



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID - TLEMCEM

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE ET ELECTRONIQUE
LABORATOIRE DE TELECOMMUNICATIONS DE TLEMCEM LTT

MEMOIRE

Pour l'obtention du

DIPLOME DE LICENCE

EN

RESEAUX ET SYSTEMES DE TELECOMMUNICATIONS

Présenté par :

Mr SAHLI Omar

Mr ZEMAM Youssouf

THEME

Etude de la liaison BTS/BSC du réseau GSM

Soutenu en Mai 2013 devant le jury :

Président : Mr. BOUKLI-HACENE Nouredine Prof à université de Tlemcen

Examineur : Mr. BOURSSALI Riad MCA à l'université de Tlemcen

Encadreur : Mr MEGNAFI Hicham MAA à EPST de Tlemcen

Année universitaire : 2012 - 2013

Remerciements

Avant tout, je remercie le bon Dieu pour m'avoir donné le pouvoir de réaliser ce modeste travail.

Au nom de la science, de la technologie, de l'esprit scientifique, de la vertu du travail, de l'esprit d'élévation de la connaissance, je tiens à remercier mon encadreur Monsieur MEGNAFI Hicham Maître assistant à Ecole préparatoire Science et technique Tlemcen, pour l'intérêt constant qu'ils ont apporté à ce travail.

J'exprime ma reconnaissance à Monsieur BOUKLI-HACENE Nouredine, Professeur à l'université de Tlemcen, pour bien vouloir accepter de présider le jury.

Je tiens à remercier également Monsieur BORSALI Riad Maître de conférence à l'université de Tlemcen d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Enfin, je remercie toute personne ayant intervenue de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents

A la mémoire de mon grand père

A mon grand père qui reste encore dans la vie

A mes chères grandes mères

A mes frère Chakib

A mes deux sœurs Naouim et Farida

A mon cousin Yousef

A tous mes amis et ceux que j'aime.

SAHLI Omar

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents

A la mémoire de mon grand père

A mon grand père qui reste encore dans la vie

A mes chères grandes mères

A mon frère ABD ARAHMAN

A mes sœurs Hanane, Hadjera, Merieme et Chaïmae.

A tous mes amis et ceux que j'aime.

ZEMAM Yousseuf

Résumé :

Le réseau GSM est la première norme de téléphonie mobile dans le monde. Un nombre croissant des abonnés en face des ressources radio limitées demande une utilisation adéquate de ces ressources.

Le transport de la bonne qualité de service des réseaux cellulaires constitue la préoccupation majeure des opérateurs de réseaux. Dans ce contexte, nous avons étudiée dans ce projet les liaisons entre la BTS et BSC et nous nous sommes intéressés sur les PDH et les trames E1, E2, E3 et E4 .

Abstract:

GSM network is the first norm of mobile telephony in the world. An increased number of Subscriber behind limited radio Resources need a suitable use of these resources.

Transport of the good quality of service of cellular networks is the Concern major network operators. In this context, we studied 'in this project the links between the BTS and BSC and we focused on PDH and E1 FRAMES.

Table des matières

RESUME.....	4
ABSTRACT.....	4
TABLE DES MATIERES	5
LISTE DES TABLEAUX	9
LISTE DES FIGURES	9
GLOSSAIRE	11
INTRODUCTION.....	16

PARTIE I :LE RESEAU GSM.

I.1 Introduction.....	18.
I.2 Historique	18
I.3 Présentation de la norme GSM	19.
I.4 Les caractéristiques du GSM	19
I.4.1 Une approche réseau.....	19
I.4.2 Les Services	20
I.4.2.1 Services support GSM.....	20
I.4.2.2 Les téléservices GSM	20
I.4.2.3 Les services supplémentaires (suplimentary services).....	21
I.4.2.4 Le concept cellulaire.....	21
I.5 L'architecture du réseau GSM.....	22
I.5.1 Sous système radio (BSS).....	23
I.5.1.1 Station de base (BTS).....	23
I.5.1.2 Contrôleur de station de base (BSC).....	24
I.5.2 Sous système réseau (NSS) :.....	24
I.5.2.1 Commutateur (MSC) :.....	24
I.5.2.2 Enregistreur de localisation des visiteurs (VLR) :.....	25

I.5.2.3 Enregistreur de localisation nominale (HLR) :.....	25
I.5.2.4 Centre d'authentification (AUC) :.....	25
I.5.2.5 Enregistreur des identités des équipements (EIR)	25
I.5.3 Le sous système d'exploitation et de maintenance (OSS) :.....	26
I.5.4 La station mobile (MS)	26
I.6 LES interfaces du réseau GSM	27
I.7 Numérotation lie a la	27
I.7.1 L'identité IMSI.....	27
I.7.2 L'identité TMSI (Temporary Mobile SubscriberIdentity):.....	27
I.7.3 L'identité MSRN (Mobile Station RoamingNumber).....	28
I.7.4 l'identité IMSISDN ((Mobile Station ISDN Number) :.....	28
I.8 LA Transmission radio	29
I.8.1 Les canaux physiques :.....	29
I.8.1.1 Multiplexage fréquentiel FDMA	29
I.8.1.2 Multiplexage temporel TDMA.....	30
I.8.1.3 Structure des trames:.....	31
I.8.2 Les canaux logiques :.....	32
I.9 Conclusion.....	34

PARTIE II :Réseaux de transport

II.1 Introduction	36
II.2 Les différents types des liaisons.....	36
II.2.1 Liaison filaire :	
II.2.2 La liaison FH (Faisceau Hertzien)	
II.2.3.1 Définition d'un FH.....	
II.2.3.2 Caractéristique d'une antenne FH	

II.2.4 Liaison filaire	
II.3 Hiérarchie numérique plésiochrone	
II.3.1 Les formats Européens E1, E2, E3, E4.....	
II.3.1.1 Multiplexage MIC- E1 ou TN1 à 2 Mbit/s	
II.3.1.1.1 Mot de verrouillage de Trame (MVT)	
II.3.1.2 Multiplexage MIC-E2 ou TN2 à 8 Mbit/s	
II.3.1.3 Multiplexage MIC-E3 ou TN3 à 34 Mbit/s.....	
II.3.1.3.1 Caractéristiques générales	
II.3.1.3.2 Trame	
II.3.1.3.3 Synchronisation – Justification	
II.3.1.4 Multiplexage MIC-E4 ou TN4 à 139.264 Mbit/s	
II.3.1.4.1 Caractéristiques générales	
II.3.1.4.2 Trame	
II.3.1.4.3 Synchronisation – Justification	
II.3.2 Limites de la PDH	
II.6 Conclusion	

PARTIE III : Bilan de liaison hertzienne

III.1 Introduction :	
III.2 Bilan de liaison :	
III.2.1 Schéma de principe d'une liaison hertzienne :	
III.2.2 Expression de la puissance reçue.....	
III.2.3 Sensibilité d'un récepteur :	
III.2.4 Condition de bon fonctionnement d'une liaison hertzienne :	
III.3 Etude d'un système de radiocommunications :	

III.3.1 Mise en situation :.....

III.3.2 Caractéristiques du matériel :.....

III.3.3 Ellipsoïde de Fresnel.....

III.4 Conclusion.....

PARTIE :

Conclusion GÉNÉRALE

REFERENCES.....

Liste des tableaux

Tableau I.1 : caractéristiques techniques.....	20.
Tableau II.1 : Les 4 niveaux du multiplexage européen.....	37
Tableau II.2 : Structure de la trame de multiplexage à 34.368 kbit/s.....	38.
Tableau II.3 : Structure de la trame de multiplexage à 139.264 kbit/s.....	39
Tableau III.1 : les caractéristiques des antennes.....	

La liste des figures

Figure I.1 : Types des cellules.....	22
Figure I.2 : Architecture du GSM.....	23
Figure I.4 : Structure de l'IMSI	27
Figure I.5 : Structure du MSRN.....	28
Figure I.6 : Structure du MSISDN.....	28
Figure I.7 : La convention du canal physique.....	29
Figure I.8 : Principe du FDMA.....	30
Figure I.9 : Principe Du TDMA.....	31
Figure I.10 : Organisation des multiples de trames.....	32
Figure I.11 : Les canaux de contrôle dédié.....	33
Figure I.12 : Les canaux de contrôles communs.....	34
Figure II 1 : Connexion en plusieurs « sauts » (les lettres FH correspondent aux liaisons par faisceau hertzien).....	
Figure II.2 : Antenne d'un Faisceau Hertzien et Deux types de déviation d'un FH.....	
Figure II 3 : Angle d'ouverture d'une antenne.....	
Figure II 4 : les différents niveaux du multiplexage.....	
Figure II 5 : Structure d'une trame MIC.....	

Figure II 6: structure de super trame.....

FigureII7 : trame de multiplex E2.....**Figure II 8** : le conteneur virtuel(VC4)**Figure II 9** : le multiplexage des colonnes des TUG A/B/C.....

Figure II 10 : Structure de multiplexage synchrone.....

Figure II 11 :La structure de base : STM1.....

Figure II 11 : l La structure de SOH.....

Figure III.1: les éléments d'un bilan radio.....

Figure III.2: Faisceau hertzien SFH534.....

Figure III.3Ellipsoide de Fresnel.....

Abréviation

AAGCH : Access Grant Channel

AUC : Authentication Center

AUG :Le Groupe d'Unité

AUn : Administrative Unit Administrative

BBSS: Base station Sub-System

BTS : Base Tranceiver Station

BSC : Base Station Controller

BCH :Broadcast Channel

BCCH : Broadcast Control CHannel

CCCH:Commun Channel

CBCH: Cell Broadcast Channel

CCCH: Common Control Channel

CBA: Cell Bar Access

CBQ: Cell Bar Qualify

Cn : conteneur virtuel

DDCS: Digital Cellular System

DCH: Dedicated Channel

DCCH: Dedicated Control Channel

EEIR:Equipment Identity Register

F FACCH: Fast Associated Control Channel
FCCH: Frequency Correction Channel
FDMA: Frequency Division Multiple Access
FH : Faisceau Hertzien

G GSM : Groupe Spécial Mobile

GSM: Global System for Mobile communications

GMSK: Gaussian Modulated Shift Keying

GMSC: Gateway MSC

H HLR: Home Location Register

I IMSI: International Mobile Station Identity

IMSISDN: Mobile Station ISDN Number

IMEI: International Mobile Station Equipment Identity

L LA : Location Area

LL : Liaison filaire

LAPDm: Link Access Protocol on the D Channel.

M MS : Mobile Station

MIC: Modulateur d'impulsions codées

MVT: Mot de verrouillage de Trame

N NSS: network Subscriber system

NMC : Network Management Centre

OSS: Opération Sub-System

OMC : Operations and Maintenance Centre

OMC-R : Operations and Maintenance Centre - Radio

OMC-S : Operations and Maintenance Centre – System

P PCH: Paging Channel

PLMN: Public Land Mobile Network

PIRE : PuissanceIsotropique Rayonnée effectivement

PDH:Plesiochronous Digital Hierarchy

POH: Path OverHead

RRACH: Random Access Channel

SSDCCH: Stand alone Dedicated Control Channel

SACCH : Slow Associated Control CHannel

SCH :Synchronisation Channel

SMS : Short Message Service

SDH : en anglais Synchronous Digital Hierarchy

STMn : Synchronous Transport Module

T TCH : Traffic Channel

TCH/F: Full rate TCH.

TCH/FS: Full rate: Speech.

TCH/H: Half rate TCH.

TCH/HS: Half rate: Speech.

TDMA : Time Division Multiple Access

TMSI : Temporary Mobile Subscriber Identity

TUGn : Tributary Unit Group

TUn : Tributary Unit

TN2 :trame n

V VLR: Visitor Location Register.

VMSC: Visited MSC.

Introduction générale

Introduction

Au début des années 80, les systèmes de téléphonie mobile étaient analogiques et ils étaient incapables de supporter une capacité croissante, par conséquent, la convergence a eu lieu vers les systèmes de transmission numérique qui offrent une signalisation plus facile, moins d'interférences, intégration de transmission et de commutation et enfin une aptitude à supporter et à gérer plus de trafic et par suite une capacité meilleure.

Le réseau GSM est la première norme de téléphonie cellulaire qui soit pleinement numérique. C'est la référence mondiale pour les systèmes radio mobiles.

GSM offre à ses abonnés des services qui permettent la communication de stations mobiles de bout en bout à travers le réseau, la téléphonie est la plus importante des services offerts. Ce réseau permet la communication entre deux postes mobiles ou entre un poste mobile et un poste fixe, les autres services proposés sont la transmission de données et la transmission de messages alphanumériques courts. Le GSM présente des services supports sans restriction sur le type des données utilisées par l'utilisateur, il transporte les informations sans modification de bout en bout en mode circuit dans le réseau ce qui garantit la chronologie des informations échangées. Dans le système GSM, les données de l'utilisateur et la signalisation du réseau sont transportées dans des canaux de communication différents.

Ce travail s'appuie sur une étude de la liaison entre la BTS et BSC, différentes procédures effectuées dans le sous réseau de transmission le but de comprendre le fonctionnement d'un réseau GSM.

Cette étude s'articule autour de trois parties distinctes.

Dans un premier temps, nous avons décrit principalement l'architecture du réseau et quelques techniques utilisées dans la norme GSM.

La deuxième partie consacrée à la transmission décrit essentiellement La numérisation du réseau téléphonique par la technique MIC, a permis de définir plusieurs niveaux de multiplexage.

Dans le troisième chapitre, on parle à L'établissement du Bilan de Liaison pour un système de communication.

CHAPITRE I :

Introduction au Réseau GSM

I.1 Introduction

les dernières années, les moyennes de communication tiennent une place particulièrement Important .l'utilisation de la norme GSM 900/DCS 1800 a pris des proportions telles qu'il est difficile de travailler sans Dans ces outils .le succès instantané de ce type de service vient sans doute du fait qu'il est souvent très pratique de pouvoir être joint n'importe ou et n'importe quand .les réseaux de type GSM son des réseaux complètement autonomes .ils sont interconnectable aux RTCP (Réseaux Terrestres Commutes Publics)et utilisent le format numérique pour la transmission des information, qu'elles soient de types voix, données ou signalisation .Dans ce chapitre ,on va parler sur l'architecture du réseau et quelques techniques utilisées dans la norme GSM.

I.2 Historique : [1]

Durant des siècles l'homme su se contenter de la parole ou des écrits comme seuls moyens de communication entre deux personnes éloignées d'une distance importante.

En 1982, lors de la conférence européenne des postes et Télécommunications (CEPT) que fut crée le groupe spécial Mobile (GSM).

En 1985, la commission européenne annonce l'imposition de la norme issue du GSM.

En 1987, le choix est arrêté sur la transmission numérique AMRT.

En 1989, les travaux du groupe spécial Mobile " GSM" sont transférés au comite "SMG" de l'Européen Télécommunication standards Institute "ETSI", qui poursuit les tâches de normalisation .Notons que c'est ce comité qui mettra au point le module d'identité d'abonné SIM.

Le groupe" GSM" change alors de signification : "de Groupe spécial Mobile" il devient "Global System for Mobile Communications".

En 1991 fût réalisé la première communication entre un mobile et un abonné fixe.les premiers terminaux sont représentés au salon Télécom a Genève cette même année .puis on assiste a l'ouverture des systèmes d'essai a Paris.

Et c'est en 1992 que fût ouvert le système GSM ITINERIS de France Telecom, rejoint plus

tard par SFR du groupe Cegetel et par Bouygues Telecom (1994).

L'explosion du marché du mobiles, sa croissance soutenue et l'apparition de nouveaux services amènent les réseaux GSM actuels a leur limite .le débit de 9,5kb/s, définit a l'origine, est insuffisant pour couvrir les nouveaux besoins de transferts de données et constitue un frein a la diffusion de contenus multimédias.

Les premiers applications WAP (norme permettant l'affichage de pages web sur les mobiles) sur réseau sans fil souffrent encore de temps de connexion et de réponse trop longs, surtout quand les appels sont facturés a la durée .de plus, la qualité de service est encore insuffisante et la fiabilité des communications doit être améliorée.

Les nouvelles normes de téléphonie hauts débits, tels GPRS, EDGE et UMTS devraient résoudre ces problèmes et bouleverser a terme les possibilités

I.3 Présentation de la norme GSM :

Le GSM est la première norme de téléphonie cellulaire de seconde génération qui soit Pleinement numérique, c'est la référence mondiale pour les systèmes radio mobiles. Avec plus de 400 millions d'utilisateurs à la fin de l'année 2000 dans le monde, soit la moitié du nombre total d'utilisateurs de téléphonie mobile, Le réseau GSM offre à ses abonnés des services qui permettent la communication de stations mobiles de bout en bout à travers le réseau. La téléphonie est le plus importante des services offerts. Ce réseau permet la communication entre deux postes mobiles où entre un poste mobile et un poste fixe. Les autres services proposés sont la transmission de données à faibles débits et la transmission de messages alphanumériques courts [2].

I.4 Les caractéristiques du GSM :

I.4.1 Une approche réseau :

La téléphonie mobile par GSM occupe deux bandes de fréquences aux alentours des 900Mhz.

- de 890 à 915 [Mhz] pour la transmission du terminal vers le réseau (Uplink),
- de 935 à 960 [Mhz] pour la transmission en sens inverse (Downlink).

La largeur de bande de chaque sens est divisée en 124 canaux de 200 Mhz de largeur. Ces

canaux ne sont pas suffisants dans les grandes villes, donc, il s'est avéré nécessaire d'attribuer une bande supplémentaire aux alentours des 1800 Mhz. C'est le système DCS 1800 dont les caractéristiques sont quasi identiques au GSM en termes de protocoles et de service. Les communications montantes en faisant alors entre 1710 et 1785 [Mhz] et les communications descendantes entre 1805 et 1880 [Mhz].

Pour augmenter la capacité du réseau, GSM utilise les deux techniques de multiplexage

FDMA (Frequency Division Multiple Access) et TDMA (Time Division Multiple Access). Il utilise aussi une version filtrée de la modulation de phase appelée GMSK (Gaussien Modulated Shift Keying) [3].

	GSM	DCS 1800
Bande de fréquences Uplink Downlink	890 – 915 Mhz 935 – 960 Mhz	1710 – 1785 Mhz 1805 – 1880 Mhz
Ecart duplex (entre les deux bandes)	45 Mhz	95 Mhz
Rapidité de modulation	271Kbps	
Débit de la voix	13 Kbps 5.6 Kbps (Demi-débit)	
Débit maximale de données	12 Kbps	
Accès multiple	FDMA et TDMA	
Rayon des cellules	0.3 Km à 30 Km	0.1 Km à 4 Km
puissance	2 w (et 8 w)	1 W

Tableau I.1 : caractéristiques techniques [3]

I.4.2 Les Services :

I.4.2.1 Services support GSM :

Avec une efficacité spectrale, une grande capacité, une bonne qualité de la voix, la sécurité et le roaming ; GSM offre une diversité du service telles que les téléservices, les services supports et les services supplémentaires.

I.4.2.2 Les téléservices GSM :

Offre de services en définissant les caractéristiques des
Terminaux et éventuellement des applications

- **Transmission de la voix :**

- Téléphonie

- Appels d'urgence (numéro 112 avec ou sans SIM)

- Offre de services en définissant les caractéristiques des

- Terminaux et éventuellement des applications

- **Transmission de la voix :**

- Téléphonie

- Appels d'urgence (numéro 112 avec ou sans SIM)

I.4.2.3 Les services supplémentaires (suplimentary services) [4] :

Fonctionnalités d'utilisation qui peuvent être offertes en complément des téléservices et des services support. Dépendent du PLMN, mais aussi des possibilités techniques et administratives du réseau destinataire.

- **Identification de numéro** (présentation / restriction d'identification de la ligne appelant, présentation / restriction d'identification de la ligne connectée)
- **Renvoi d'appel** (renvoi d'appel systématique, en occupation...)
- **Double appel** (mise en instance / attente)
- **Conférence** (appel multiparti, groupe fermé d'utilisateurs)
- **Facturation** (indication du montant avec ou sans interdiction)
- **Restriction d'appel** (interdiction des appels sortants, internationaux...)

I.4.3 Le concept cellulaire :

Le concept cellulaire est la division du territoire en de petites zones appelées cellules, chaque cellule est desservie par une station de base, et de partager les fréquences radio entre celles-ci. Ces fréquences ne peuvent pas être utilisées dans les cellules adjacentes afin d'éviter

Les interférences. Ainsi, on définit des motifs constitués de plusieurs cellules, dans lesquels chaque fréquence est utilisée une seule fois. Une cellule se caractérise par sa puissance d'émission nominale qui va définir la taille de la zone de couverture, elle est caractérisée aussi par la fréquence porteuse utilisée pour l'émission radioélectrique et par le réseau auquel elle est interconnectée. Il faut noter que la variation de la taille des cellules dépend : du nombre d'utilisateur dans la zone, la configuration du terrain (relief géographique, présence d'immeuble,...), la nature des constructions (maisons, buildings,...) et de la localisation (urbaine, suburbaine et rurale) [5].

Dans les zones urbaines denses, l'opérateur utilise des microcellules (de quelques centaines de mètres de rayon) pour écouler un trafic important par unité de surface. Ainsi, pour couvrir l'intérieur des bâtiments on place des pico-cellules. Dans ces zones, l'opérateur va réutiliser au maximum les fréquences disponibles, l'interférence Co-canal et canaux adjacents (I) va être prépondérante par rapport au bruit (N), donc, le rapport signal sur bruit est :

$$c/I+N \approx C/I(N \ll I).$$

Dans les zones rurales (faiblement peuplées), les cellules sont de tailles importantes (aux maximum 35 Km) et sont appelées des macrocellules. Dans ces zones, les interférences sont négligeables devant le bruit. Il suffit alors qu'en tout point de la cellule, le signal a une puissance supérieure à la sensibilité du récepteur pour que la qualité des signaux reçus soit acceptable [3].

Les systèmes de radiotéléphonie cellulaire sont donc adaptés à des environnements très Variés (zones urbaines ou rurales, usagers fixes ou mobiles, intérieur et extérieur des immeubles).

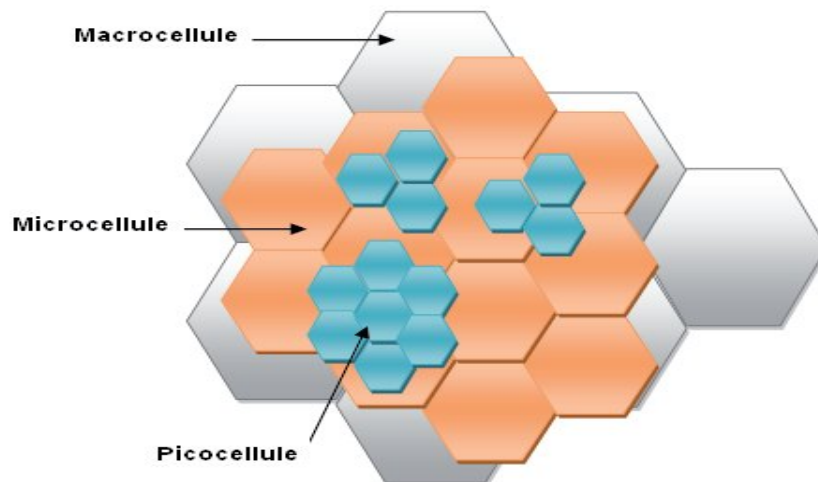


Figure I.1 : Types des cellules

I.5 L'architecture du réseau GSM :

Le réseau GSM a pour rôle d'assurer la mobilité tout en conservant l'accès au réseau fixe. La figure suivante montre les entités principales du réseau GSM

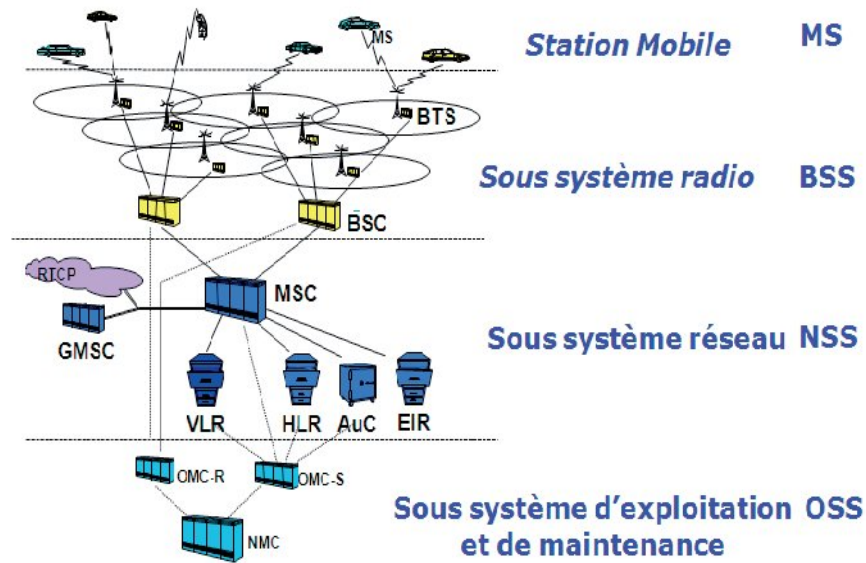


Figure I.2 : Architecture du GSM [6]

Un réseau GSM est constitué de trois sous réseau :

- Un sous système radio, le BSS (Base Station SubSystem)
- Un sous système réseau, le NSS (Network SubSystem)
- Un sous système d'exploitation et de maintenance, l'OSS (Opération Support SubSystem).

I.5.1 Sous système radio (BSS)

C'est le réseau d'accès radio qui assure la transmission radioélectrique et gère la ressource radio.

Il contient la station de base BTS (Base Tranceiver Station) qui assure la couverture Radioélectrique d'une cellule, et le contrôleur de station de base BSC (Base Station Controller) qui supervise une ou plusieurs stations de base et joue le rôle de passerelle entre les stations de base et le centre de communication du service mobile MSC.

I.5.1.1 Station de base (BTS) :

La BTS est un ensemble d'émetteurs-récepteurs. Elle réalise aussi des mesures radio pour vérifier qu'une communication en cours se déroule correctement (évaluation de la distance et de la puissance du signal émis par le terminal de l'abonné): Ces mesures sont directement

transmises à la BSC. Gère aussi toute la couche physique (Multiplexage TDMA, chiffrement, sauts de fréquences...).

La capacité d'une BTS est typiquement de 12 porteuses, chaque porteuse assure 7 communications simultanées par multiplexage, c'est-à-dire qu'elle peut supporter au plus une centaine de communications simultanées.

I.5.1.2 Contrôleur de station de base (BSC)

Administre un ensemble de stations de base BTS et communique avec elles par le biais de l'interface Abis (**Organe "intelligent" du BSS**) gère la ressource radio (Commande l'allocation des canaux, Utilise les mesures effectuées par la BTS pour contrôler les puissances d'émission du mobile et/ou de la BTS, Prend la décision de l'exécution d'un Handover).

I.5.2 Sous système réseau (NSS) :

Le sous système d'acheminement appelé NSS ou SMSS (Switching and Management Sub-System) qui comprend l'ensemble des fonctions nécessaires à l'établissement des appels et la gestion de la mobilité. On peut dire que le NSS est le réseau cœur GSM, il contient :

- Mobile Switching Center (MSC).
- Visitor Location Register (VLR).
- Home Location Register (HLR)/Authentication Center (AUC).
- Equipment Identity Register (EIR).

I.5.2.1 Commutateur (MSC) :

Le MSC (Mobile- service Switching Centre) est parfois appelé centre de commutation des mobiles, généralement, il est associé à la base de données VLR, Ces entités sont responsables de l'acheminement des communications dans le réseau et assurent également l'interconnexion entre le réseau de téléphone cellulaire et le réseau fixe traditionnel, la transmission des messages courts, Il dialogue avec le VLR pour gérer la mobilité des usagers (transfert des informations de localisation,...).

I.5.2.2 Enregistreur de localisation des visiteurs (VLR) :

Le VLR (Visitor Location Register) est une station de base donnée associée à un MSC. Il mémorise les informations dynamiques relatives aux abonnés de passage dans une zone du réseau appelée zone de localisation (LA : Location Area). Cette gestion est importante pour connaître dans quelle cellule se trouve un abonné pour l'acheminement d'appel, et à chaque changement de la cellule par un abonné, le réseau doit mettre à jour le VLR du réseau visité.

I.5.2.3 Enregistreur de localisation nominale (HLR) :

Le HLR est la base de données centrale contenant toutes les informations administratives relatives aux abonnés d'un réseau donné utilisant deux clés d'entrée :

- IMSI (International Mobile Subscriber Identity) : c'est un numéro unique alloué à chaque abonné stocké dans la carte SIM et utilisé par le réseau pour la transmission des données de l'abonné.

- MSISDN (Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network) : c'est le numéro d'appel de l'abonné lié à l'IMSI dans l'HLR; les appels destinés à l'abonné sont transcrits en numéro d'IMSI ce qui permet sa recherche et l'établissement de la communication.⁹⁹ GSM.

I.5.2.4 Centre d'authentification (AUC) :

Un AuC (Authentication Center) est un élément permettant au réseau d'assurer certaines fonctions de sécurité du réseau GSM:

- L'authentification de l'IMSI de l'abonné.
- Le chiffrement de la communication.

Ces deux fonctions de sécurité sont activées au début de l'établissement d'appel avec l'abonné. En cas d'échec de l'une ou l'autre des procédures, l'appel est rejeté.

L'AuC est couplé au HLR et contient pour chaque abonné une clé d'identification lui permettant d'assurer les fonctions d'authentification et de chiffrement.

I.5.2.5 Enregistreur des identités des équipements (EIR)

L'EIR (Equipment Identity Register) est un équipement optionnel des réseaux GSM destiné à lutter contre le vol des terminaux mobiles. L'EIR est en fait une base de données contenant la liste des mobiles interdits, appelée black List. Lors de l'établissement d'un appel, le réseau demande au terminal son identité, ou IMEI. Si l'IMEI retourné par le terminal fait partie de la liste des mobiles interdits, l'appel ne peut être établi. Bien entendu, pour être

totallement efficace, cette fonction suppose que tout abonné ayant perdu son terminal signale à son opérateur la perte ou le vol de son équipement. Il faut également que l'opérateur effectue une mise à jour de la base de données de son EIR et active dans son réseau la procédure d'identification.

I.5.3 Le sous système d'exploitation et de maintenance (OSS) :

L'OSS permet d'administrer le réseau d'un opérateur. Selon la norme GSM 12.00, l'OSS présente deux niveaux :

- les OMC (Operations and Maintenance Centre),
- les NMC (Network Management Centre),

Le NMC permet l'administration générale de l'ensemble du réseau d'un opérateur 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 OMC sont composées des OMC-R (OMC-Radio) qui supervisent le sous système radio et des OMC-S (OMC-System) qui supervisent le sous système réseau.

I.5.4 La station mobile (MS) :

La station mobile est constituée du téléphone portable à proprement parler mais aussi d'une carte appelée carte SIM, qui est indispensable pour accéder au réseau. Cette carte contient, sur un microprocesseur, les informations personnelles de l'abonné. Ce dernier peut donc, par insertion de la carte SIM dans n'importe quel téléphone portable, recevoir des appels, en donner et avoir accès à tous les services qu'il a souscrit : le téléphone portable et l'utilisateur sont totalement indépendants. [3]

Le téléphone portable est identifié par le numéro IMEI. Ce numéro renseigne sur le type d'équipement, l'identité du constructeur et le numéro de série.

La carte SIM, elle contient le numéro IMSI, mais aussi une clé secrète pour la sécurité, ainsi que d'autres informations. Les numéros IMEI et IMSI sont indépendants, ce qui permet la séparation du téléphone portable et de l'utilisateur. De plus, la carte SIM protège l'abonné des connections frauduleuses par l'introduction d'un numéro d'identité personnel (code PIN) lors de l'accès au réseau.

I.6 LES interfaces du réseau GSM :

Les interfaces sont des composantes importantes du réseau car elles assurent le dialogue entre les équipements et permettent leur interfonctionnement. La normalisation des interfaces garantit l'interopérabilité des équipements hétérogènes produits par des différents constructeurs

- l'interface radio « Um » est localisée entre la station mobile et la station de base (MSBTS).
- C'est l'interface la plus importante du réseau. <https://172.16.0.250:8090/httpclient.html>
- l'interface « A-bis » relie une station de base à son contrôleur (BTS-BSC)
- L'interface « A » se situe entre un contrôleur et un commutateur (BSC-MSC).

I.7 Numérotation lie a la mobilité :

I.7.1 L'identité IMSI:

C'est l'identité permanente du mobile, elle est rarement transmise dans l'interface radio.

L'IMSI n'est pas connue par l'utilisateur



Figure I.4 : Structure de l'IMSI

L'IMSI est comprend trois parties :

- MCC (Mobile Country Code) : Indicatif du pays domicile de l'abonné.
- MNC (Mobile Network Code) : Indicatif du PLMN nominal de l'abonné.
- MSIN (Mobile Subscriber Identification Number) : Numéro de l'abonné mobile à l'intérieur du réseau GSM d'un PLMN[4].

I.7.2 L'identité TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity):

C'est l'identité temporaire allouée de façon locale (VLR), elle est utilisée pour identifier le mobile appelé et appelant lors de l'établissement d'une communication de façon

optionnelle. Le numéro TMSI n'est connu que par la partie MS-MSC/VLR

I.7.3 L'identité MSRN (Mobile Station Roaming Number)

Il permet le routage des appels vers le MSC d'une station mobile. Le MSC est attribué par le VLR courant d'un mobile de façon temporaire et uniquement lors de l'établissement d'un appel à destination mobile. Il a la même structure que le MSISDN. [3]

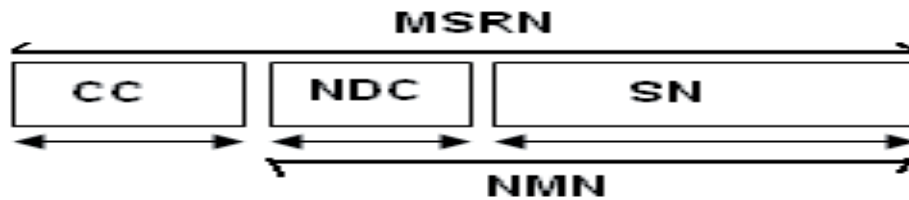


Figure I.5: Structure du MSRN

I.7.4 l'identité IMSISDN ((Mobile Station ISDN Number) :

C'est l'identité du mobile pour l'extérieur. Le MSISDN est le numéro que composera une personne désirant joindre un abonné GSM. Seul le HLR contient la table de correspondance entre le MSISDN et l'IMSI de l'abonné. [3]



Figure I.6 : Structure du MSISDN

Avec : - CC (Country Code) : Indicatif du pays de l'abonné mobile.

- NMN (National Mobile Number) : composé de NDC (National Destination Code) indiquant le numéro du PLMN dans le pays et le SN (Subscriber Number) : numéro attribué à l'abonné librement par l'opérateur [4].

I.8 LA Transmission radio

I.8.1 Les canaux physiques :

Pour augmenter la capacité du réseau, le GSM met en œuvre deux techniques de multiplexage au niveau de l'interface Um : un multiplexage fréquentiel FDMA (Fréquence Division Multiple Access) et un multiplexage temporel TDMA (Time Division Multiple Access).

Un canal physique est caractérisé par :

- une paire de fréquences
- un slot particulier par fréquence choisi parmi huit
- Un canal physique Convoie un ou plusieurs canaux logiques

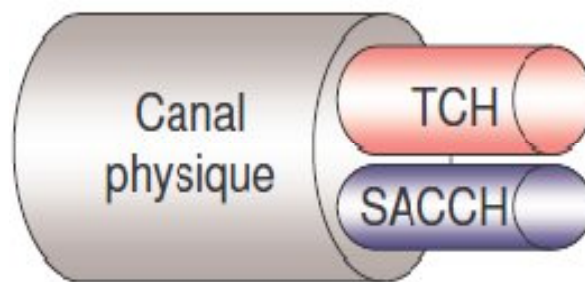


Figure I.7 : La convention du canal physique [4]

I.8.1.1 Multiplexage fréquentiel FDMA :

Afin de réutiliser les ressources, le multiplexage fréquentiel FDMA divise en 124 canaux de 200KHZ de large chacun, les deux plages de fréquences (890-915 KHZ) pour la liaison montante et (935-960KHZ) pour la liaison descendante; ce qui offre 124 voies de communications duplex en parallèle et chaque sens de communication possède une voie qui est lui réservée.

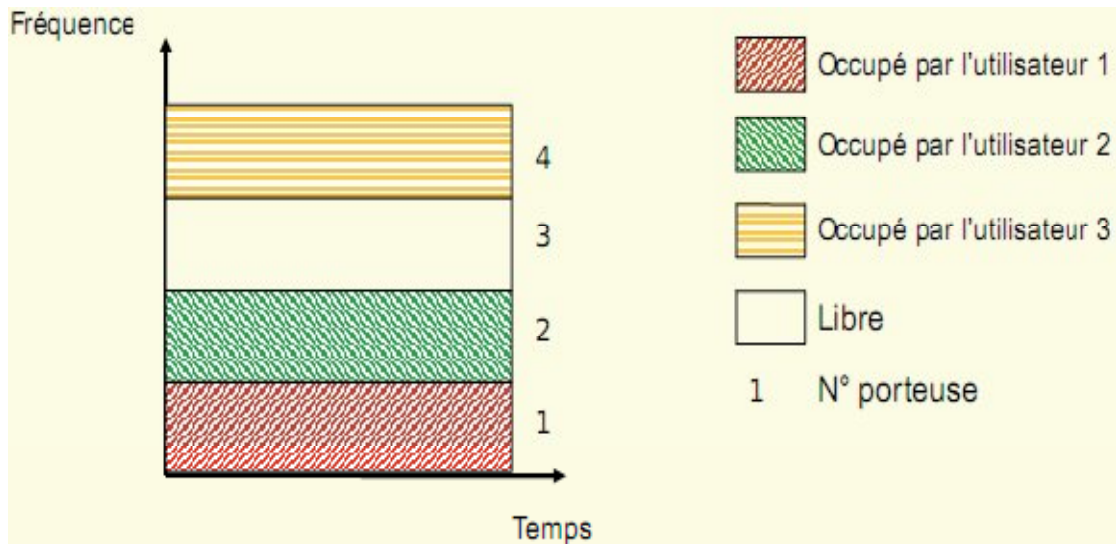


Figure I.8: Principe du FDMA [9].

Chaque porteuse (canal) est identifiée de manière unique par un numéro, donc la relation entre ce numéro et la fréquence est :

Pour GSM 900 ($1 < n \leq 124$) :

$$F_u(n) = 890 + (0.2 * n) \text{ Mhz} \rightarrow \text{la voie montante,}$$

$$F_d(n) = f_u(n) + 45 \text{ Mhz} \rightarrow \text{la voie descendante (45 Mhz est l'écart duplex).}$$

Pour DCS 1800 ($512 \leq n \leq 885$)

$$F_u(n) = 1710.2 + 0.2 \times (n - 512) \text{ Mhz} \rightarrow \text{la voie montante,}$$

$$F_d(n) = f_u(n) + 95 \text{ Mhz} \rightarrow \text{la voie descendante (95Mhz est l'écart duplex).}$$

I.8.1.2 Multiplexage temporel TDMA

Pour augmenter le nombre d'utilisateur de MS en même temps, la technique TDMA consiste à diviser chaque porteuse en intervalles de temps (IT) appelés slots. La durée élémentaire d'un slot a été fixée pour la norme GSM à environ 0.5769 ms [8].

Un slot accueille un élément de signal radioélectrique appelé burst (paquet). L'accès TDMA permet à différents utilisateurs de partager une bande de fréquence donnée. Sur une même porteuse, les slots sont regroupés par paquets de 8 pour former une trame T. La durée d'une trame TDMA est donc:

$$T_{\text{TDMA}} = 8 \times S_{\text{slot}} = 4.6152 \text{ ms.}$$

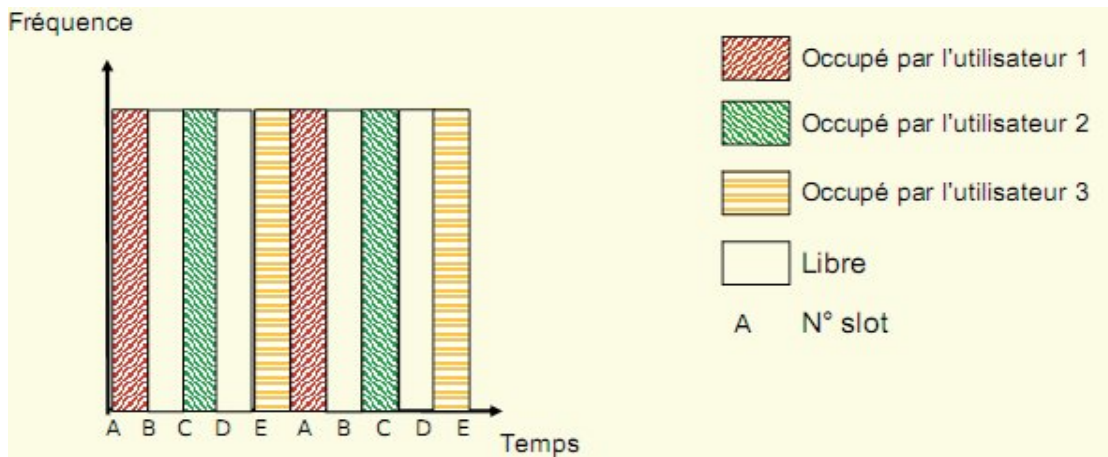


Figure I.9: Principe Du TDMA [9].

I.8.1.3 Structure des trames:

La transmission radio utilise plusieurs formes de trame TDMA sont hyper-trame, supertrame, multitrame et une simple trame.

Trame : en GSM la trame TDMA est divisée en 8 intervalles de temps (IT), chaque IT peut contenir un type spécifique d'information. Une trame est l'élément élémentaire d'autres structures qui forment une hiérarchie :

Multi trame : on distingue deux types de multi trames :

Multi trame de trafic : contient 26 trames utilisées pour transporter le trafic (voix, données et les signalisations nécessaires pour ce trafic) [10]. Cette multitrame est utilisée pour porter le TCH, SACCH et FACCH (voir les canaux logiques)

Multi trame de contrôle : contient 51 trames portent toutes les informations nécessaires pour le contrôle de la liaison hertzienne entre une MS et une BTS [10]. Cette multitrame est utilisée pour porter le SCH, BCCH, CCCH, SDCCH, SACCH et CBCH [8].

Super trame : elle est composée de 26 multi trame de contrôle, ou de 51 trame de trafic. Ce qui donne un cycle de 1326 trames pendant 6.12 s [8].

Hyper trame : elle comporte 2048 super trame, équivalent à 2715640 trames

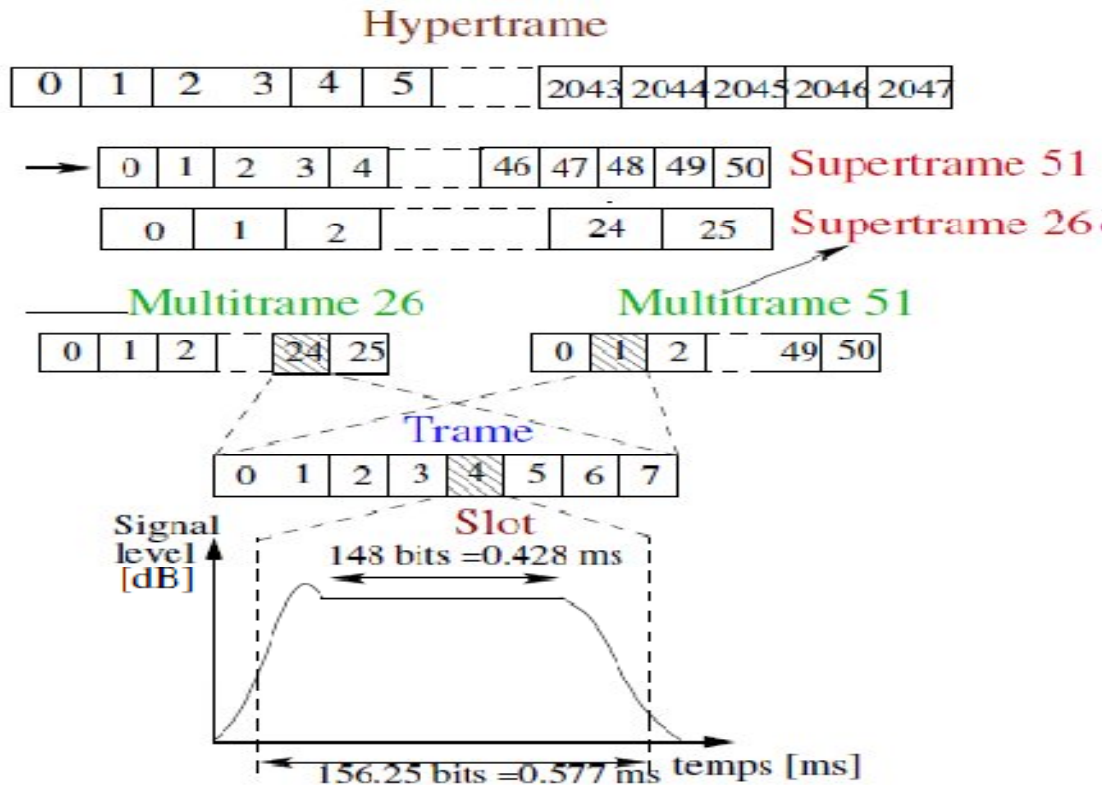


Figure I.10 : Organisation des multiples de trames. [12]

I.8.2 LES canaux logiques :

Ce sont des « fils » qui relient la couche physique à la couche 2. Ils sont définis par le type d'information qu'ils convoient

Canaux dédiés. DCH (dedicated Channel):

Ce sont des canaux Canaux point à point dédiés à un utilisateur en Particulier :

Canaux de trafic. TCH (Traffic Channel) :

Utilisés pour le transfert de la parole et des données usager (TCH) après établissement de la communication.il est utilise en multiframe 26 avec un autre canal qui lui associe pour assurer un contrôle [18].

Il y a deux types de canaux TCH :

- TCH/F (plein débit) offre un débit de 13 kbps pour la voix et 9600 bps pour les données.
- TCH/H (demi-débit) permet d'augmenter la capacité du réseau avec un débit 5.6kbps pour la voix et 4.8kbps pour la transmission des données.

Canaux de contrôle DCCH (dedicated control Channel) : Utilisés pour le transfert de messages de signalisation (SDCCH, SACCH, FACCH)

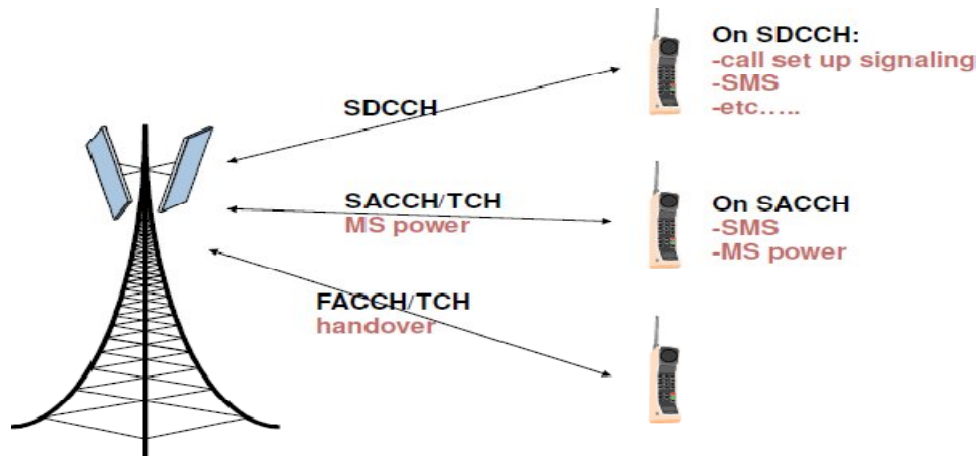


Figure I.11 : Les canaux de contrôle dédié [13].

SDCCH: Véhicule la signalisation générale de l'utilisateur, par exemple : une mise à jour de localisation et notamment pour la signalisation relative à l'établissement d'un appel. Il possède son propre SACCH associé et transporte également les messages courts (SMS) lorsque le mobile n'est pas en court de communication. SDCCH est transmise à la fois en liaison montantes et descendante.

SACCH: Il accompagne toujours un canal TCH ou un canal SDCCH (c.-à-d, envoyé sur le même canal physique) pour transporter la signalisation à bas débit destinée à contrôler la transmission du canal associé. Il est utilisé pour remonter des mesures sur les niveaux de puissance reçus par les mobiles, le taux d'erreurs de la liaison descendante et pour indiquer les valeurs de contrôle de puissance ou de compensation temporelle (timing Advance). SACCH est transmis en deux liaisons montantes et descendantes.

FACCH: Ce canal de signalisation rapide associé à un canal de trafic est utilisé pour l'exécution des Handover [9].

Canaux communs CCH (commun Channel) :

ce sont des canaux_Canaux point à multipoint ou point à point unidirectionnels utilisés pour le transfert d'information d'un ou de plusieurs utilisateurs (AGCH, PCH, BCCH, RACH et CBCH), (FCCH, SCH).

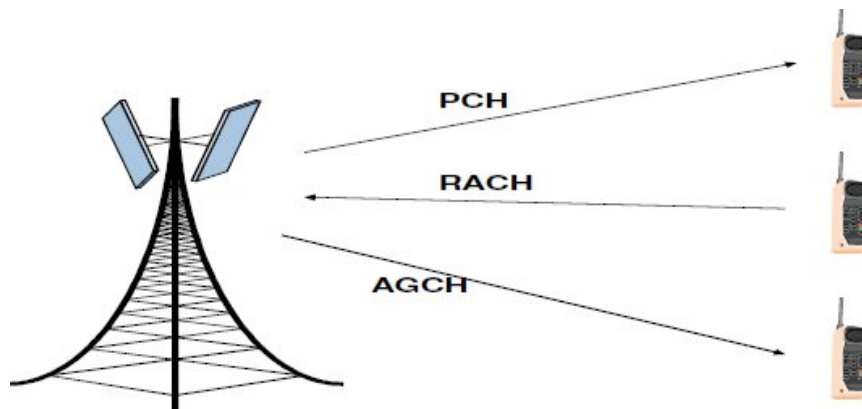


Figure I.12 : Les canaux de contrôles communs [13].

RACH – AGCH : Le canal (montant) RACH est utilisé par les terminaux mobiles pour accéder au réseau.

Un mobile indique dans son paquet le type de service requis et ajoute un nombre aléatoire en recopiant dans la réponse du réseau qui lui permet de s'assurer que cette réponse lui est bien destinée. Cette dernière est véhiculée par le canal AGCH. La réponse du réseau contient un pointeur vers un canal de signalisation dédié, sur lequel le mobile peut s'identifier et préciser sa demande. Le réseau peut refuser la demande du mobile, par exemple dans le cas de surcharge ponctuelle [9] [14].

PCH : est utilisé pour initier une communication du réseau destinée au mobile. Le réseau ne connaît pas précisément la position du mobile. Il doit diffuser l'appel dans un ensemble de cellules ou zone de localisation. Le mobile concerné répond en faisant une demande d'accès au réseau via le canal RACH. PCH est transmis en liaison descendante [9].

I.9 Conclusion

Dans cette partie, nous avons présenté le réseau GSM avec les différentes techniques de base définies dans la norme GSM. Ces techniques offrent une meilleure qualité de communication et une signalisation en temps réel entre les entités du réseau. Dans la suivante partie, nous allons présenter les différents mécanismes de gestion de mobilité.

CHAPITRE II :

Concepts de base et théories des filtres

II.1 Introduction :

Un réseau GSM est composé d'un sous-réseau de transport haut-débit, le réseau cœur, et d'un sous-réseau de transmission, le réseau capillaire, sur lequel porte l'outil de conception. Ce réseau est composé de stations BSC (Base Station Contrôler : nœuds concentrateurs), de BTS (Base Terminal Station : nœuds terminaux) et de multiplexeurs (MUX) reliés entre eux par différents types de liaisons (lignes loué faisceaux hertziens,.....).

II.2 Les différents types des liaisons:

II.2.1 Liaison filaire :

Une Liaison Louée est une liaison numérique filaire qui est souvent utilisée pour assurer le transit des données entre la BTS et le BSC, via la liaison Abis.

Les LL sont des liaisons numériques, assimilables à des liaisons téléphoniques constantes, non partagées, à haut débit garanti 24h/24h et avec un délai de remise en service après panne de quelques heures. Il peut être nécessaire d'utiliser plusieurs LL pour certains sites supportant un trafic important. Ces LL sont proposées par les opérateurs importants, elles sont facturées au débit et à la distance entre les points reliés [19].

II.2.2 La liaison FH (Faisceau Hertzien) :

L'ensemble des BTS d'une certaine zone géographique sont connectées à une « Base Station Contrôler » qui lui-même relié à un commutateur appelé MSC (« Mobile Switching Center »), lequel est connecté au réseau téléphonique, ainsi qu'aux réseaux de téléphonie mobile des opérateurs concurrents.

Seule la connexion entre la BTS et le BSC est concernée par la présente étude; il s'agit d'une liaison à haut débit (2 Mbits/s).

II.2.2.1 Définition d'un FH :

Un FH est une liaison radio spécialisée, composée de 2 antennes émettrices-réceptrices ultra directionnelles pointées exactement l'une vers l'autre, sans obstacle intercalé. Lorsque le BSC est très éloigné du MSC, il peut arriver que la liaison soit assurée par plusieurs couples

de FH. Un FH a souvent un débit de 2 Mbit/s, il est donc nécessaire sur certains sites à capacité importante d'en utiliser plusieurs. [19]

Il faut toutefois signaler, qu'aux fréquences supérieures à quelques GHz, l'atténuation des obstacles est très importante (même le feuillage d'un arbre est suffisant pour perturber la transmission). Par conséquent, une liaison par faisceau hertzien ne peut être utilisée que si ses extrémités sont en vue directe l'une de l'autre; comme ceci n'est que très rarement le cas pour les BTS éloignées du BSC, la connexion peut être réalisée en plusieurs « sauts » comme illustrée sur la figure ci-dessous sur laquelle les points A et B sont en vue directe, de même que B et C, ainsi que C et le BSC.

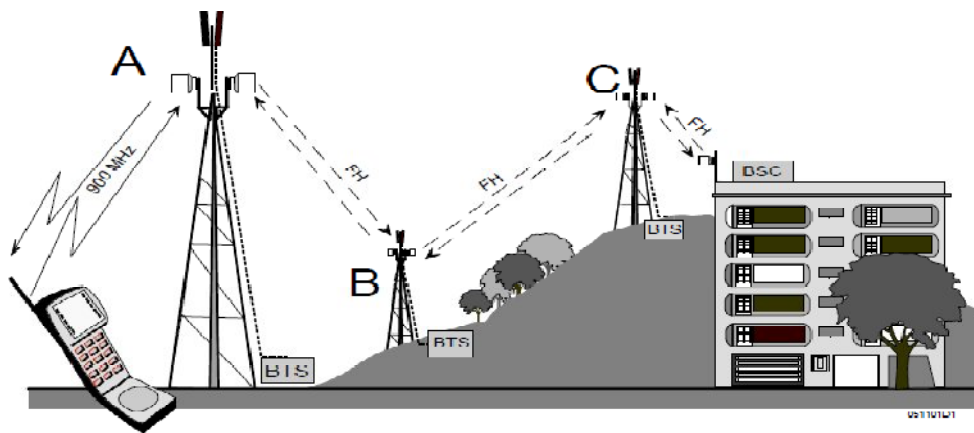


Figure II 1 : Connexion en plusieurs « sauts »

(Les lettres FH correspondent aux liaisons par faisceau hertzien)[18]

La liaison Abis peut-être composée d'une combinaison de différents types de transmissions sur la distance séparant le BSC de la BTS. Par exemple : FH de la BTS à un point intermédiaire, LL de ce point vers un autre point, puis FH jusqu'au BSC.

Les fréquences allouées aux faisceaux hertziens utilisés dans les réseaux de téléphonie mobile sont toutes égales ou supérieures à 15 GHz.

II.2.2.2 Caractéristique d'une antenne FH : [18]

Les antennes des faisceaux hertziens sont de type parabolique (Figure II.2); le boîtier de forme cylindrique.

L'arrière et le pourtour cylindrique constituent un blindage métallique; la partie avant est réalisée dans une matière plastique qui n'absorbe que très faiblement le rayonnement électromagnétique.

De manière générale, les antennes paraboliques ont comme particularité de produire un rayonnement « concentré » dans un faisceau extrêmement étroit; celles des faisceaux hertziens ont un angle d'ouverture généralement compris entre 1 et 3° selon le type (figure II.2).

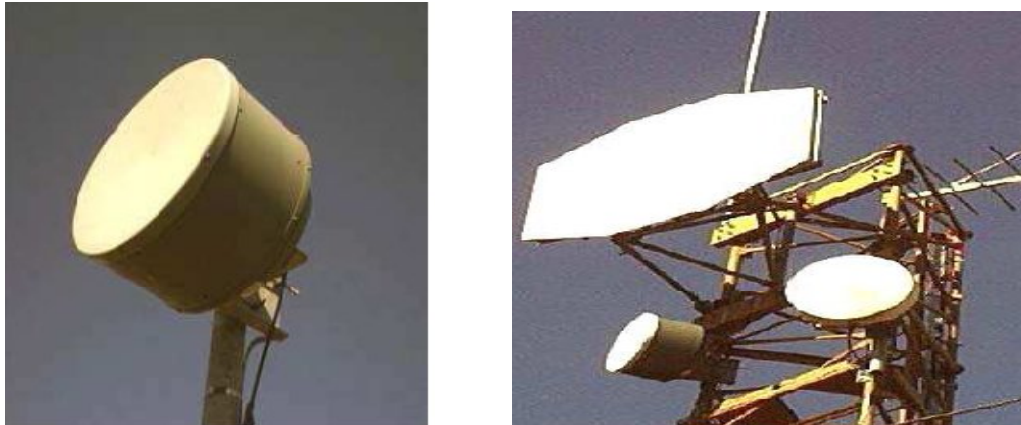


Figure II.2 : Antenne d'un Faisceau Hertzien et Deux types de déviation d'un FH

Comme on peut le voir sur la photo de droite, si l'on veut faire changer de direction un FH, on peut utiliser un réflecteur (grand panneau blanc, en haut) qui réfléchit, comme un miroir l'onde provenant d'une antenne pour la renvoyer vers une autre direction. On peut aussi utiliser un couple supplémentaire d'antennes, comme les deux antennes (en bas) où une antenne reçoit et l'autre réémet et vice versa.

La liaison Abis peut-être composée d'une combinaison de différents types de transmissions sur la distance séparant le BSC de la BTS. Par exemple : FH de la BTS à un point intermédiaire, LL de ce point vers un autre point, puis FH jusqu'au BSC

Précisons toutefois qu'il s'agit de l'angle d'ouverture à 3 dB, c'est-à-dire l'angle dans lequel la densité de puissance (en W/m^2) est supérieure ou égale à 0,5 fois la valeur atteinte dans la direction où l'intensité du rayonnement est maximale (celle-ci se produisant au centre du faisceau et notée S_{max} sur la figure 4); ceci signifie qu'à l'intérieur de l'angle d'ouverture, la densité de puissance est comprise entre 0,5 et 1 fois la densité maximale. Toutefois, le champ électromagnétique n'est pas nul en dehors de l'angle d'ouverture; son intensité peut être calculée, à une certaine distance, au moyen du diagramme de rayonnement de l'antenne.

Sans anticiper sur les résultats, qui seront exposés au § 5, il est clair que les propriétés de directivité des antennes des faisceaux hertziens ont pour conséquence que le diamètre du faisceau est très petit.

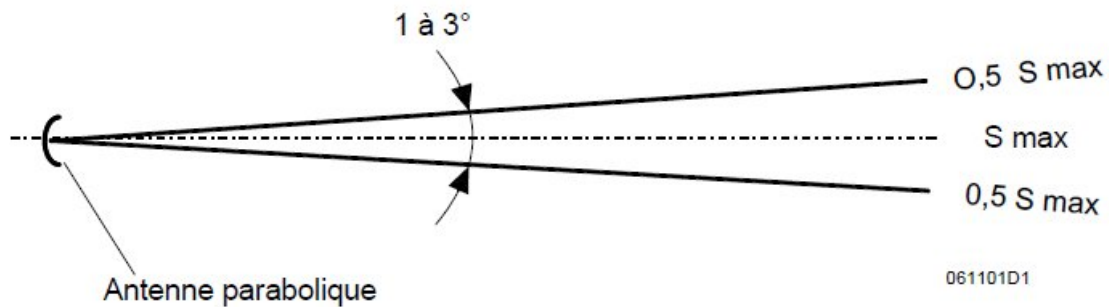


Figure II 3: Angle d'ouverture d'une antenne [18]

D'autre part, aux fréquences comprises entre 10 et 20 GHz, la densité de puissance d'une onde électromagnétique traversant une cloison légère (en bois ou en plâtre), une fenêtre ou un toit en tuiles ou en ardoises, subit une atténuation par un facteur dont l'ordre de grandeur est compris entre 10 et 100 (l'atténuation réelle dépend de divers paramètres, tels que : la fréquence, l'épaisseur et la nature de l'obstacle, son taux d'humidité, etc.)

II.3 Hiérarchie numérique plésiochrone :

La hiérarchie numérique plésiochrone ou PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) est une technologie utilisée dans les réseaux de télécommunications afin de véhiculer les voies téléphoniques numérisées. Le terme « plésiochrone » vient du grec plesio (proche) et chronos (temps) et reflète le fait que les réseaux PDH où différentes parties soient presque parfaitement synchronisés : ils ont un même débit nominal pour toutes les artères du même type mais ce débit diffère légèrement en fonction de l'horloge de traitement local

Les versions européennes et étasuniennes du système diffèrent légèrement mais reposent sur le même principe, nous décrivons ici le système européen.

Le transfert de donnée est basé sur un flux à 2 048 kbit/s. Pour la transmission de la voix, ce flux est séparé en 30 canaux de 64 kbit/s et 2 canaux de 64 kbit/s utilisés pour la signalisation et la synchronisation. On peut également utiliser l'intégralité du flux pour de la transmission de donnée dont le protocole s'occupera du contrôle.

Le débit exact des données dans le flux de 2 Mbit/s est contrôlé par une horloge dans l'équipement générant les données. Le débit exact varie légèrement autour de 2 048 kbit/s (± 50 ppm).

Afin d'amener plusieurs flux de 2 Mbit/s d'un point à un autre, ils sont combinés par multiplexage en groupes de quatre. Cette opération consiste à prendre 1 bit du flux #1 suivi d'un bit du #2, puis le #3 et enfin le #4. L'équipement émetteur ajoute également des informations permettant de décoder le flux multiplexé.

Chaque flux de 2 Mbit/s n'étant pas nécessairement au même débit, des compensations doivent être faites. L'émetteur combine les quatre flux en assumant qu'ils utilisent le débit maximum autorisé. Occasionnellement le multiplexeur essaiera donc d'obtenir un bit qui n'est pas encore arrivé ! Dans ce cas, il signale au récepteur qu'un bit est manquant ce qui permet la reconstruction des flux à la réception.

La combinaison du multiplexage décrit permet un débit de 8 Mbit/s. Des techniques similaires permettent d'agréger quatre de ces flux pour former des conduits de 34 Mbit/s puis 140 Mbit/s et enfin 565 Mbit/s.

NIVEAU	Débit nominal en Kbits/s	Nb de voix téléphoniques	Avis CCIT
TN1	2048	30	G704
TN2	8448	120	G742
TN3	139264	480	G741
TN4	564992	1920	G741

Tableau II.1 : Les 4 niveaux du multiplexage européen [21]

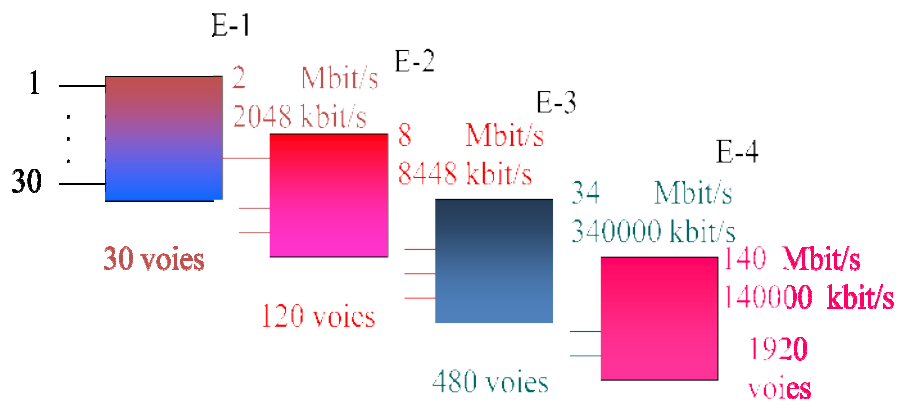


Figure II 4: les différents niveaux du multiplexage

II.3.1 Les formats Européens E1, E2, E3, E4

II.3.1.1 Multiplexage MIC- E1 ou TN1 à 2 Mbit/s [16]

Une fois que l'échantillon a été quantifié, il peut être envoyé. Et un nouvel échantillon peut alors être échantillonné, compressé et quantifié. L'ensemble de ces opérations doit cependant être limité dans le temps. En effet puisque l'on échantillonne à 8000 Hz, la durée de "fabrication" des mots de 8 bits codant l'échantillon ne peut dépasser 125µs. En réalité les mots de 8 bits sont produits très rapidement et on peut même insérer entre deux mots successifs provenant de la même voie, des mots provenant d'autres voies. On réalise ainsi une transmission multiplexée temporellement de plusieurs voies.

En Europe le système qui réalise cette fonction est appelé MIC E1 (Modulateur d'impulsions codées). C'est le premier niveau de la hiérarchie de multiplexage. Dans ce système 30 voies sont multiplexées temporellement dans une "fenêtre" de 125µs.

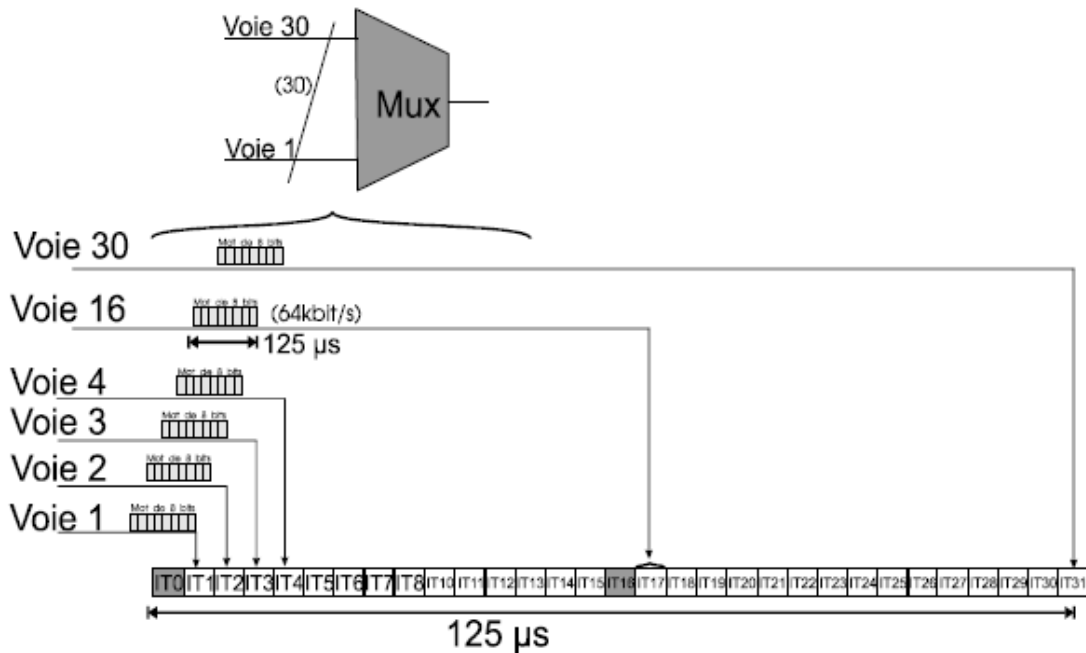


Figure II 5 : Structure d'une trame MIC [16]

La fenêtre de 125µs appelée trame est donc découpée en 32 morceaux appelés "Intervalle de temps" ou "IT", qui vont de IT0 à IT31. Les 32 intervalles de temps sont occupés de la manière suivante ; Les échantillons compressés et quantifiés en provenance des voies 1 à 15, sont placés respectivement dans les IT1 à IT15. De même pour les voies 16 à 30 placées dans les IT17 à IT31. Seuls les IT0 et IT 16 sont particuliers car ils ne sont pas utilisés pour transmettre des voies mais pour la signalisation.

Lorsqu'une trame est émise par une machine A (l'émetteur) vers une machine B (le récepteur) deux principes importants doivent être respectés:

1. La synchronisation.
2. Le verrouillage.

Synchronisation :

Les machines A et B doivent être synchronisées, c'est à dire que leurs horloges HA et HB doivent être identiques afin que les bits soient lus à des instants "corrects". En effet si le récepteur cherche à détecter l'état d'un bit alors qu'un front montant ou descendant est présent une erreur peu se produire. Nous reviendrons plus loin sur la synchronisation.

Verrouillage :

Le récepteur B doit savoir où commence la trame au bit près. Sans cela il n'y a aucun moyen de distinguer où commence une IT et où s'arrête une autre. A cela 2 conséquences; 1-

Il faut indiquer le début de la trame, et 2- si B n'est pas synchronisé sur A, il est important que A et B puissent se transmettre un signal de perte de verrouillage les avertissant de l'état de leur synchronisation. Les IT0 et IT16 jouent cet office, et permettent à l'émetteur A et au récepteur B de "s'entendre". Nous allons voir plus précisément comment.

a) Mot de verrouillage de Trame (MVT) :

Pour pouvoir être reconnue, et pour que son origine soit repérée, la trame a donc la particularité suivante :

Dans les trames paires, l'IT0 est remplie avec VER un mot de verrouillage de trame (MVT) (VER1=x0011011, 1B ou 9B en hexadécimal). Dès que le récepteur B détecte ce mot il peut se verrouiller.

Pour les trames impaires, le mot de verrouillage de trame de l'IT0 est remplie par VER2=xB2Axxxxx. Dès que le verrouillage est constaté B renvoie à A dans une trame impaire

le mot VER2 avec B2=1 et A=0. En revanche si A=1, c'est une alarme de perte de verrouillage de trame. Par sécurité le verrouillage n'est considéré comme perdu qu'après 3 alarmes successives.

L'IT16 contient des informations de signalisation supplémentaires. En effet il est nécessaire de transmettre les informations sur l'activité des 30 voies. Si une voie n'est pas utilisée parce que le téléphone est "raccroché", par exemple à la fin d'une conversation, il est utile de signaler cet état.

L'IT16 ne contient que 8 bits, ce qui est insuffisant pour signaler l'état des 30 voies. Il est donc nécessaire d'utiliser plusieurs IT16 successifs dans plusieurs trames successives. Il a été choisi arbitrairement 4 bits pour transmettre l'état de chacune des voies. Par conséquent l'IT16 (8 bits) ne peut Transmettre que les états de 2 voies à la fois. Il faudra donc attendre que quinze trames soient transmises pour que l'ensemble des états des 30 voies soient complètement signalés. En pratique 16 trames sont utilisées, et forment une "supertrame". La durée d'une supertrame est donc $125\mu\text{s} \times 16 = 2\text{ms}$.

Calculons le débit obtenu : dans une fenêtre de durée $T=125\mu\text{s}$ seconde est contenue un échantillon de chacune des 30 voies de 8 bits chacune, plus deux intervalles de temps de 8 bits

contenant les IT0 et IT16. Soit un total de $m=32 \times 8$ bits dans $T=125\mu s$. Le débit est donc $DMIC-E1 = T/m = 20480000 \text{ bits/s} = 2,048 \text{ Mbits}$.

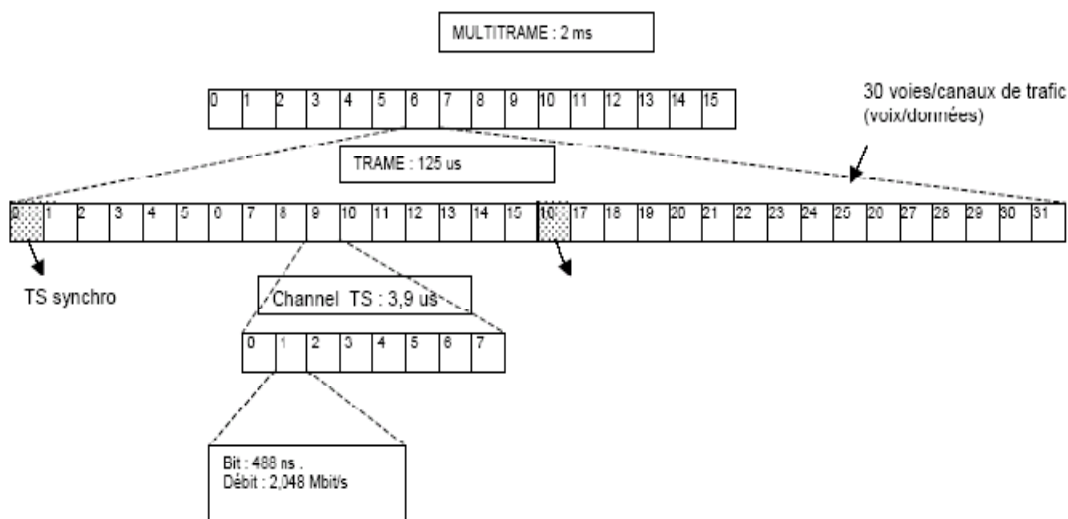


Figure II 6: structure de super trame. [20]

II.3.1.2 Multiplexage MIC-E2 ou TN2 à 8 Mbit/s [avis G744] :

La trame secondaire TN2 correspond à la norme G742 de l'ITU-T. La trame secondaire dure $100,4\mu s$ et est longue de 848 bits, qui se décompose de la manière suivante : 4 groupes de 212 bits chacun. Il faut remarquer tout d'abord que 848 bits ne correspond pas à $4 \times 8 \times 30 = 960$ bits. Nous allons expliquer pourquoi:

Groupe I		Groupe II		Groupe III		Groupe IV	
12	200	4	208	4	208	4	208

Figure II 7 : trame de multiplex E2 [16]

Le premier groupe est structuré de la façon suivante:

- Un mot de 12 bit indique le début de la trame multiplex E2 (appelé fanion de départ) et a pour valeur $DEP=1111010000AR$ ou A et R sont des bits d'alarmes.
- 200 bits qui contiennent les 50 premiers bits de chacune des 4 voies (affluent 0, 1, 2, 3). Les voies sont entrelacées, c'est à dire qu'elles sont multiplexées bit à bit et non pas mot à mot. Si un bit numéro $4k$ provient de l'affluent 0, le bit $4k+1$ provient de l'affluent 1, le bit $4k+2$ provient de l'affluent 2, et le bit $4k+3$ de l'affluent 3.

Dans chacun des 3 groupes suivant on peut distinguer 2 zones:

- un ensemble de 4 bits d'indication de justification.

- un ensemble de 208 bits ce qui correspond à 4 groupes de 52 bits provenant des 4 affluents, c'est à dire le multiplexage bit à bit de 52 des bits des 4 voies affluentes.

L'opération permettant de transporter un signal de débit variable dans une trame S de longueur fixe L et de débit fixe L/TT s'appelle la justification. Parmi les L bits de la trame S on distingue deux types de bits (les bits d'information à transmettre = bit I, et les bits de remplissage = bit R) et trois zones (zone pour les bits d'information, une zone pour les bits de remplissage positif, appelée zone P sur la figure 10, et une zone pour les bits de remplissage négatif, appelée zone N).

II.3.1.3 Multiplexage MIC-E3 ou TN3 à 34 Mbit/s [avis G751] :

a) Caractéristiques générales :

La trame tertiaire se compose de 4 affluents E2 et elle à un débit de 34,368 Mbit/s avec une variation relative de 20 ppm. La trame est composée de 1536 bits, ce qui correspond à une durée de 44,69 μ s [16]

b) Trame :

Elle est formée de quatre secteurs (groupes) de même longueur. Le signal de verrouillage est formé de 10 éléments binaires groupés à chaque trame du début du premier secteur. Sa configuration est de 1111010000. Les éléments binaires 11 et 12 du premier secteur constituent des éléments binaires de service. L'élément binaire 11 est utilisé pour transmettre une indication d'alarme émise vers l'équipement de multiplexage numérique éloigné en cas de dérangement de l'équipement de multiplexage numérique local (perte de verrouillage par exemple). L'élément binaire 12 réservé à l'usage national peut être utilisé pour transmettre la parité de la trame précédente. Sur le conduit numérique traversant une frontière, la valeur de ce bit est fixée à « 1 ».

Les indications de justification sont formées de 3 éléments binaires par affluent, répartis au début des secteurs 2, 3 et 4 et placés dans l'ordre de numérotation des affluents. Dans une trame, une justification éventuelle s'effectue dans le secteur 4 à l'emplacement du premier élément binaire de l'affluent considéré. Le multiplexage est réalisé par entrelacement bit à bit dans l'ordre de numérotation des affluents.

On trouvera la structure de la trame sur la Tableau II.2

c) Synchronisation – Justification [16]

La synchronisation en fréquence nécessaire au multiplexage bit à bit des différents affluents se fait par accroissement du débit propre F_e de la même manière que celle effectuée d'éléments binaires supplémentaires pour chaque affluent dans le train binaire à 34 Mbit/ pour le multiplexage MIC-E2. Cet accroissement des débits est obtenu par l'introduction

Structure de trame	Plan de numérotage des bits
Signal de verrouillage de trame (1111010000)	<i>Groupe 1</i> 1 à 10
Indication d'alarme émise à l'équipement éloigné	11
Bit réservé pour usage national	12
Bits provenant des affluents	13 à 384
Bits C_{j1} d'indication de justification	<i>Groupe 2</i> 1 à 4
Bits provenant des affluents	5 à 384
Bits C_{j2} d'indication de justification	<i>Groupe 3</i> 1 à 4
Bits provenant des affluents	5 à 384
Bits C_{j3} d'indication de justification	<i>Groupe 4</i> 1 à 4
Bits de justification provenant des affluents	5 à 8
Bits provenant des affluents	9 à 384
C_{ji} désigne le i ème bit d'indicatif de justification du j ème affluent.	

Tableau II.2 : Structure de la trame de multiplexage à 34.368 kbit/s [20]

II.3.1.4 Multiplexage MIC-E4 ou TN4 à 139.264 Mbit/s [avis G751] :

a) Caractéristiques générales :

La trame TN4 se compose de 4 affluents E3 et elle a un débit de 139,264 Mbit/s avec une variation relative de 15 ppm. La trame est composée de 2928 bits, ce qui correspond à une durée de 21.02 μ s [16].

b) Trame :

Elle est formée de six groupes de même longueur. Le signal de verrouillage est formé de 12 éléments binaires groupés à chaque trame du début du premier secteur. Sa configuration est de 111110100000. Les éléments binaires 13, 14, 15 et 16 du premier secteur constituent des éléments binaires de service. L'élément binaire 13 est utilisé pour transmettre une indication d'alarme émise vers l'équipement de multiplexage numérique éloigné en cas de dérangement de l'équipement de multiplexage numérique local (perte de verrouillage par exemple).

L'élément binaire 14 réservé à l'usage national peut être utilisé pour transmettre la parité de la trame précédente. Sur le conduit numérique traversant une frontière, la valeur de ce bit est fixée à « 1 ». Les éléments binaires 14, 15 et 16 sont disponibles en tant qu'éléments binaires de réserve.

Les indications de justification sont formées de 5 éléments binaires par affluent, répartis au début des secteurs 2, 3, 4, 5 et 6 et placés dans l'ordre de numérotation des affluents. La présence de justification est indiquée par le signal 11111, son absence par le signal 00000.

Dans une trame, une justification éventuelle s'effectue dans le secteur 6 à l'emplacement du premier élément binaire de l'affluent considéré.

Le multiplexage est réalisé par entrelacement bit à bit dans l'ordre de numérotation des affluents.

c) Synchronisation – Justification :

La synchronisation en fréquence nécessaire au multiplexage bit à bit des différents affluents s fait par accroissement du débit propre F_e de la même manière que celle effectuée pour le multiplexage MIC-E3. Cet accroissement des débits est obtenu par l'introduction d'éléments binaires supplémentaires pour chaque affluent dans le train binaire à 140 Mbit/s. Cette opération est appelée justification positive. La fréquence nominale des justifications pour un affluent de débit propre est donc de εF_e .

Structure de trame	Plan de numérotage des bits
Signal de verrouillage de trame (111110100000)	<i>Groupe 1</i> 1 à 12
Indication d'alarme émise à l'équipement éloigné	13
Bit réservé pour usage national	14 à 16
Bits provenant des affluents	17 à 488
Bits C_{ji} d'indication de justification	<i>Groupe 2 à 5</i> 1 à 4
Bits provenant des affluents	5 à 488
Bits C_{j5} d'indication de justification	<i>Groupe 6</i> 1 à 4
Bits de justification provenant des affluents	5 à 8
Bits provenant des affluents	9 à 488
C_{ji} désigne le i ème bit d'indicatif de justification du j ème affluent.	

Tableau II.3 : Structure de la trame de multiplexage à 139.264 kbit/s [20]

II.3.2 Limites de la PDH :

PDH consiste à multiplexer et de transporter des éléments binaires de débit inférieur en les transmettant à des débits supérieurs.

Les débits inférieurs sont donc élevés à une valeur supérieure par injonction d'éléments binaires de justification, avec une indication de leur présence dans la trame résultante. Le débit n'est donc pas exactement le multiple de ce qui rentre mais légèrement plus. C'est cela qui l'a qualifié de plésiochrone (en grec, plésio = presque, plésiochrone = presque synchrone).

Le principal défaut de cette technique de multiplexage est qu'elle ne permet pas d'avoir accès aux informations d'une voie directement sans démultiplexer l'ensemble des voies.

Par exemple, pour fournir une ligne à 2Mbit/s plusieurs multiplexages et démultiplexages doivent être faits pour l'extraire d'un canal rapide à 140Mbit/s.

C'était un défaut acceptable en téléphonie mais pour l'utilisation sur des réseaux optiques, cela devient inadmissible [21]

En ajoute a les inconvénients du PDH :

- Ce n'est pas un multiplexage direct il y'a toujours un surdébit de synchro.

- Difficulté d'extraire ou d'injecter à un endroit de la hiérarchie car nécessité de tous démultiplexer
- Plus rien après TN4.

III.4 Conclusion :

Le sous-réseau de transmission considéré come, le réseau cœur pour qu'il est prend tous les procédures de transport, et cette dernier contient des technique transmissions et de commutations.

Aujourd'hui cette technique offre des solutions de transport totalement maîtrisées, sécurisées Et compétitivité.

CHAPITRE III :

Logiciel ADMFilters et résultats de conception

III.1 Introduction :

Lors de la définition d'un système de communications, il est nécessaire de déterminer le type et la taille des antennes d'émission et de réception, la puissance d'émission, l'ensemble des pertes et affaiblissements que va subir l'onde émise et enfin le rapport signal à bruit nécessaire pour pouvoir effectuer la transmission avec la qualité requise. Effectuer cet ensemble de déterminations constitue l'établissement du Bilan de Liaison.

III.2 Bilan de liaison :

Avant d'installer un système de radiocommunication ou une liaison hertzienne, il est nécessaire d'effectuer le calcul du bilan de liaison. En effet, ce calcul permet de déterminer si le niveau de puissance reçue par le récepteur sera suffisant pour que la liaison fonctionne Correctement [23].

III.2.1 Schéma de principe d'une liaison hertzienne :

Le schéma de principe d'une liaison hertzienne est dans le cas général le suivant :

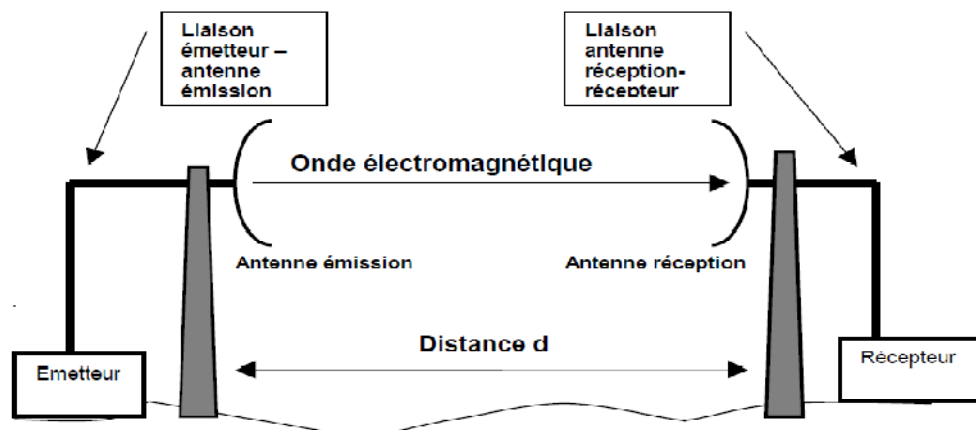


Figure III.1: les éléments d'un bilan radio

1) Emetteur : Il est caractérisé par sa puissance émise PE. Ici PE sera exprimée en dBm ou dBW. Ordre de grandeur : de quelques mW (0dBm) à plusieurs kW (> 30dBW).

2) Liaison émetteur- antenne émission :

Elle est généralement réalisée en câble coaxial.

A plus haute fréquence (quelques GHz), elle peut être réalisée en guide d'onde. Elle est caractérisée par son atténuation LE, exprimée en dB.

3) Antenne émission : Elle est caractérisée par son Gain d'antenne GE, exprimé en dBi.

4) Distance d :

C'est la distance entre l'émetteur et le récepteur. On peut montrer (à partir du calcul de la sphère de l'antenne isotrope et de la définition du gain d'antenne), que la distance entre l'émetteur et le récepteur, introduit une atténuation AEL (pour atténuation en espace libre) égale à :

$$A_{EL} = 20 \cdot \log \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right) \quad (\text{III.1})$$

Cette grandeur est exprimée en dB.

5) Liaison antenne réception- récepteur :

Comme la liaison émetteur-antenne émission, la liaison antenne réception-récepteur est caractérisée par l'atténuation LR, exprimée en dB. Antenne réception : Elle est caractérisée par son gain d'antenne GR, exprimé en dBi. Récepteur : Le paramètre qui nous intéresse ici est PR, puissance reçue par le récepteur.

Elle est généralement exprimée en dBm

III.2.2 Expression de la puissance reçue :

Pour déterminer PR, la puissance reçue par le récepteur, il suffit en partant de PE de retrancher toutes les sources d'atténuation du signal et d'ajouter les gains d'antenne.

On obtient ainsi :

$$PR = PE - LE + GE - AEL + GR - LR \quad (\text{III.2})$$

III.2.3 Sensibilité d'un récepteur :

Nous nous contenterons ici d'en donner une définition et une signification pratique.

a) Définition :

La sensibilité d'un récepteur est l'amplitude du signal qu'il faut appliquer à son entrée pour obtenir à la sortie du démodulateur un rapport signal/bruit déterminé (transmission analogique) ou un taux d'erreur donné en transmission numérique (10^{-3} ou 10^{-6}).

b) Signification :

C'est la puissance minimale en dessous de laquelle la qualité de la liaison est dégradée : craquements importants (« friture ») pour une liaison audio, image dégradée en transmission vidéo (« neige »), taux d'erreur important en transmission numérique (« pixellisation » ou « figeage » de l'image en TV vidéo numérique).

III.2.4 Condition de bon fonctionnement d'une liaison hertzienne :

Pour qu'une liaison hertzienne fonctionne correctement, il faut que la puissance reçue soit supérieure à la sensibilité du récepteur.

De plus, on prendra généralement une marge (on essaiera d'avoir des dB en plus) pour tenir compte des atténuations supplémentaires qui peuvent être dues à des réflexions multiples ou à la météo (pluie, neige, brouillard, etc.).

III.3 Etude d'un système de radiocommunications :

III.3.1 Mise en situation :

Vous devez installer une liaison FH avec une capacité de 8Mbis/s (4 E1) de 15Km. Vous êtes chargé de faire une étude préliminaire, puis de superviser l'installation.

Vous allez :

- effectuer les calculs préliminaires à l'installation permettant de dimensionner le matériel (ellipsoïde de Fresnel, bilan de liaison).
- analyser les caractéristiques HF du matériel [23].

III.3.3 Ellipsoïde de Fresnel :

Ce point particulier est spécifique aux faisceaux hertziens et ne s'applique qu'aux liaisons à des fréquences de plusieurs GHz.

L'ellipsoïde de Fresnel est l'espace défini par la relation :

$$r = \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2} \times \lambda}$$

Où toutes les dimensions sont exprimées en mètres.

La grandeur r correspond à la valeur strictement minimale pour laquelle l'espace entourant le rayon direct joignant les deux antennes est dégagé de tout obstacle.

Remarque : r est maximum pour $d_1 = d_2$.

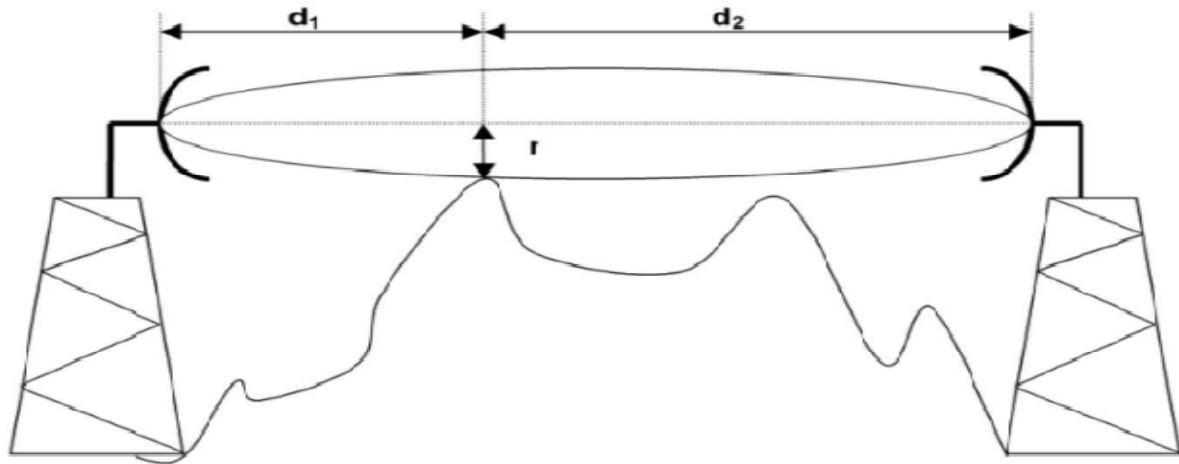


Figure III.3 Ellipsoïde de Fresnel

III.3.2 Caractéristiques du matériel :

Un faisceau hertzien est un système de télécommunication, composé de deux extrémités, qui permet de transporter des informations d'un point à un autre. Ici la liaison est duplex, chaque extrémité est à la fois émetteur et récepteur.

Le faisceau hertzien PDH (Sodielec **SFH 534**) appartient à une famille de faisceaux dédiés à la réalisation de liaisons moyenne capacité (2×2 Mbit/s et 4×2 Mbit/s), sur des distances de l'ordre de la dizaine de kilomètres [23].

- Les applications sont multiples : Raccordement entre la station de base et le contrôleur des ces station de réseau GSM.
- Composition de l'équipement : Un SFH 534 est composé de deux extrémités semblables comprenant chacune :
 - une antenne associée à un coffret HF (ODU).
 - un tiroir d'exploitation (PDH).

Le coffret HF et l'antenne sont généralement situés à l'extérieur, sur un pylône.

Le tiroir d'exploitation est généralement situé à l'intérieur d'un local technique.

La liaison entre coffret HF et tiroir d'exploitation se fait par l'intermédiaire de deux câbles coaxiaux.

Le tiroir d'exploitation réalise les fonctions de multiplexage des signaux à transmettre, de codage et de modulation-démodulation à la fréquence intermédiaire de 70 MHz.

Le coffret HF réalise les opérations de transposition de fréquence à la fréquence de 8 GHz, en émission et en réception.

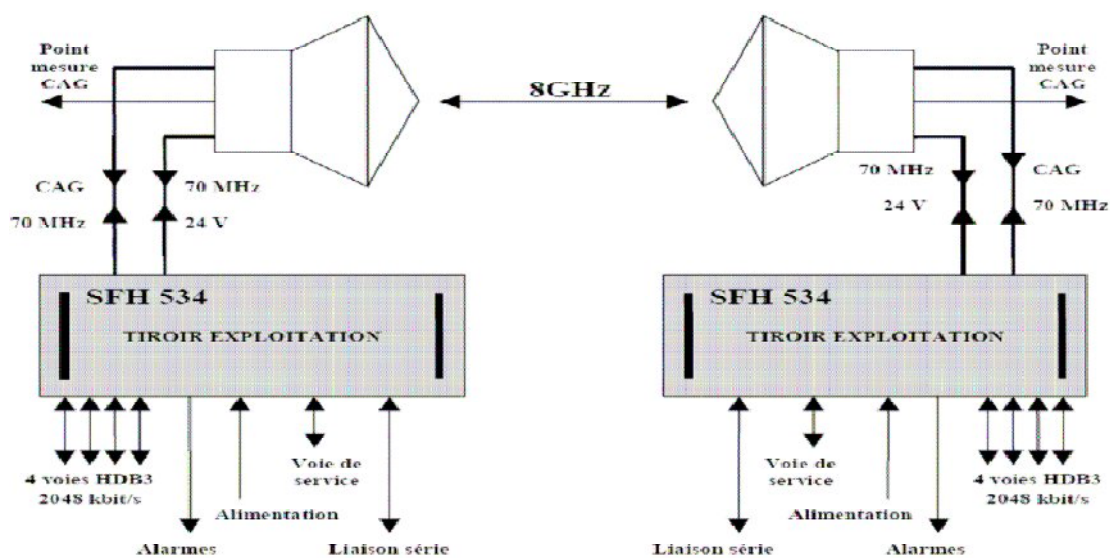


Figure III.2: Faisceau hertzien SFH534 [23].

On donne ici les caractéristiques HF du faisceau hertzien **SFH 534** (extraites de la notice technique du produit).

Puissance émise en sortie du coffret : **> 21 dBm**

Seuil de sensibilité : à **TEB = 10^{-3} < -81 dBm**

Fréquences émises :

Sous-bande « aller » : **8028 à 8063 MHz**, par pas de **7 MHz**

Sous-bande « retour » : **8462 à 8497 MHz**, par pas de **7 MHz**

Espacement entre canaux : **7 MHz**

Pertes feeders < **1,5 dB** (pour les deux extrémités)

Le **SFH 534** est disponible en plusieurs versions d'antennes paraboliques. Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des antennes :

Diamètre antenne	45 cm	60 cm	75 cm	120 cm	180 cm
Gain	28 dBi	31,2 dBi	33,3 dBi	36 dBi	40 dBi
Lobes secondaires	< - 20 dB	< - 20 dB	< - 20 dB	< -21 dB	< -23 dB
Découplage de polarisation	20 dB	32 dB	32 dB	30 dB	30 dB
Ouverture à -3dB	Non spécifié	4,5°	3,6°	2,2°	1,5°

Tableau III.1: les caractéristiques des antennes :

III.4 Conclusion :

Il est important de calculer un bilan de liaison à l'avance pour estimer la faisabilité d'un projet d'un système de télécommunication.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Les travaux présentés dans ce mémoire ont été consacrés sur l'étude de la liaison entre BTS BSC ,Ou on a effectuer des bref étude sur le réseau de transport ,on a fait cette étude parce que donne la bonne qualité de service des réseaux cellulaires constitue la préoccupation majeure des opérateurs de réseaux.la performance optimal des réseaux de transport parce que La numérisation du réseau téléphonique par la technique MIC a permis de définir plusieurs niveaux de multiplexage. Le premier niveau de la hiérarchie est appelé débit primaire (E1 en Europe ou DS1 en Amérique). Ensuite, le multiplexage dans le réseau de transport de haut débit consiste à associer ou regrouper des débits incidents ou primaires au niveau des commutateurs centraux pour former un débit supérieur qui soit plus facile à transmettre et à gérer dans le plan de transmission. La demande croissante en services de télécommunication, le transport de données multimédias volumineuses et l'augmentation de l'activité communicante nécessitent des réseaux performants capables de transporter en un temps raisonnable des informations. Passe en revue un certain nombre de solutions hauts débits ; cette revue n'est certainement pas exhaustive et il est également clair qu'elle sera à terme désuète bien que certains des réseaux présentés ont quelques chances de longévité

. Cette dernière est offre Aujourd'hui au liaison BTS / BSC des solutions de transport totalement maîtrisées, sécurisées Et compétitivité.

et tous ca développé après l'établissement D'un bilan de la liaison qui considéré come étant le point principal pour installer un système de télécommunication.

Références bibliographiques

Bibliographie

- [1] : H.MEGNAFI, N.BOUKLI-HACENE, A.BERRICHE “Optimisation dans le réseau GSM”, ISBN : 978-613-1-58779-5, Edition Européenne, 2011.
- [2] : S.C.MAHAMAT et I.A.R.BAWA, “Optimisation des réseaux GSM pour la migration vers l’UMTS”, Institut des Télécommunications Abdelhamid Boussouf d’Oran, soutenu Juin 2005.
- [3]: Hi-Tech Industrial Park, Nanshan District, Shenzhen, “ GB_000_E1 GSM, GPRS, EDGE Basics”, ZTE Plaza, Keji Road South, ZTE CORPORATION
- [4] : Javier Sanchez, “UMTS“, 2ème édition, Mars 2004.
- [5]: C. DEMOULIN, M. VAN DROOGENBROECK. “Principes de base du fonctionnement”.
- [6] : ZNATY, “Global System for Mobile Communications Architecture, Interfaces et Identités”, 2008.
- [7]: Hi-Tech Industrial Park, Nanshan District, Shenzhen, “GSM Basic and Key Technology”, ZTE Plaza, Keji Road South, ZTE CORPORATION.
- [8]: Nanshan District, Shenzhen, “GBC_001_E1_0 GSM Basic”, ZTE University <http://univ.zte.com.cn>
- [9] :I.M.DAOUA et M.M.GONI BOUALAMA, “Evolution des réseaux mobiles de 2G vers la 3G”, Institut des Télécommunications Abdelhamid Boussouf d’Oran, soutenu Juin 2005.
- [10] : H.MEGNAFI, N.BOUKLI-HACENE, R.MERZOUGUI, “ Analyse et optimisation de l’interface Radio par KPI“, ISBN : 978-613-1-58383-4, Edition Européenne, 2010 .
- [11] : “GSM Advanced System Technique“, chapitre 2 : Channel Concept, pages 17.35, [EN/LZT 123 3333 R3B] ERICSSON.
- [12] : Cédric DEMOULIN, Marc VAN DROOGENBROECK Département d’Électricité, Électronique et Informatique (Institut Monte ore) Sart Tilman, B-4000 Liège, Belgique.
- [13]:“GBC_002_1_1 GSM Radio Interface Technology”, ZTE University GSM-BSSD & T Team, PDF, Documents Techniques
- [14]: “GSM Advanced System Technique (SONY ERICCON) ”, Documents Techniques, ‘Channel Concept’, Chapter 2.
- [15] : ZNATY, “Global System for Mobile Communications Gestion de la mobilité et Contrôle d’appel”, 2008. Site : www.yopdf.com
- [16] : A. Fischer IUT GTR, ”Commutations et systèmes de transmission”, - Université de Paris XIII, décembre 2001.
- [17] : ”Martin De Wulf protocoles GSM et GPRS sur la voie radio”, 2000.
- [18] : W. PIRARD, ”Institut Scientifique de Service Public”, 2001.

[19] : J. Delmas "Les relais GSM", 2006. <http://www.julieldelmas.com>

[20] : "Transport des données : PDH, SDH, WDM", Frédéric LAUNAY R&T, 2011.

[21] : G.Michel Cochard, "Aspects avancés des réseaux", cochard@u-picardie.fr

[22] : Lucien Boithias, "Propagation des ondes radioélectriques", Dunod 1983

[23] : L.REYNIER, "Bilan de liaison – Application SFH 534".