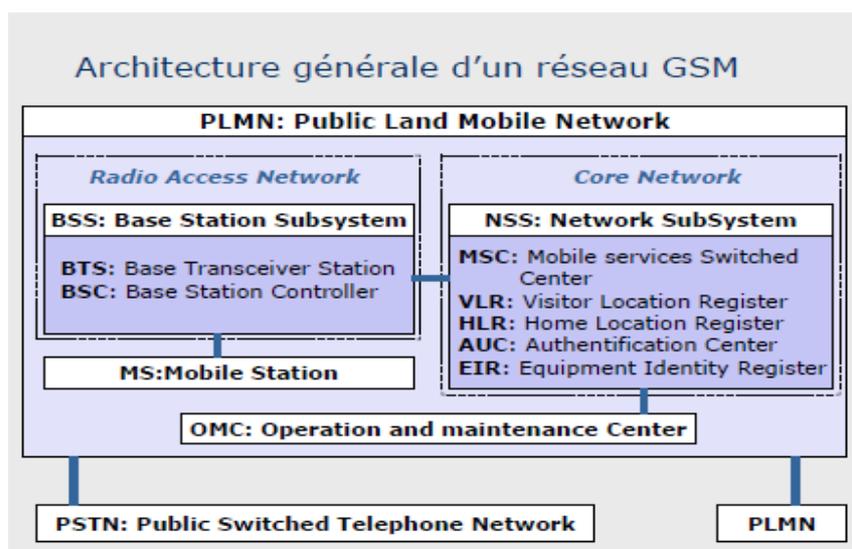


Figure 3 : Architecture du GSM

5-2- Les équipements d'un réseau GSM

- **BTS** : Base Transceiver Station (Station de base) assure la réception des appels et l'émission de données des équipements mobiles.
- **BSC** : Base Station Controller (Contrôleur station de base) assure le contrôle des stations de base.
- **MSC** : Mobile Switching Centre (Centre de commutation de mobile) assure la commutation dans le réseau.
- **HLR** : Home Location Register (Enregistrement de localisation normale). Base de données assurant le stockage des informations sur l'identité et la localisation des abonnés.
- **AUC** : Authentication Center (centre d'authentification). Assure l'authentification des terminaux du réseau
- **VLR** Visitor Location Register (Enregistrement de localisation pour visiteur). Base de données assurant le stockage des informations sur l'identité et la localisation des visiteurs du réseau.

5-3- Architecture matérielle du sous système radio BSS

Le BSS comprend les BTS qui sont des émetteurs-récepteurs ayant un minimum d'intelligence et les BSC qui contrôlent un ensemble de BTS et permettent une première concentration des circuits.

Fonctions de la BTS

La BTS est un ensemble d'émetteurs-récepteurs appelés TRX. Elle a pour fonction la gestion :

- des transmissions radios (modulation, démodulation, égalisation, codage et

correcteur d'erreurs).

- de la couche physique des réseaux.
- de la couche liaison de données pour l'échange de signalisation entre les mobiles et l'infrastructure réseau de l'opérateur.
- de la liaison de données avec le BSC.

L'exploitation des données recueillies par la BTS est réalisée par le BSC. La capacité maximale d'une BTS est de 16 porteuses (limite technique rarement atteinte pour des raisons de fiabilité). Ainsi une BTS peut gérer au maximum une centaine de communications simultanées.

On distingue deux types de BTS :

- Les BTS dites « normales »
- Les micro-BTS

On distingue ensuite différentes classes de BTS normales et micro, en fonction de la nature du réseau (GSM 900 ou DCS 1800) et de la puissance recherchée (puissance exprimée en Watt).

Les BTS normales sont les stations de base classiques utilisées dans les systèmes GSM avec des équipements complémentaires installés dans des locaux techniques et des antennes sur les toits.

Les micro-BTS sont utilisées pour couvrir les zones urbaines denses avec des micro-stations. Il s'agit d'équipements de faible taille, de faible coût qui permettent de mieux couvrir un réseau dense comme le quartier d'une ville à forte densité de population.

Le rayon d'une cellule varie entre 200m en milieu urbain et 30 km en milieu rural. Une cellule est au minimum couverte par la triangulation de trois BTS.

L'exploitation de la BTS se fait soit en local soit par télécommande au travers de son contrôleur de station (BSC).

Fonctions du BSC

Le BSC est l'organe intelligent du sous système radio. Le contrôleur de stations de base gère une ou plusieurs stations et remplit différentes fonctions de communication et d'exploitation. Pour le trafic abonné venant des BTS, le BSC joue un rôle de concentrateur et a un rôle de relais pour les alarmes et les statistiques émanant des BTS vers le centre d'exploitation et de maintenance. Pour le trafic issu du concentrateur, le BSC joue le rôle d'aiguilleur vers la station de base destinataire. Le BSC est une banque de données pour les versions logicielles et les données de configuration téléchargées par l'opérateur sur les

Le BSC pilote enfin les transferts entre deux cellules ; il avise d'une part la nouvelle cellule qui va prendre en charge l'abonné « mobile » tout en informant le back end system – ic

HLR - de la nouvelle localisation de l'abonné. Les BTS sont « contactées » par le centre maintenance et d'exploitation par le biais des BSC qui jouent ce rôle de relais.

5-4 Architecture matérielle du sous-système fixe NSS

Le NSS comprend des bases de données et des commutateurs.

Fonctions du HLR

Le HLR est une base de données de localisation et de caractéristiques des abonnés. Le réseau peut posséder plusieurs HLR selon des critères de capacité de machines, de fiabilité et d'exploitation. Le HLR est l'enregistreur de *localisation nominale* par opposition au VLR qui est l'enregistreur de *localisation des visiteurs*.

Le schéma ci-dessous décrit les informations gérées par le HLR. Une base de données qui conserve des données statiques sur l'abonné et qui administre des données dynamiques sur le comportement de l'abonné. Les informations sont ensuite exploitées par l'OMC. L'AUC est une base de données associée au HLR.

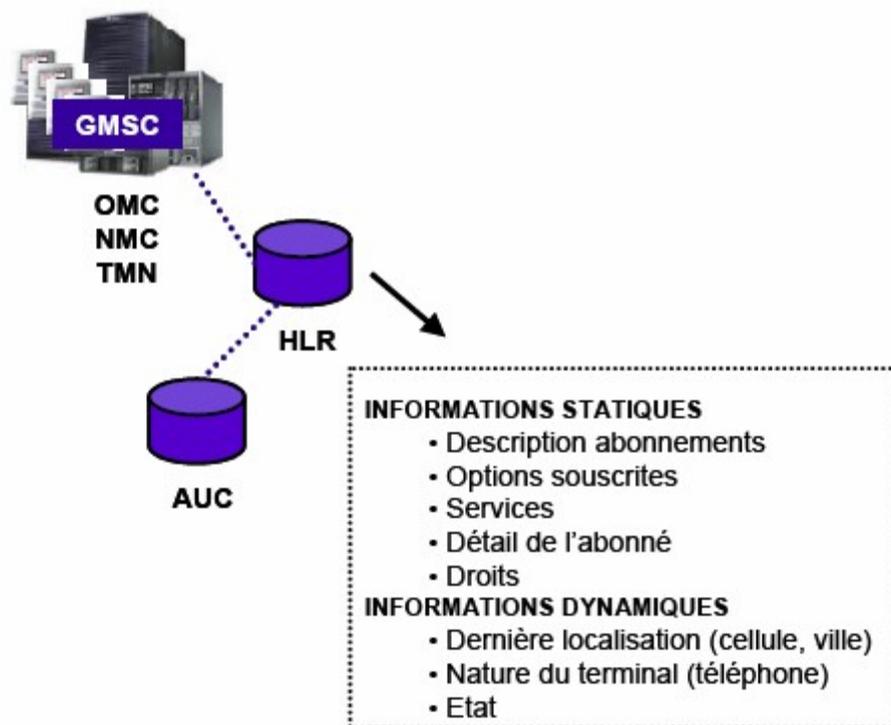


Figure 5 Les informations gérées par le HLR

La carte SIM qui transmet deux informations importantes : L'IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*) qui est gère par le HLR (l'IMSI donne des informations sur le réseau d'origine et le pays entre autre) et le KI (clé de cryptage) qui est géré par la base de données AUC.

Prenons un exemple.

Le GSM: présenté par DJAGBA Prudence & HOUESSOU-ADJA Kevin

IMSI + KI : Identification de l'abonné x

MSISDN : Numéro de téléphone de x (*Mobile Station ISDN Number*)

Le HLR vérifie que le couple IMSI + KI = MSISDN

Le AUC vérifie que le couple IMSI + KI est valide

Les informations dynamiques relatives à l'état et à la localisation d'un abonné sont actualisées en permanence. Ces informations sont particulièrement utiles lorsque le réseau achemine un appel vers l'abonné.

Fonction du MSC

Les MSC sont des commutateurs de mobiles généralement associés aux bases de données VLR. Le MSC assure une interconnexion entre le réseau mobile et le réseau fixe public. Le MSC gère l'établissement des communications entre un mobile et un autre MSC, la transmission des messages courts et l'exécution du handover si le MSC concerné est impliqué. (Le handover est un mécanisme grâce auquel un mobile peut transférer sa connexion d'une BTS vers une autre (handover inter BTS) ou, sur la même BTS d'un canal radio vers un autre (handover intra BTS)). On parle de transfert automatique inter/intra cellule. Le commutateur est un noeud important du réseau, il donne un accès vers les bases de données du réseau et vers le centre d'authentification qui vérifie les droits des abonnés. En connexion avec le VLR le MSC contribue à la gestion de la mobilité des abonnés (à la localisation des abonnés sur le réseau) mais aussi à la fourniture de tous les services offerts par le réseau : voix, données, messageries ... Le MSC peut également posséder une **fonction de passerelle, GMSC (Gateway MSC)** qui est activée au début de chaque appel d'un abonné fixe vers un abonné mobile.

Un couple MSC / VLR gère généralement une centaine de milliers d'abonnés. Les commutateurs MSC sont souvent des commutateurs de transit des réseaux téléphoniques fixes sur lesquels ont été implantés des fonctionnalités spécifiques au réseau GSM.

Fonctions du VLR

L'enregistreur de localisation des visiteurs est une base de données associée à un commutateur MSC. Le VLR a pour mission d'enregistrer des informations dynamiques relatives aux abonnés de passage dans le réseau, ainsi l'opérateur peut savoir à tout moment dans quelle cellule se trouve chacun de ses abonnés. Les données mémorisées par le VLR sont similaires aux données du HLR mais concernent les abonnés présents dans la zone concernée. A chaque déplacement d'un abonné le réseau doit mettre à jour le VLR du réseau de visite et le HLR de l'abonné afin d'être en mesure d'acheminer un appel vers l'abonné concerné ou d'établir une communication demandée par un abonné visiteur. Pour ce faire un dialogue permanent est établi entre les bases de données du réseau. La mise à jour du HLR est très importante puisque lorsque le réseau cherche à joindre un abonné, il interroge toujours le HLR de l'abonné pour connaître la dernière localisation de ce dernier, le VLR concerné est ensuite consulté afin de tracer le chemin entre le demandeur et le destinataire pour acheminer l'appel.

5-5- Sous système d'exploitation et de maintenance OSS

L'administration de réseau

L'administration du réseau comprend toutes les activités qui permettent de mémoriser et de contrôler les performances d'utilisation et les ressources de manière à offrir un niveau correct de qualité aux usagers.

On distingue 5 fonctions d'administrations :

- **L'administration commerciale** : La déclaration des abonnés et des terminaux, la facturation, les statistiques ...
- **La gestion de la sécurité** : La détection des intrusions, le niveau d'habilitation ...
- **L'exploitation et la gestion des performances** : L'observation du trafic et de la qualité (performance), les changements de configuration pour s'adapter à la charge du réseau, la surveillance des mobiles de maintenance ...
- **Le contrôle de configuration du système** : Les mises à niveau de logiciels, les installations de nouveaux équipements ou de nouvelles fonctionnalités ...
- **La maintenance** : Les détections de défauts, les tests d'équipements ...

Le système d'administration du réseau GSM est proche du concept TMN qui a pour objectif de rationaliser l'organisation des opérations de communication et de maintenance et de définir les conditions techniques d'une supervision économique et efficace de la qualité de service.

Architecture de TMN (Télécommunications Management Network)

L'administration des premiers réseaux se faisait de manière individuelle sur chaque équipement à partir d'un terminal simple directement connecté. Ainsi les fonctions disponibles étaient liées à la structure matérielle de l'équipement. Ce niveau d'administration est encore utilisable mais il est peu à peu remplacé par des terminaux déplaçables et reliés aux équipements par l'intermédiaire d'un réseau de données. Le réseau X.25 Transpac (réseau lancé par France Télécom et basé sur la transmission des données par paquet) est une option possible.

Fonctions de l'EIR (Equipment Identity register)

L'EIR est une base de données annexe contenant les identités des terminaux. Un terminal est identifié par un numéro de série dénommé IMEI (IMEI = numéro d'homologation (série). Numéro d'identifiant. Numéro du terminal). La base EIR est consultée lors des demandes de services d'un abonné pour vérifier si le terminal utilisé est autorisé à fonctionner sur le réseau. Ainsi l'accès au réseau peut être refusé si le terminal n'est pas homologué, si le terminal perturbe le réseau ou si ce même terminal a fait l'objet d'une déclaration de vol. Dans la réalité ces bases de données EIR sont peu utilisées fa

Le GSM: présenté par DJAGBA Prudence & HOUESSOU-ADJA Kevin

d'accords entre les opérateurs d'un même pays. La création d'une liste noire des terminaux volés pour en interdire leur utilisation pourra décourager les vols de téléphones portables.

Fonctions de l'AUC

Le centre d'authentification AUC (*Authentification Center*) mémorise pour chaque abonné une clé secrète utilisée pour authentifier les demandes de services et pour chiffrer (crypter) les communications. L'AUC de chaque abonné est associé au HLR. Pour autant le HLR fait partie du « sous système fixe » alors que l'AUC est attaché au « sous-système d'exploitation et de maintenance ». L'AUC avec l'IMSI et le MSISDN fait partie des données clé insérées dans la carte SIM de chaque abonné.

Présentation de l'OMC et du NMC

Deux niveaux de hiérarchie sont définis dans la norme GSM. Les OMC (*Operations and Maintenance Center*) et le NMC (*Network and Management Centre*). Cette organisation a été définie afin de permettre aux opérateurs télécoms de gérer la multiplicité des équipements (émetteurs, récepteurs, bases de données, commutateurs ...) et des fournisseurs.

Le NMC permet l'administration générale de l'ensemble du réseau par un contrôle centralisé.

Les OMC permettent une supervision locale des équipements (BSC /MSC / VLR) et transmettent au NMC les incidents majeurs survenus sur le réseau. Les différents OMC assurent une fonction de médiation.

NB : Plus généralement dans les schémas présentés dans cette partie, l'OMC désigne l'ensemble du sous système d'exploitation et de maintenance (OSS) TMN compris, et ce avec un souci de clarté et de simplification des représentations graphiques.

6-Architecture réseau en couches (modèle OSI)

La recommandation GSM établit un découpage des fonctions et une répartition de ces fonctions sur divers équipements. La structuration en couches reprend ce découpage en respectant la philosophie générale des couches du modèle OSI.

6-1-Couches réseaux gérées par le sous système radio (BSS)

Dans le BSS on retrouve les 3 couches de base du modèle OSI :

- **La couche physique** définit l'ensemble des moyens de transmission et de réception de l'information.
- **La couche liaison de données** a pour objet de fiabiliser la transmission entre deux équipements par un protocole.
- **La couche réseau** a pour fonction d'établir, de maintenir et de libérer des circuits

commutés (voix ou données) avec un abonné du réseau fixe. Cette couche est ensuite divisée en trois sous couches :

La sous couche RR (Radio Ressource) pour les aspects purement radio.

La sous couche MM (Mobility management) qui assure la gestion de la mobilité ce qui génère des échanges entre la MS et le réseau mise à jour de localisation.

La sous couche CM (Connection Management).

Elle assure la gestion des usagers, l'acheminement et l'établissement des appels d'un abonné. Elle est découpée en quatre entités :

L'entité CC (Call Control)

L'entité SMS (Short Message Service)

L'entité SS (Supplementary Services)

L'entité GCC (Group Call Control)

L'entité BCC (Broadcast Call Control)

6-2- Couches réseaux gérées par le sous système fixe (NSS)

Le réseau fixe NSS que nous avons vu précédemment regroupe ensuite les 4 couches complémentaires du modèle OSI. Le réseau NSS en GSM est relié et géré avec le réseau (Réseau Téléphonique Commuté) — réseau de téléphonie fixe initial. Les 4 couches complémentaires sont ainsi regroupées au sein de cet ensemble qui permet de gérer les connexions entre abonnés mobiles et abonnés fixes.

7- Les interfaces

Définition :

Lien entre deux entités du réseau, sur lequel transitent des informations particulières. Chaque interface est désigné par une lettre (norme GSM). Physiquement, la plupart sont des liaisons MIC.

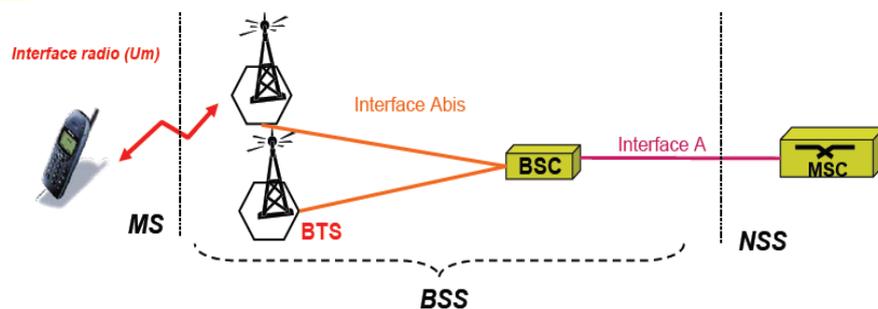


Figure 6 : Les interfaces du GSM

Les interfaces normalisées sont utilisées entre les entités du réseau pour la transmission du trafic (paroles ou données) et pour les informations de signalisation. Dans le réseau, les données de signalisation sont séparées des données de trafic. Toutes les liaisons entre équipements GSM sauf avec la station mobile sont des liaisons numériques. La liaison entre BTS et MS est une liaison radionumérique.

Interface Um appelée aussi Air ou radio, entre BTS et MS s'appuie sur le protocole L (Link Access Protocol on the D mobile channel). Il est utilisé pour le transport du trafic et des données de signalisation. Le téléphone portable et le sous système radio communiquent par l'intermédiaire de l'interface Um, qui est une liaison radio.

Interface A bis entre BTS et BSC s'appuie sur le protocole LAPD. Il est utilisé pour le transport du trafic et des données de signalisation.

Interface A entre BSC et MSC, s'appuie sur le protocole sémaphore N-7 du CCITT. Il est utilisé pour le transport du trafic et des données de signalisation. Le sous système radio et le système réseau communiquent par l'intermédiaire de l'interface A.

Les Interfaces

B entre MSC et VLR,

C entre MSC et HLR,

E entre MSC et MSC,

F entre MSC et EIR,

G entre VLR et VLR,

D entre VLR et HLR/AuC s'appuient sur le protocole sémaphore N-7 du CCITT pour les couches OSI basses (MTP, Message Transfert Protocol) et sur le protocole MAP (Mobile Application Protocol) pour la couche hautes. Ces interfaces sont utilisées en particulier pour le transport des données relatives à l'application des mobiles.

Les Interfaces REM entre OMC-R et BSS ou entre OMC-S et NSS, utilisent un réseau de transmission de données de type X25.

Les Interfaces passerelles entre le MSC et les réseaux publics s'appuient sur le protocole sémaphore N°7 du CCITT(UIT-T). Elles sont utilisées pour le transport du trafic et des données de signalisation.

Nom	Localisation	Utilisation
Um	MS-BTS	Interface radio
Abis	BTS-BSC	Divers
A	BSC-MSC	Divers
C	GMSC-HLR	Interrogation HLR pour appel entrant
	SM/GMSC-HLR	Interrogation HLR pour message court entrant
D	VLR-HLR	Gestion des informations d'abonnés et de localisation
	HLR-VLR	Services supplémentaires
E	MSC-SM/GMSC	Transport des messages courts
	MSC-MSC	Exécution des handovers
G	VLR-VLR	Gestion des informations d'abonnés
F	MSC-EIR	Vérification de l'identité du terminal
B	MSC-VLR	Divers
H	HLR-AUC	Echange des données d'authentification

Tableau 1 : résumé des différents types d'interface d'un réseau GSM

8- Concept de mobilité

8-1- Le roaming

8-1-1- Généralité

Tel que défini par les normes relatives au GSM, le roaming ou itinérance en français décrit la faculté de pouvoir appeler ou être appelé quelle que soit sa position géographique.

En pratique, le roaming désigne plus généralement la capacité des clients à accéder à leurs services de téléphonie mobile (voix ou données) depuis des réseaux visiteurs, ou, plus simplement, à partir d'un réseau ou pays étranger.

Cette faculté est possible du fait que le réseau mobile GSM conserve à chaque instant une information sur la zone de localisation de l'abonné mobile.

Par abus de langage, le terme Roaming désigne aujourd'hui le Roaming international.

8-1-2- Les différents types de Roaming

Le Roaming Régional

Le GSM: présenté par DJAGBA Prudence & HOUESSOU-ADJA Kevin

L'abonné a le droit de roamer uniquement sur une région donnée. Dans les premiers temps du réseau GSM, certains opérateurs mobiles auraient prévu de proposer des offres restreintes à une région. Avec le succès du GSM et la baisse des coûts du mobile, ce type d'offre a disparu.

Quoique dans les pays de grande extension géographique et constitués de plusieurs régions (USA, Russie, Inde, Chine, etc.), ce genre de Roaming peut exister mais est à la limite de la notion entre Roaming Régional et Roaming National.

□ Le Roaming National

En français, le "Roaming National" peut se traduire par "Itinérance Nationale". L'abonné peut roamer ou se localiser d'un opérateur mobile à un autre dans un même pays. Le "Roaming National" n'est pas appliqué en Côte d'Ivoire. Il sert concrètement à couvrir les zones blanches (zone mal couverte), c'est-à-dire il permet par exemple à des abonnés Orange d'utiliser le réseau MOOV là où Orange n'offre pas de couverture ou vice et versa.

□ Le Roaming International

L'abonné peut aller roamer sur un opérateur d'un pays étranger. Bien qu'inexact, le terme est devenu d'usage courant de réduire le terme "Roaming" au roaming international. Pour permettre aux abonnés d'un opérateur mobile de passer en toute transparence d'un réseau de communication sans fil à un autre, les deux opérateurs mobiles passent un accord à plusieurs niveaux :

- contractuel,
- commercial,
- financier,
- technique,
- etc.

Tous les opérateurs téléphoniques mobiles passent des accords de ce type d'un pays à l'autre pour permettre à leurs clients d'être en continuité de service ou qu'ils se trouvent dans une zone blanche. L'accord est toujours bilatéral pour permettre aux abonnés de chaque opérateur d'aller roamer sur le réseau de l'autre opérateur.

8-2- Le handover

Le **handover** (transfert automatique intercellulaire) est un mécanisme fondamental de la communication cellulaire (GSM ou UMTS par exemple). Globalement, c'est l'ensemble des opérations mises en œuvre permettant qu'une station mobile (en anglais Mobile Station, MS) puisse changer de cellule sans interruption de service.

Le processus consiste à ce qu'un terminal mobile maintienne la communication en cours lors d'un déplacement qui amène le mobile à changer de cellule. En effet lorsque le signal de transmission entre un combiné et une station de base s'affaiblit, le système de la combinaison trouve une autre station de base disponible dans une autre cellule, qui est capable d'assurer à nouveau la communication dans les meilleures conditions.

Ce mécanisme permet l'itinérance entre cellules ou opérateurs.

8-2-1-Nécessité d'un handover

Il existe trois cas où un handover est nécessaire :

-Rescue Handover : la MS quitte la zone couverte par une cellule pour une autre. C'est la qualité de transmission qui détermine la nécessité du handover, qualité indiquée par le taux d'erreur, le niveau du signal reçu et le délai de propagation.

-Confinement handover : la MS subirait moins d'interférences si elle changeait de cellule (les interférences sont dues en partie aux autres MS dans la cellule). La station mobile écoute en permanence d'autres cellules pour mesurer la qualité d'une connexion avec les cellules voisines. De plus, chaque MS est synchronisée avec plusieurs BTS pour être prête en cas de handover.

-Trafic Handover : Le nombre de MS est trop important pour la cellule, et des cellules voisines peuvent accueillir de nouvelles MS. Cette décision nécessite de connaître la charge des autres BTS.

Le handover tient compte de la direction du mouvement et dans tous les cas, il est géré par le MSC.

8-2-2-Types de handover

La station Mobile MS ayant déjà un canal dans une cellule donnée (gérée par un BSC et un MSC donnés), il reçoit un nouveau canal. Il existe quatre types de handover :

-Handover Intra-BSC (Base Station Controller) : le nouveau canal est attribué à la MS dans la même cellule ou une autre cellule gérée par le même BSC.

-Handover Intra-MSC : le nouveau canal est attribué à la MS mais dans une cellule gérée par un autre BSC, lui-même étant géré par le même MSC.

-Handover Inter-MSC : le nouveau canal est attribué dans une cellule qui est gérée par un autre MSC.

-Handover Inter-System : un nouveau canal est attribué dans un autre réseau mobile (celui qui est en charge de la MS (exemple entre un réseau GSM et un réseau UMTS)).

9-Transmission sur le réseau GSM : le fonctionnement du mobile

A la **mise sous tension** se passent les opérations suivantes :

L'utilisateur valide sa carte SIM en tapant au clavier son numéro de code PIN

- le récepteur du GSM scrute les canaux de la bande GSM et mesure le niveau reçu
- le mobile repère la voie balise de niveau le plus élevé correspondant à son opérateur

Le GSM: présenté par DJAGBA Prudence & HOUESSOU-ADJA Kevin

- le mobile récupère les informations de correction de fréquence lui permettant de se caler précisément sur les canaux GSM
- le mobile récupère le signal de synchronisation de la trame TDMA diffusé sur le BCCH et synchronise sa trame
- le mobile lit sur le BCCH les infos concernant la cellule et le réseau et transmet à la BTS l'identification de l'appelant pour la mise à jour de la localisation.

Le mobile a alors achevé la phase de mise en route et se met en **mode veille**, mode dans lequel il effectue un certain nombre d'opérations de routine :

- lecture du Paging Channel qui indique un appel éventuel
- lecture des canaux de signalisation des cellules voisines
- mesure du niveau des BCH des cellules voisines pour la mise en route éventuelle d'une procédure de hand-over.

A la **réception d'un appel** :

- L'abonné filaire compose le numéro de l'abonné mobile : 06 XX XX XX XX
- l'appel est aiguillé sur le MSC (commutateur de services mobiles) le plus proche qui recherche l'IMSI dans le HLR et la localisation du mobile dans le VLR
- le MSC le plus proche du mobile (Visited MSC) fait diffuser dans la zone de localisation couvrant plusieurs cellules, un message à l'attention du mobile demandé (par le Paging Channel)
- le mobile concerné émet des données sur RACH avec un Timing Advance fixé à 0 et un niveau de puissance fixé par le réseau (ces paramètres seront ajustés ultérieurement)
- le réseau autorise l'accès par le AGCH et affecte au mobile une fréquence et un time-slot
- l'appelé est identifié grâce à la carte SIM le mobile reçoit la commande de sonnerie
- décrochage de l'abonné et établissement de la communication

Lors de l'**émission d'un appel** :

- l'abonné mobile compose le numéro du correspondant du réseau téléphonique commuté
- la demande arrive à la BTS de sa cellule par le Random Access Channel
- elle traverse le BSC pour aboutir dans le commutateur du réseau MSC
- l'appelant est identifié et son droit d'usage vérifié
- l'appel est transmis vers le réseau public
- le BSC demande l'allocation d'un canal pour la future communication
- décrochage du correspondant et établissement de la communication

10- Les fréquences de travail du GSM

Le GSM: présenté par DJAGBA Prudence & HOUESSOU-ADJA Kevin

Dans le système GSM/DCS, deux bandes de fréquences sont utilisées, l'une autour 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
- écart entre les deux fréquences 45 MHz
- 174 canaux espacés de 200 kHz

bande DCS (bande de largeur totale 75 MHz)

- de 1710 à 1785 MHz du mobile vers la base
- de 1805 à 1880 MHz de la base vers le mobile
- écart entre les deux fréquences 95 MHz
- 374 canaux espacés de 200 kHz

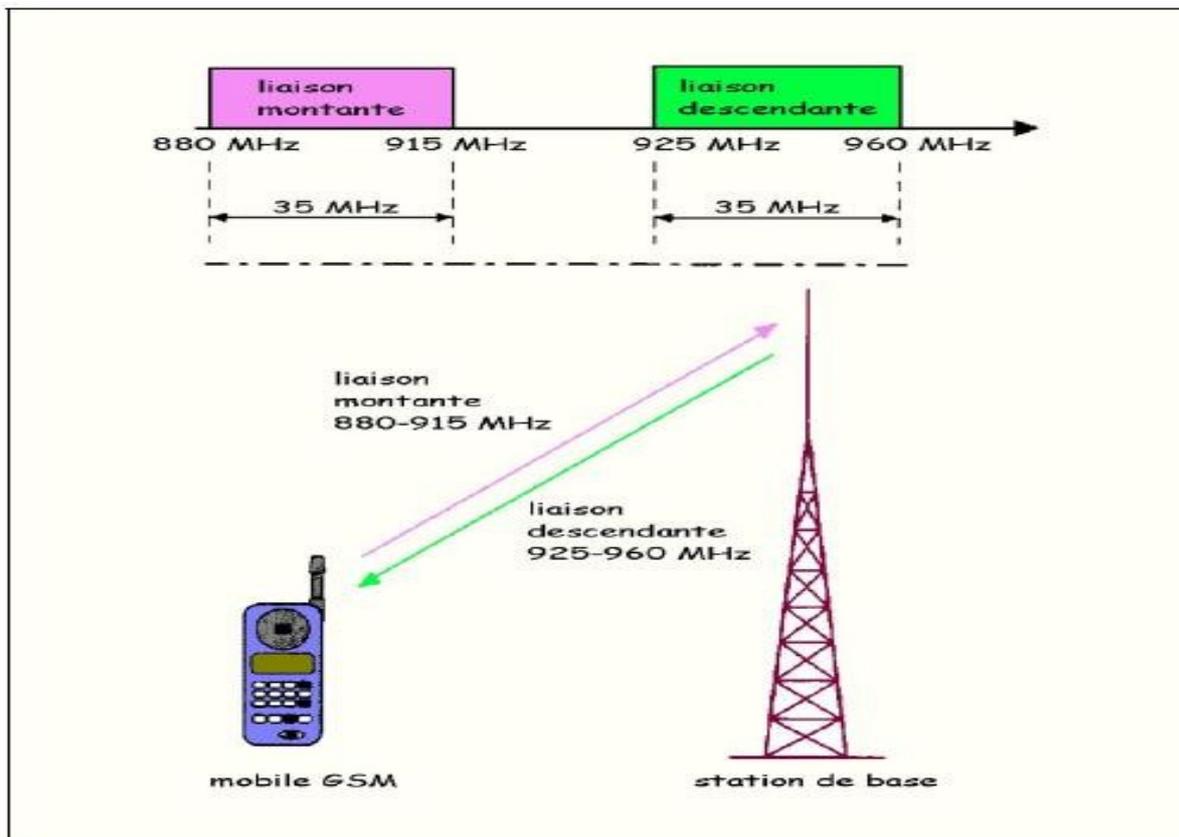


Figure 7 : Intervalle de fréquences de fonctionnement du GSM

Chaque porteuse GSM ou DCS est identifiée de manière unique par un numéro n , désigné par le sigle ARFCN, codé sur 10 bits conformément au plan suivant où la fréquence de la porteuse descendante est exprimée en MHz:

$$\text{pour } 1 \leq n \leq 124 \quad f = 935 + (0,2 \times n) \quad (\text{GSM})$$

pour $975 \leq n \leq 1024$ $f = 935 + (0,2 \times (n-1024))$ (GSM étendu EGSM)

pour $512 \leq n \leq 885$ $f = 1805,2 + (0,2 \times (n-512))$ (DCS 1800)

Exemple : pour $n=10$, voie descendante à $935 + (0,2 \cdot 10) = 937$ MHz et voie montante à $937 - 45 = 892$ MHz

Remarque : ce numéro de canal peut changer durant une communication lorsque la bande de fréquence devient insuffisante (**saut de fréquence** ou **frequency hopping**).

11- Le traitement de la voix

Le GSM est un téléphone numérique, la voix est donc digitalisée et traitée sous forme numérique par un processeur de signal ou DSP (Digital Signal Processor) :

- Le son est capté par le microphone qui fournit un signal analogique **(1)**
 - il est échantillonné **(2)** et transformé en échantillons binaires codés sur 13 bits par un Convertisseur analogique-numérique **(3)**
 - les mots binaires sont sérialisés **(4)** avec un débit brut de $D=8000 \times 13=104$ kbits/s
- Une fois le signal vocal numérisé, il entre dans le DSP pour y subir un certain nombre de traitements numériques :
- ce signal binaire a un débit beaucoup trop important pour être transmis tel quel. Il va donc subir une diminution de débit importante **(5)** grâce au **vocodeur GSM** qui abaisse le débit à 13 kbits/s

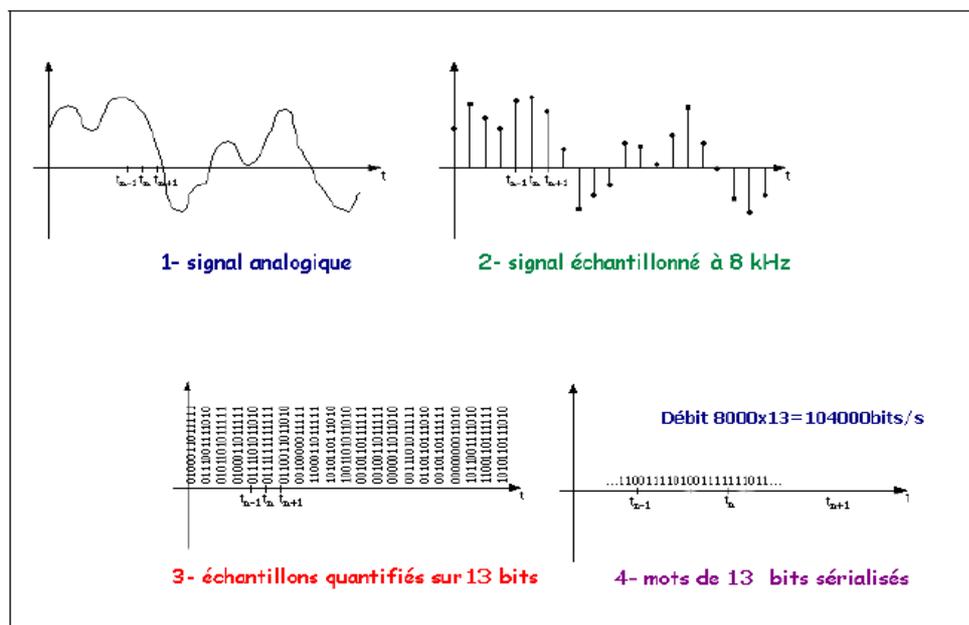


Figure 8 : Différentes étapes suivies par le signal sonore du GSM

- les données numériques ainsi obtenues sont protégées par des **codes correcteurs d'erreurs** permettant de réparer à l'arrivée les erreurs de transmission qui ont pu s'introduire à la suite d'aléas de propagation ou de parasites **(6)**
- L'application d'**algorithmes de cryptage** **(6)** assure la confidentialité des communications

- les données sont enfin regroupées en paquets de 156 bits et de durée 577 μs (6) pour constitution de la trame

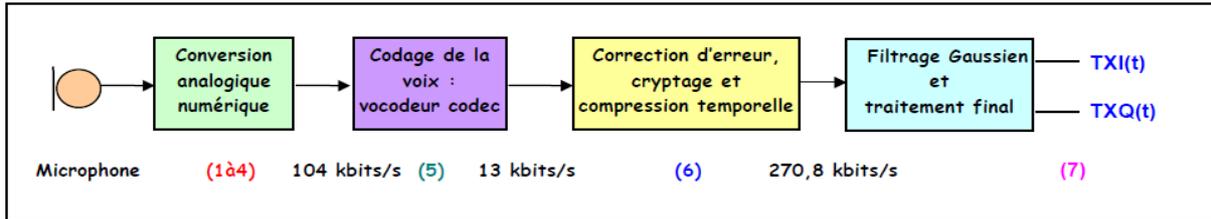


Figure 9 : les étapes de traitement du signal vocal

Après tous ces traitements, les données binaires sortent en (7) regroupées en paquets de 156 bits sous la forme de 2 signaux TXI(t) et TXQ(t) et sont prêts à entrer dans les circuits d'émission pour moduler la porteuse.

12-Évolution des systèmes cellulaires (1G, 2G, 3G, 4G)

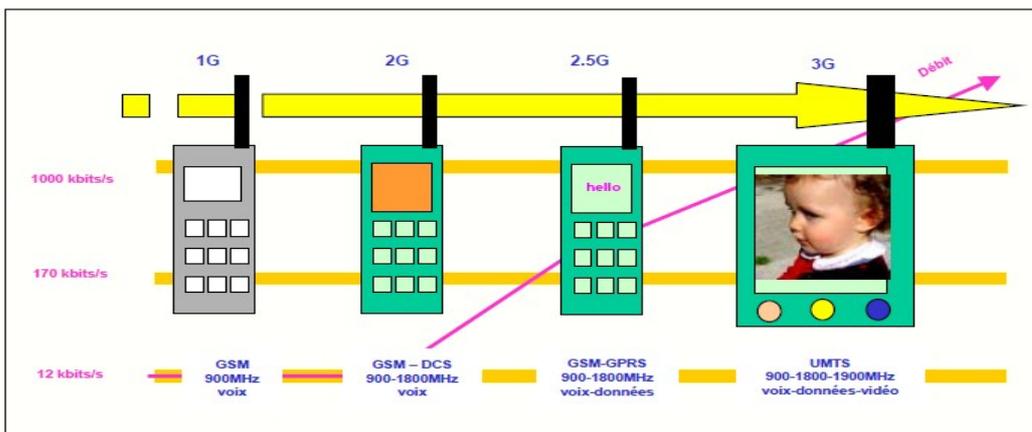


Figure 10 : Evolution du GSM

Évolution des systèmes cellulaires: 1G



Figure 11 : exemple de GSM Première génération

Problèmes:

- Capacité limitée, car système basé sur FDMA
- Mobilité limitée particulièrement entre réseaux de fournisseurs différents
- Fraude, absence de mécanismes de sécurité
- Analogique (canal de contrôle et de la voix)

Évolution des systèmes cellulaires: 2G



Figure 12 : exemple de GSM deuxième génération

Avantages et limitations:

- Capacité augmentée, sur TDMA et CDMA
- Sécuritaire contre la fraude
- Numérique (canal de contrôle et de la voix)
- Services plus évolués, mais toujours orientés voix, pas de données

Évolution des systèmes cellulaires: 3G



Figure 13: exemple de GSM troisième génération

Pourquoi 3G?

- Communications de données:
 - Internet
 - Commerce électronique
 - Communications multimédia
- Façon de communiquer
 - Courriel électronique
 - Web à l'échelle mondiale

Messagerie instantanée
Services plus évolués

Services offerts par le système 3G

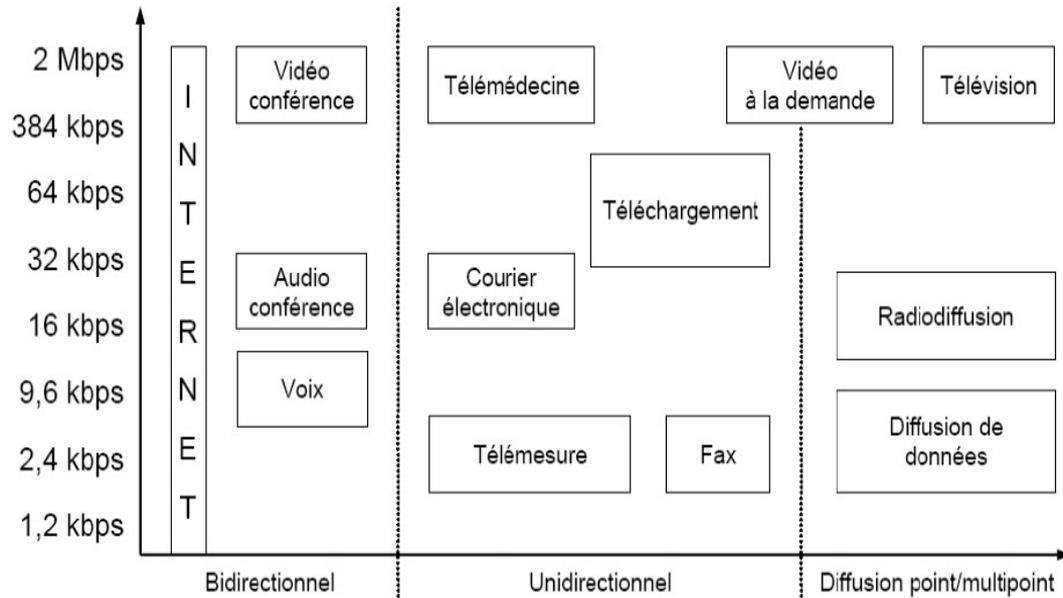


Figure 14 : Différents services offerts par le système mobile de troisième génération

Évolution des systèmes cellulaires: 4G



Figure 15: exemple de GSM quatrième génération

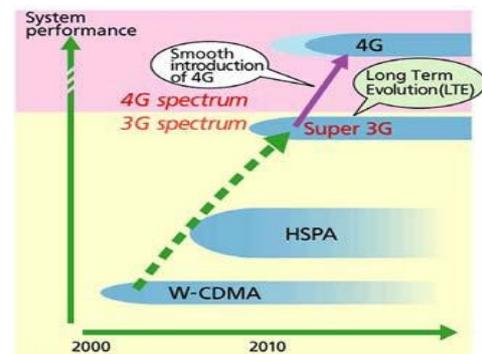


Figure 16 : Diagramme de performance

- Débit de données de plus en plus élevé
- Couverture des données omniprésente
- Interopérabilité
- Appareil mobile avec de multiples interfaces radio Basé sur la technologie tout-IP
- Mobilité sans coupure

- Utilisation OFDM: OFDMA, TDCDMA, TD-SCDMA
- Interfacé sans coupure avec WLAN, WiMAX, WiMAN

13- La révolution des réseaux GSM vers l'UMTS

13-1- Le réseau GPRS

13-1-1 Présentation de l'infrastructure d'un réseau

Un réseau GPRS est en premier lieu un réseau IP. Le réseau est donc constitué de routeurs IP. L'introduction de la mobilité nécessite par ailleurs la précision de deux nouvelles entités :

- Le noeud de service — le SGSN.
- Le noeud de passerelle — le GGSN.

Une troisième entité— le BG joue un rôle supplémentaire de sécurité.

Le réseau GPRS vient ajouter un certain nombre de « modules » sur le réseau GSM sans changer le réseau existant. Ainsi sont conservés l'ensemble des modules de l'architecture GSM, nous verrons par ailleurs que certains modules GSM seront utilisés pour le fonctionnement du réseau GPRS.

La mise en place d'un réseau GPRS va permettre à un opérateur de proposer de nouveaux services de type "Data" ses clients. Le GPRS est en mode paquets

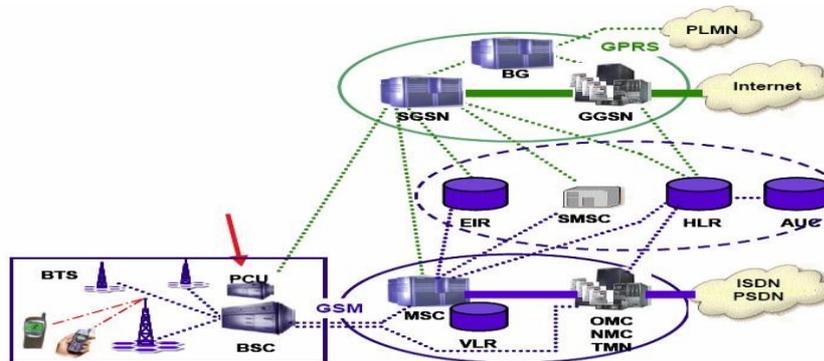


Figure 17 : Architecture d'un réseau GPRS

13-1-2- Les équipements d'un réseau GPRS

Le noeud de service (SGSN)

Le noeud de service dénommé SGSN (Serving GPRS Support Node) est relié au BSS du réseau GSM. Le SGSN est en connexion avec l'ensemble des éléments qui assurent et gèrent les transmissions radio : BTS, BSC, HLR ...

Le SGSN joue un rôle de routeur, il gère les terminaux GPRS présents dans une zone donnée. Le SGSN est le « contrôleur » des terminaux GPRS présents dans sa zone de

surveillance.

Le noeud de passerelle (GGSN)

Le noeud de passerelle GPRS dénommé GGSN (Gateway GPRS Support Node) est relié à un ou plusieurs réseaux de données (Internet, autre réseau GPRS ...). Le GGSN est un routeur qui permet de gérer les transmissions de paquets de données :

- Paquets entrants d'un réseau externe, acheminés vers le SGSN du destinataire.
- Paquets sortants vers un réseau externe, émanant d'un destinataire interne au réseau.

NB : les termes SGSN et GGSN désignent des entités fonctionnelles qui peuvent facilement être implantées dans un même matériel. L'ensemble des SGSN, des GGSN, des routeurs IP et des liaisons entre équipements est appelé réseau fédérateur GPRS. A noter enfin que chaque SGSN et chaque GGSN disposent au minimum d'une adresse IP fixe au sein du réseau.

Le module BG pour la sécurité

Les recommandations introduisent le concept de BG (Border Gateway) qui permettent de connecter les réseaux GPRS via un réseau fédérateur et qui assurent les fonctions de sécurité pour la connexion entre ces réseaux. Ces BG ne sont néanmoins pas spécifiés par 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 2 opérateurs concurrents par exemple)

Le routeur IP

L'opérateur peut prendre le parti de gérer et d'administrer ses propres routeurs IP afin d'ouvrir le réseau GPRS vers les réseaux de données externes. (Voir la partie 2.5 sur l'acheminement des données en mode paquet).

2.2.5 Le module PCU sur les BSC et le module CCU sur les BTS

La mise en place d'un réseau GPRS au contraire du réseau UMTS ne nécessite pas de couvrir le territoire avec de nouvelles antennes puisque l'architecture GSM est réutilisée. Néanmoins, des modifications sont apportées en ajoutant des composants sur les structures de couverture du réseau GSM.

- Sur les antennes - les BTS - est ajoutée un module CCU (Channel Codec Unit). Cette entité permet de gérer les envois d'informations vers le module SGSN.
- La norme GPRS introduit également un équipement appelé PCU (Packet Control Unit) généralement située sur les BTS (comme sur les schémas ci dessus), les BSC ou le SGSN. Le PCU a pour fonction de gérer l'échéancier de transmission et l'acquiescement des blocs sur les canaux de données.

Le mobile GPRS

L'usage attendu par le réseau GPRS est la possibilité de consulter de manière interactive des serveurs. Cela nécessite donc un débit plus important sur la voie descendante que sur la voie montante. On parle de mobile multi slot : le terminal doit être en mesure de recevoir ou de transmettre des informations sur plusieurs intervalles de temps. Le coût engendré par ces contraintes techniques amène l'opérateur à proposer à ses abonnés des terminaux plus onéreux. L'opérateur propose généralement un terminal GSM - GPRS capable de gérer les communications Voix et Data à des débits acceptables.

La carte SIM

La carte SIM utilisée pour l'accès au réseau GPRS est une carte SIM similaire à celle requise pour accéder au réseau GSM classique. Quelques fichiers sont simplement ajoutés lors de la phase de personnalisation chez le fabricant de cartes.

13-1-3-Les équipements GSM utilisés

Le réseau GPRS appuie son architecture sur les éléments du réseau GSM.

- Les BTS et BSC permettent de couvrir un territoire national pour localiser les terminaux.

- Le MSC et le VLR permettent également de gérer les problématiques d'itinérance des abonnés sur les réseaux GSM et GPRS.

- Le SMSC et le GMSC permettent la communication interne au réseau par l'envoi de messages courts à destination du terminal GPRS.

- Le HLR permet de gérer les problématiques liées à la localisation des individus (en mode GPRS, fournir une carte de la ville où se trouve l'abonné).

- L'EIR permet de gérer les problématiques liées au terminal visé (est-il compatible avec les données que le réseau souhaite lui faire parvenir ?)

Le réseau GPRS est totalement dépendant du bon fonctionnement des infrastructures du réseau GSM. Le réseau GSM constitue donc en effet une base pour la mise en place du réseau GPRS.

13-1-4-Les interfaces réseau GPRS

Nom de l'interface	Localisation	Utilisation	Protocole
Um	MS -BTS	Interface radio	
Abis	BTS - BSC	Divers	
Gb	BSC - SGSN	Divers	
Gc	GGSN - HLR	Interrogation HLR pour activation service	IP / SS7
Gd	SGSN - SMS-GMSC	Echange de messages courts	SS7
Gf	SGSN - EIR	Vérification de l'identité du terminal	SS7
Gi	GGSN - réseau de données	Transfert de données	IP
Gn	SGSN - SGSN	Gestion de l'itinérance	IP
Gp	BG - BG	Liaison inter-opérateur	IP
Gr	SGSN - HLR	la de Gestion localisation	SS7
Gs	SGSN - MSC/VLR	Gestion coordonnées itinérance entre GSM et GPRS	SS7

Tableau 2 : Résumé des interfaces du GPRS

L'ensemble des éléments GSM et GPRS est associé 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 (Voir cours sur Normes et protocoles).
- Le protocole SS7 (Signal Sémaphore 7) qui est un protocole interne au réseau GPRS.

13-1-5-L'acheminement en mode paquet

Lorsque le mobile transmet des données vers un terminal fixe, les données sont transmises via le BSS (BTS + BSC) au SGSN qui envoie ensuite les données vers le GGSN qui les route vers le destinataire. Le routage vers des terminaux (terminal mobile vers terminal mobile ou terminal fixe vers terminal mobile) utilise le principe de l'encapsulation et des protocoles tunnels (partie en surbrillance orange sur le schéma ci-dessous). Les données reçues au GGSN sont transmises au SGSN dont dépend le mobile destinataire.

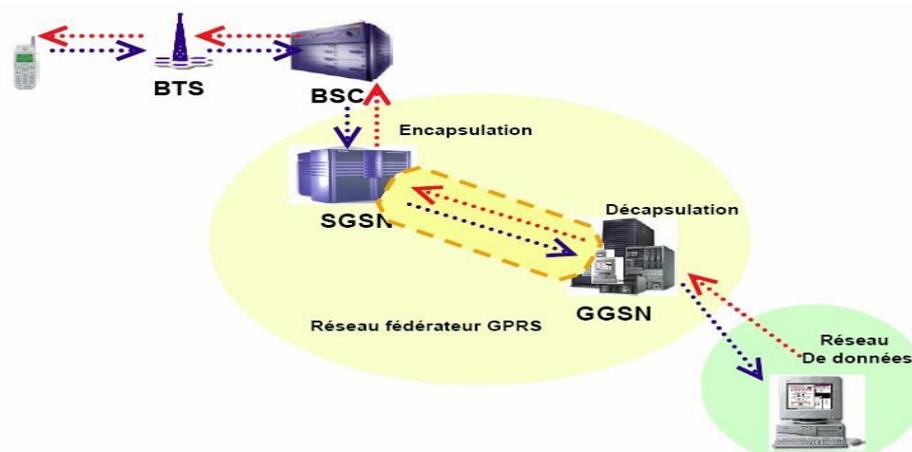


Figure 18 : Acheminement en mode paquet des données

Ainsi des données recueillies en protocole IP de l'extérieur via un routeur IP pourront être communiquées dans des paquets X25 par le principe du tunnel encapsulation - décapsulation. On parle de protocole PDP (Packet Data Protocol), l'encapsulation consiste à placer une unité de protocole A dans une unité de protocole B sans que ce dernier ne se préoccupe du format des données transportées.

13-1-6-Les apports du réseau GPRS

Le GPRS peut finalement être vu comme un réseau de données à part entière qui dispose d'un accès radio tout en réutilisant une partie du réseau GSM. Les débits prévus permettent d'envisager des applications comme la consultation de sites Internet ou le transfert de fichiers en mode FTP (File Transfer Protocol). Dans la première version du GPRS seul un service de transmission de point à point (PTP - Point To Point) sera proposé. Une information envoyée par un terminal vers un terminal. Les services points à multi-point (PTM - Point To Multipoint) - une information envoyée d'un agrégateur de contenu vers 1000 terminaux - seront ensuite proposés à des communautés ou des zones géographiques. On parle de PTP Broadcast.

GPRS offre enfin un service de messagerie entre les terminaux.

13-1-7-La gestion de itinérance

La gestion de l'itinérance reprend les principes du réseau GSM avec le regroupement des cellules en zones. Le terminal GPRS peut se trouver dans trois modes :

Etat de « repos », le mobile est éteint.

Etat de « surveillance », le mobile est localisé au niveau de la zone de routage *.

Le mobile peut être appelé par le SGSN.

Etat « prat », le mobile est localisé au niveau de la cellule. Le mobile peut recevoir des informations ; dans cet état le terminal est localisable à la cellule près.

Une zone de routage est un regroupement de cellules (cellules réseau GSM).

En état de « surveillance » puis de « prat », le terminal ne monopolise pas de canal radio s'il n'y a pas de transmission ou de réception de données. La base de données HL communique avec le module SGSN – gère les identités des abonnés en ajoutant de nouveaux éléments par rapport au mode GSM comme le protocole réseau utilise ou le terminal acquis.

13-1-8-La gestion des sessions

Un mobile GPRS peut gérer différents protocoles réseaux; de même l'utilisateur peut ouvrir plusieurs sessions pour accéder à plusieurs services simultanément sur un même terminal. Le réseau GPRS définit la notion de « contexte PDP » où sont « enregistrées » l'ensemble des données relatives à une session stockée dans le mobile, le SGSN ou le GGSN. Un contexte PDP contient ainsi :

Le type de réseau utilisé (X.25, IP ...)

L'adresse du terminal retenue

L'adresse IP du SGSN gérant la zone où se trouve l'individu

Le point d'accès au service

La qualité de service négociée

Ainsi lorsque l'abonné au moyen de son mobile appelle plusieurs services, plusieurs sessions sont générées créant plusieurs environnements PDP. L'environnement PDP pourra être initié par le réseau (pour des données émanant de l'extérieur à destination d'un abonné) ou par le terminal (pour des données émanant de l'abonné vers l'extérieur ou vers un autre abonné).

13-1-9-Avantages du GPRS sur le GSM

Parmi les avantages de GPRS comparés au GSM pour les services de données, figurent :

Des débits élevés : les débits proposés par le GPRS sont supérieurs au débit de 9,6 kbit/s offert par le GSM pour le transfert de données : ceci est possible en configurant l'équipement mobile afin d'utiliser plusieurs ITs (intervalles de temps) dans les sens montants et descendants. En pratique, un équipement GPRS peut généralement utiliser 4 ITs dans le sens descendant et 2 ITs dans le sens montant. Les débits obtenus sont alors de 40 kbit/s et 20 kbit/s respectivement.

Une connexion permanente : outre une augmentation de débit, le temps d'établissement de session GPRS et l'accès au service est plus court qu'avec GSM. Une session est établie pour transférer et recevoir des données, si l'utilisateur dispose d'une adresse IP statique, il est possible de notifier la station mobile de l'arrivée de paquet (push) afin qu'elle puisse ouvrir une session GPRS et recevoir les données. Alors que le GSM actuel fonctionne en mode "connecté", appelé également mode "circuit", le GPRS utilise pour sa part le mode connexion virtuel. En mode "virtuel", les ressources sont partagées. L'IT n'est jamais attribué à un utilisateur unique, mais partagé entre un certain nombre d'utilisateurs. Chaque utilisateur en dispose lorsqu'il en a besoin et uniquement dans ce cas. Le reste du temps, les ressources sont disponibles.

Une facturation au volume ou au contenu : GPRS permet de facturer les services en fonction du volume (nombre de paquets échangés) ou en fonction du contenu (par image envoyée ou vidéo), à la différence de la politique de facturation à la durée pour le transfert de données en mode circuit. Cela permet de disposer d'une session de données "permanente" sans que l'utilisateur ait à payer pour les périodes d'inactivité et sans allocation de ressource de manière statique.

Un support pour de nouveaux services : Parmi les applications envisageables grâce au réseau GPRS, figurent :

- La navigation sur Internet à partir d'un portable ou d'un PDA.
- L'envoi et la réception de photos ou cartes postales.
- L'envoi et la réception de séquences vidéo telles que des bandes annonce.
- L'usage des groupes de discussions (chat).
- L'accès au réseau Intranet de son entreprise.
- Le partage des données.
- La télémétrie.

Ces applications n'étant pas exhaustives, de nombreuses nouvelles applications vont apparaître sur le marché au fur et à mesure que le taux de transfert augmentera.

Une intégrité du transfert des données : GPRS améliore l'intégrité du transfert de données à travers plusieurs mécanismes. D'abord, les données de l'utilisateur sont encodées avec des redondances afin d'améliorer la résistance aux mauvaises conditions radio. Cette redondance est plus ou moins importante en fonction de la qualité de l'interface radio. GPRS définit quatre scénarii de codage, CS1 à CS4. Initialement, seuls CS-1 et CS-2 seront supportés, permettant un débit de 9 et 14 kbit/s par IT. Si une erreur est détectée sur une trame reçue dans la BSS, la trame est retransmise jusqu'à ce qu'elle soit reçue sans erreur pour être transférée sur le sous-système réseau GPRS.

Des mécanismes de sécurité sophistiqués : GPRS s'appuie sur le modèle d'authentification et de chiffrement proposé par GSM. Lorsqu'une station mobile tente d'initier une session GPRS, elle est authentifiée grâce à des clés d'authentification et des calculs réalisés par la carte SIM et l'AuC. Outre l'authentification GPRS, une seconde authentification peut être mise en oeuvre pour l'accès à Internet ou à un réseau de données d'entreprise en utilisant le protocole RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service). GPRS assure également le chiffrement des données de l'utilisateur entre la station mobile et le sous-système réseau GPRS alors que dans le réseau GSM, le chiffrement est assuré entre la station mobile et l'entité BTS.

Un passage obligé pour la migration vers l'UMTS : Les noeuds GPRS seront réutilisés lors de la migration vers l'UMTS.

Impact sur le GSM

Afin d'intégrer GPRS (General Packet Radio Service) dans une architecture GSM existante, un nouveau type de noeud appelé GSN (GPRS Support Node) est introduit. Les GSNs sont responsables de la livraison et du routage des paquets de données entre la station mobile (MS, mobile station) et des réseaux de données externes (PDN, Packet Data Network).

réutilisant l'infrastructure GSM, le coût d'introduction de GPRS dans le réseau GSM est principalement relatif à l'extension logicielle des entités GSM. Les principaux matériels rajoutés à l'architecture GSM existante sont l'intégration d'une carte PCU (Packet Control Unit) dans l'entité BSC, la fourniture de nouveaux terminaux GPRS aux usagers, l'introduction des nœuds de commutation de paquets GPRS, à savoir SGSN et GGSN, la mise en place d'un Charging Gateway pour la taxation GPRS et d'OMC-G (Operations and Maintenance Centre - GPRS) pour l'exploitation des équipements de réseau GPRS. L'extension logicielle peut être effectuée efficacement. Dans la majorité des solutions proposées par les constructeurs, il est possible de télécharger de nouveaux logiciels GPRS dans les BTS et les BSC.

13-1-10-Conclusion sur les réseaux GPRS

Le service GPRS permet de considérer le réseau GSM comme un réseau à transmission de données par paquets avec un accès radio et des terminaux mobiles. Le réseau GPRS est compatible avec des protocoles IP et X.25. Des routeurs spécialisés SGSN et GGSN sont introduits sur le réseau.

La transmission par paquet sur la voie radio permet d'économiser la ressource radio : un terminal est susceptible de recevoir ou d'émettre des données à tout moment sans qu'un canal radio soit monopolisé en permanence comme c'est le cas en réseau GSM.

Le débit maximal instantané annoncé pour le GPRS est de 171.2 Kbit/s même s'il est limité à 48 Kbit/s en mode descendant. (Limite actuelle des terminaux GPRS). La mise en place d'un réseau GPRS permet à un opérateur de proposer de nouveaux services de type Data avec un débit de données 5 à 10 fois supérieur au débit maximum théorique d'un réseau GSM. (Rappel débit max. en GSM : 9.6 Kbit/s). Le réseau GPRS constitue finalement une étape vers le réseau UMTS.

13-2 Infrastructure d'un réseau UMTS

13-2-1 Présentation de l'infrastructure d'un réseau

Le réseau UMTS vient se combiner aux réseaux déjà existants. Les réseaux existants GSM et GPRS apportent des fonctionnalités respectives de Voix et de Données ; le réseau UMTS apporte ensuite les fonctionnalités Multimédia. Il est important de noter deux éléments :

- Le coût élevé de la mise en place d'un système UMTS (achat licence + modification majeures sinon totales des éléments de base du réseau (station / antennes) répartis de manière massive sur un territoire national).
- La difficulté à définir avec précision l'architecture d'un futur réseau UMTS dans la mesure où le 3GPP et l'UMTS Forum travaillent encore aujourd'hui à la définition des normes et des spécifications techniques.

La mise en place d'un réseau UMTS va permettre à un opérateur de compléter son offre existante par l'apport de nouveaux services en mode paquet, complétant ainsi les réseaux GSM et GPRS.

NB : L'ensemble des Node B et des RNC constitue l'équivalent de la sous architecture B vue précédemment en réseau GSM. En réseau UMTS, on parlera de sous architecture UTRAN.

La carte USIM

La carte USIM assure la sécurité du terminal et la confidentialité des communications. Des algorithmes de cryptage à des publiques sont utilisés. Un certain nombre de possibilités sont prévues pour les cartes USIM de troisième génération. Par exemple, la détection de fausses stations de base, l'utilisation des clés de cryptage plus longues ou encore la protection des données d'identité de l'abonné et de son terminal. La carte USIM est l'équivalent en 3G de la carte SIM en 2G. Les fabricants de cartes travaillent aujourd'hui sur une carte bi mode GSM / UMTS permettant un accès aux deux réseaux par activation / désactivation des modes 2G ou 3G.

Le Mobile

Les technologies de l'informatique et des télécommunications se rapprochent par l'intégration de systèmes d'exploitation et d'applications sur les terminaux UMTS. Les terminaux s'adapteront sur différents réseaux et devront être capables de fonctionner dans quatre environnements :

- Dans une zone rurale,
- Dans des espaces urbains,
- Dans un bâtiment,
- Avec un satellite.

Le terminal utilisera ainsi les réseaux GSM / GPRS / UMTS pour une couverture nationale tout en faisant appel aux réseaux de satellites pour une couverture mondiale si nécessaire. Le terminal sera équipé d'un navigateur, une évolution du browser WAP présent dans le système GSM actuel.

13-2-3-Utilisation des architectures réseaux existantes

Le réseau cœur de l'UMTS s'appuie sur les éléments de base du réseau GSM et GPRS. Il est en charge de la commutation et du routage des communications (voix et données) vers les réseaux externes. Dans un premier temps le réseau UMTS devrait s'appuyer sur le réseau GPRS. Le réseau cœur se décompose en deux parties : le domaine circuit dans un premier temps et le domaine paquet.

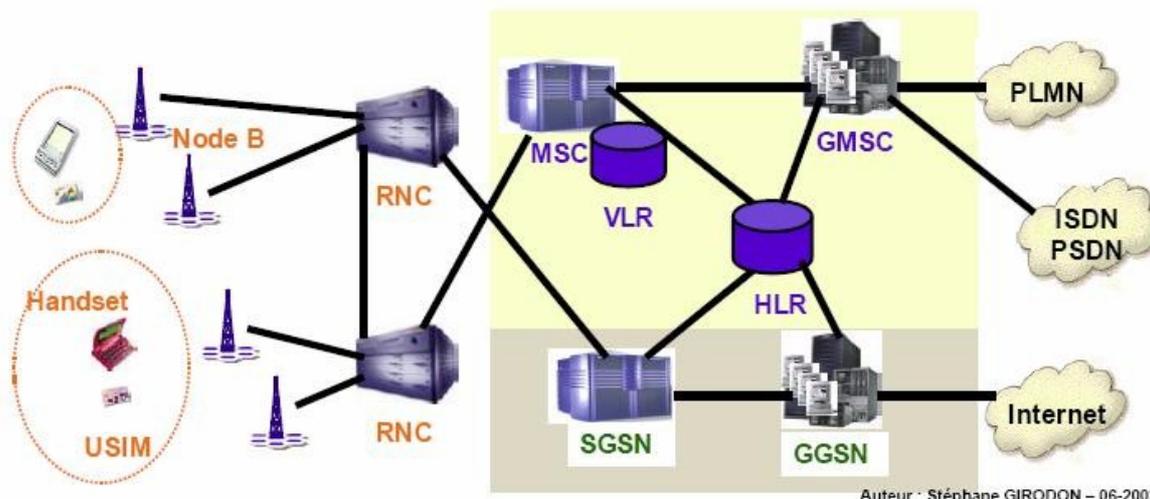


Figure 20 : Fonctionnement de l'UMTS

Le domaine circuit

Le domaine circuit permettra de gérer les services temps réels dédiés aux conversations téléphoniques (vidéo-téléphonie, jeux vidéo, applications multimédia). Ces applications nécessitent un temps de transfert rapide. Lors de l'introduction de l'UMTS le débit du domaine circuit sera de 384 Kbits/s. L'infrastructure s'appuiera alors sur les principaux éléments du réseau GSM : MSC/VLR (bases données existantes) et le GMSC afin d'avoir une connexion directe vers le réseau externe.

Le domaine paquet

Le domaine paquet permettra de gérer les services non temps réels. Il s'agit principalement de la navigation sur l'Internet, de la gestion de jeux en réseaux et de l'accès/utilisation des e-mails. Ces applications sont moins sensibles au temps de transfert, c'est la raison pour laquelle les données transiteront en mode paquet. Le débit du domaine paquet sera sept fois plus rapide que le mode circuit, environ 2Mbits/s. L'infrastructure s'appuiera alors sur les principaux éléments du réseau GPRS : SGSN (bases de données existantes en mode paquet GPRS, équivalent des MSC / VLR en réseau GSM) et le GGSN (équivalent du GMSC en réseau GSM) qui jouera le rôle de commutateur vers le réseau Internet et les autres réseaux publics ou privés de transmission de données.

13-2-4-Les apports du réseau UMTS

Le réseau UMTS permettra à l'opérateur de proposer à ses abonnés des services innovants. Le GSM répond aux attentes en terme de communication de type voix, le réseau GPRS répondra aux attentes en terme d'échange de Data en complément du réseau GSM. L'avènement des réseaux UMTS sera l'ère du multimédia portable. Nous verrons par la suite quels types de services pourront être proposés (vidéo, jeux ...) aux utilisateurs finaux.

13-2-5-Migration vers le tout IP

A terme l'objectif est de faire migrer le réseau coeur UMTS vers une solution complète (Internet Protocole) à condition d'apporter des solutions aux problèmes de l'IP en terme de qualité de service (en particulier sur des temps de transfert convenables ...). Il y a fort à parier que les opérateurs migreront vers un réseau unique (domaine paquet et domaine circuit réunis) lorsque la Voix pourra être transmise par le biais du protocole IP.

13-2-6-Partage des infrastructures UMTS

Le partage d'infrastructure consiste en l'utilisation des mêmes équipements par plusieurs entreprises concurrentes. La définition de différents niveaux de partage permet de comprendre en quoi une notion de partage peut permettre aux opérateurs télécoms de diminuer le coût de mise en place du réseau UMTS. En France par exemple, cinq (5) niveaux de partage avec leur compatibilité réglementaire ont été définis :

Niveau 1

L'utilisation commune pour plusieurs opérateurs de tout ou partie des éléments passifs d'infrastructure : sites, génie civil, locaux techniques et servitudes, pylônes, alimentation électrique, climatisation ...

Niveau 2

Ce niveau se définit par la mise en commun, en complément des éléments passifs du site radioélectrique, de l'antenne et de l'ensemble de la connectique associée.

Niveau 3

Le partage des stations de base est possible sous respect de deux contraintes. Chaque opérateur doit garder le contrôle du Node B afin de pouvoir exploiter en toute indépendance les fréquences qui lui ont été attribuées. L'opérateur reste propriétaire des équipements actifs de la station de base, en particulier sur les dispositifs d'émission / réception sur la voie radio.

Niveau 4

Le partage des RNC est possible dès lors qu'il s'accompagne du maintien d'un contrôle logique sur le RNC de chacun des opérateurs indépendamment l'un de l'autre. L'opérateur reste maître de : l'allocation et de l'optimisation de la ressource radio. La gestion de la mobilité et le contrôle des paramètres de handover.

Niveau 5

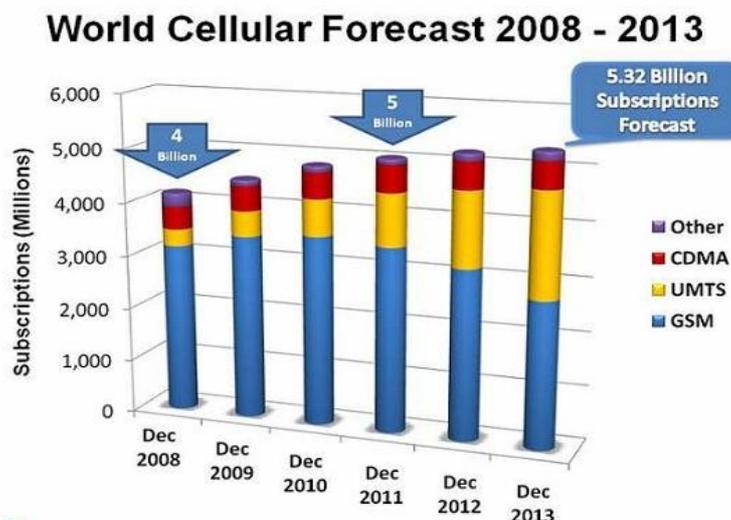
Il est possible de mutualiser les commutateurs (MSC) et les routeurs (SGSN) du réseau de l'opérateur mais l'ART exclue toute solution sur le partage des infrastructures conduisant à une mise en commun des fréquences entre opérateurs. Le partage géographique consiste en une solution où les opérateurs s'accordent sur des déploiements complémentaires dans certaines zones géographiques en mettant en oeuvre des accords d'itinérance au sein de ces régions de façon à offrir une couverture globale à leurs clients. Attention, le partage

géographique est possible d'un point de vue réglementaire mais la couverture ainsi induite par itinérance sur le réseau d'un partenaire ne peut être prise en compte par un opérateur pour remplir ses obligations de couverture. En conclusion ce partage des infrastructures entre opérateurs télécoms permet aux opérateurs de réduire les coûts d'investissement à condition de respecter le Droit des Télécommunications propre à chaque état. Par ailleurs chaque opérateur devient alors un MVNO (Mobile Virtual Network Operator) sur des infrastructures partagées. Cette situation de partage peut également amener de nouveaux entrants sur le marché. Ainsi le cas Virgin Mobile pourrait se multiplier dans le futur.

13-2-7- Conclusion sur le réseau UMTS

Le réseau UMTS 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 Données en mode paquets, et l'UMTS vient compléter ces deux réseaux par une offre de services Voix et Données complémentaires sur un mode paquet. L'UMTS est ainsi une extension du GPRS qui fonctionne également en mode paquet. La vitesse de transmission offerte par les réseaux UMTS atteint 2 Mb/s. L'infrastructure UMTS permet l'élargissement des fréquences ainsi que la modification du codage des données. Mais les investissements en architecture réseau sont conséquents puisque le mode de communication entre les terminaux 3G et les BTS (appelé Node B) est différent. Les modifications matérielles sont très importantes. Après le GSM le réseau GPRS constituait finalement une étape vers le réseau UMTS. Sur le plan technique, les architectures des trois réseaux GSM, GPRS et UMTS sont complémentaires et interconnectées afin d'optimiser la qualité de service rendue à un abonné.

14-Prévisions des abonnés cellulaires



Source: Informa Telecoms & Media, WCIS, June 2008

Figure 21 : Diagrammes des abonnements des réseaux GSM, UMTS, CDMA

15-Les limites du réseau GSM

La téléphonie GSM pose de nombreux problèmes, outre les problèmes de santé lié à l'émission d'ondes électromagnétiques intenses près du cerveau ,ainsi qu'aux émetteurs surpuissants présents sur les immeubles.

Les problèmes mettant en cause la vie privée de ses utilisateurs font froid dans le ne font que commencer.

*GSM, HSCSD Réseau à commutation de circuits

*Piètre gestion des ressources radio :

ligne monopolisée dans tout le réseau pour un trafic de données de nature très sporadique

*Coût des communications :

tarif fonction de la durée, pas de la quantité de données

HSCSD : payer tous les canaux utilisés

*Infrastructure lourde, peu flexible

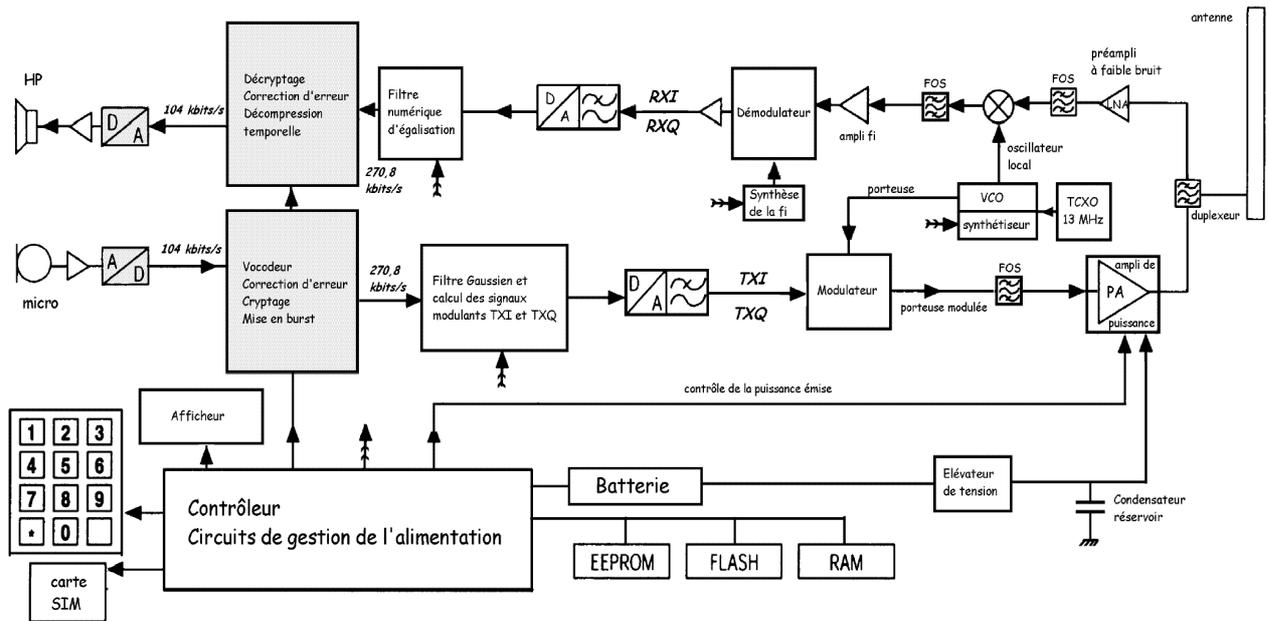
Annexe 1 : anatomie du mobile bi-bande Sony CD5 (un exemple)



- 1- blindage
- 2- connecteur du microphone
- 3- clavier
- 4- préampli et mélangeur DCS
- 5- filtre d'entrée DCS
- 6- connecteur
- 7- contacts du haut-parleur
- 8- quartz
- 9- buzzer
- 10- molette de navigation
- 11- filtre GSM
- 12- circuit RF de réception
- 13- filtre fi de réception
- 14- PCB

- 1- oscillateur de référence 13 MHz
- 2- carte SIM
- 3- circuit d'alimentation
- 4- connecteur
- 5- batterie de sauvegarde
- 6- VCO produisant la porteuse
- 7- CI synthétiseur de la porteuse
- 8- VCO du synthétiseur des canaux
- 9- ampli de sortie DCS
- 10- ampli de sortie GSM
- 11- mémoire
- 12- DSP
- 13- Contrôleur
- 14- Connecteur d'antenne
- 15- Commutateur d'antenne
- 16- Convertisseur DC/DC
- 17- bobine du convertisseur
- 18- connecteur
- 19- CI synthétiseur des canaux

Annexe 2 : schéma fonctionnel d'un mobile GSM



CONCLUSION

La mise en place d'un réseau GSM représente un investissement considérable. A l'heure actuelle les réseaux GSM ne cessent d'évoluer afin d'assurer une qualité de couverture toujours plus importante. La couverture du réseau est assurée par la multiplication des ensembles BTS-BSC. Nous avons également vu que le réseau GSM est une base pour la mise en place des réseaux GPRS et UMTS.

BIBLIOGRAPHIES

-Principe de fonctionnement des réseaux de téléphonie mobile GSM de **Willy PIRAR**

-Cours de PLANNIFICATION ET INGENIEURIE DES RESEAUX DE TELECOMS de UNIVERSIT
YAOUNDE I /**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE**

[1] Xavier Lagrange et. Al., « Réseaux GSM», HERMES 2000,

ISBN 2-7462-0153-4

[2] Roger L. Freeman, « *Radio System Design for telecommunications* », Wiley-Intersci
1997, ISBN 04-7116-2604

[3] Recommandation UIT-R M.1073-1, « *Systèmes Mobiles Terrestres cellulaires Numéri
de Télécommunication* »

[4] 3G TS 23.060 ETSI « *GSM, GPRS, UMTS Service Description* »

WEBOGRAPHIE

-membres.lycos.fr/voutay/gsm/secu.html