

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU



FACULTÉ DE GÉNIE ÉLECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE  
DÉPARTEMENT D'ÉLECTRONIQUE

# Mémoire de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention du  
Diplôme d'Ingénieur d'État en Électronique

Option :

**Communication**

Thème :

***ETUDE DE LA COUVERTURE RESEAU  
GSM/GPRS APPLIQUEE A LA ZONE DE  
TIZI-OUZOU***

**Dirigé par :**

**Mr. BERCHICHE SAID**

**Mr. HAMDAD KARIM**

**Présenté par :**

**Mr. AMEDDAH ATMANE**

**Mr. DJERDI SALIM**

**Mr. LANDRI BOUSSAD**

**Année universitaire : 2011 / 2012**

# Remerciements

*Nous tenons à remercier tout d'abord DIEU le tout puissant qui nous a donné, durant toutes ces années, la santé, le courage pour arriver à ce jour.*

*Tous nos remerciements et notre profonde reconnaissance à Mr BERCHICHE SAID.*

*Nous Tenons à exprimer également nos profonde gratitude à Mr. Karim HAMDAD le chef du centre du service de TIZI-OUZOU, de nous avoir permis de réaliser notre stage au sein de sa direction, et pour sa disponibilité, son aide...qu'il na pas cessé de nous prodiguer durant toute la durée de notre travail;*

*D'autre part, nos vifs remerciements vont droit à Mr SOFIANE GUELLAL.*

*Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont soutenues, d'une façon ou d'une autre, nous éprouvant incessamment leur estime et amabilité, nous les salue aimablement pour le respect qu'ils portent à notre égard et qui restera gravé toujours dans notre mémoire.*

*Un mémoire de fin d'études évoque forcément des années d'études, nous remercions donc tous les enseignants et les responsables de notre département, surtout M<sup>er</sup>. AMMI.*

# SOMMAIRE

# Sommaire

---

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

## **CHAPITRE I. ETUDE CELLULAIRE**

<b>I. HISTORIQUE .....</b>	<b>3</b>
I.1. Evolution des systèmes de communication mobile .....	4
I.1.a. 1G – NMT.....	5
I.1.b. 2G – GSM.....	5
I.1.c. 2.5G – GPRS .....	5
I.1.d. 2.75G – EDGE .....	5
I.1.e 3G – UMTS .....	5
I.1.f 3.5G – HSDPA .....	5

<b>II. ETUDE CELLULAIRE.....</b>	<b>6</b>
II.1. La division cellulaire.....	7
A. La distance de réutilisation .....	9
B. Facteur de réutilisation des fréquences .....	11
C. Taille et forme des motifs .....	12
D. Évaluation du rapport C/I .....	13

<b>III. ETUDE DE MOBILITE .....</b>	<b>15</b>
-------------------------------------	-----------

III.1. NECESSITE D'UN HANDOVER .....	15
A. Rescue handover .....	15
B. Confinement Handover .....	16
C. Traffic Handover .....	16

III.2. TYPES DE HANDOVERS .....	16
A. Handover Intra-BSC (Base Station Controller) .....	16
B. Handover Intra-MSC : .....	16
C. Handover Inter-MSC : .....	16
D. Handover Inter-System : .....	17

III.3. EXECUTION D'UN HANDOVER .....	17
III.4. GESTION DE L'ITINERANCE .....	17

## CHAPITRE II.      **GENERALITES SUR LE GSM**

<b>I. PRESENTATION DE RESEAU GSM</b> .....	22
<b>II. L'ARCHITECTURE DU RESEAU GSM</b> .....	22
II.1. La station mobile(MS) .....	23
II.1.a. L'équipement mobile (ME) .....	23
II.1.b. La carte SIM .....	24
II.2. Le sous-système radio (BSS) .....	24
II.2.a. BTS : (Station de base - Base Transceiver Station) .....	25
II.2.b. Contrôleur de station de base (BSC) .....	26
II.3. Le sous-système réseau (NSS) .....	26
II.3.a. Centre de communication mobile (MSC) .....	27
II.3.b. L'enregistreur de localisation nominal (HLR) .....	27
II.3.c. Centre d'authentification (AUC) .....	27
II.3.d. Enregistrement de localisation des visiteurs (VLR) .....	27
II.3.e. Registre d'identité de l'abonné (EIR) .....	28
II.4. Le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS) .....	28
II.4.a. Le système d'exploitation et de maintenance (OMC) .....	28
II.4.b. Les NMS (Network Management Center) .....	28
<b>III. LA SÉCURITÉ DANS LE RÉSEAU GSM</b> .....	28
III.1. Confidentialité de l'identité de l'abonné .....	28
III.2. Authentification et chiffrement .....	29
A. Authentification de l'abonné.....	29
B. Chiffrement de l'information .....	31

III.3. Entités du réseau où sont enregistrées les données de sécurité .....	32
<b>IV. LA TRANSMISSION SUR L'INTERFACE RADIO .....</b>	<b>34</b>
IV.1. Partage des bandes de fréquences .....	34
IV.2. Différent Types De Multiplexage .....	36
IV.3. Le saut de fréquence .....	39
<b>V. COMPENSATION DU TEMPS DE PROPAGATION .....</b>	<b>40</b>
<b>VI. LES CANAUX PHYSIQUES ET LOGIQUES .....</b>	<b>41</b>
VI.1. Les canaux physiques.....	41
VI.2. Les Canaux logique .....	41
<b>VII. CONCLUSION .....</b>	<b>44</b>

### CHAPITRE III.      **La technologie GPRS et son fonctionnement**

<b>I. Présentation générale du General Packet Radio Service .....</b>	<b>45</b>
I.1. Introduction.....	45
I.2. Historique.....	45
I.3. Nécessité du GPRS .....	45
I.4. Définition du GPRS .....	46
I.5. Principales caractéristiques du GPRS .....	47
I.5.1. Spectre des fréquences .....	47
I.5.2. Débit.....	48
I.5.3. Catégories de services.....	49
I.5.4. Qualité de Services .....	49
I.5.5. Localisation.....	49
I.6. Classes des terminaux GPRS .....	50
I.6.1. Classes lettres.....	50
I.6.2. Classes chiffres .....	51

I.6.3. Synthèse .....	52
I.7. Conclusion .....	52
<b>II. Architecture du GPRS .....</b>	<b>52</b>
II.1. Présentation de l'architecture du GPRS .....	52
II.2. Equipement du réseau.....	53
II.3. Les différents sous ensembles .....	54
II.3.1. Equipement utilisateur .....	54
II.3.2. Sous-système radio .....	55
II.3.3. Sous-système réseau GSM .....	55
II.3.4. Sous-système réseau GPRS .....	55
II.4. Les interfaces, une nécessité pour interconnecter les équipements.....	55
<b>III. Pile protocolaire et canal radio GPRS .....</b>	<b>56</b>
III.4.1. Pile protocolaire .....	57
III.1.1. Présentation .....	57
III.1.2. Les couches de la pile protocolaire .....	57
III.1.2.1. Couche Physique .....	57
III.1.2.2. Couche MAC.....	58
III.1.2.3. Couche RLC .....	59
III.1.2.4. Couche NS.....	59
III.1.2.5. Couche BSSGP .....	59
III.1.2.6. Couche LLC .....	59
III.1.2.7. Couche SNDCP .....	60
III.1.2.8. Couche GMM.....	60
III.2. Canal radio GPRS .....	60
III.2.1. Time slot.....	61
III.2.2. Des couches hautes vers les couches basses .....	61
III.2.3. Codage du canal, une protection contre les erreurs.....	63
<b>IV. DESCRIPTION FONCTIONNELLE DU GPRS .....</b>	<b>64</b>
IV.1. Schéma fonctionnel du GPRS .....	64
IV.2. Mécanismes de transfert de paquets en GPRS.....	65

IV.3. Gestion de la mobilité .....	65
IV.3.1. Etats GPRS.....	65
IV.3.2. Contextes GPRS.....	66
IV.3.2.1. Contexte MM .....	66
IV.3.2.2. Contexte PDP .....	66
IV.4. Emission de données .....	67
IV.5. Réception de données.....	68
<b>V. BILAN SUR LE GPRS .....</b>	<b>69</b>
V.1. Avantages .....	69
V.2. Limites.....	69
<b>VI. CONCLUSION .....</b>	<b>70</b>
<b><u>CHAPITRE IV.</u>      <b>Application : contrôle de la zone de couverture avec le TEMS</b></b>	

I.INTRODUCTION .....	71
II. Description de la zone A .....	71
III. Matériels de mesure .....	72
IV .Présentation du TEMS™ Investigation .....	73
IV.1. Les paramètre contrôlé par le TEMS .....	73
VI.1.1 .Le niveau du signal Rxlevel .....	73
VI.1.2. La qualité du signal RxQual .....	74
VI.1.3 Les interférences (C/I) .....	74
VI.1.4. La qualité de la parole SQI .....	75
VI.1.5. La distance Timing Advance (T/A) .....	75
 RAPPORT DE DRIVE TEST POUR LA VILLE DE TIZI OUZOU .....	 75

1. Résumé.....	77
2. La route à contrôlé.....	77
3. Instruments de mesure .....	78
4. Outil de traitement.....	78
5. Les mesures de test de contrôle .....	78
5.1 Niveau du signal reçu .....	78
5.2 Qualité du signal reçu .....	80
5.3 Timing advance .....	81
5.4 C/I Interferences .....	83
6. Les événements.....	85
7. Analyse.....	85
8. Conclusion.....	86
Conclusion Générale .....	87

# INTRODUCTION GENERALE

## **INTRODUCTION GENERALE :**

Depuis l'apparition des systèmes des communications sans fil. La technologie de ces derniers ne cesse d'évoluer car le nombre d'abonnés continue d'une façon considérable.

La téléphonie mobile est basée sur la transmission radio entre le mobile et la station de base (radio téléphonie). Vu la rareté de la ressource radio, ses concepteurs se sont concentrés sur une utilisation optimal de la bande de fréquence qui leur serait alloué.

La téléphonie cellulaire est un cas particulier de la radiotéléphonie. Un réseau est dit cellulaire s'il comprend une série de stations de base (Base Transceiver Station, BTS) qui chacune offre le service sur un petit territoire appelé cellule.

Il existe dans le monde deux standards de systèmes mobiles, le standard IS41 d'origine américain et le standard le plus répandu GSM défini en Europe.

Le GSM (Global Système for Communication) est un système cellulaire numérique de télécommunication mobile, il a été rapidement accepté et a vite gagné des parts de marché, car il offre des services et des possibilités élaborées comme par exemple la possibilité de téléphoner de n'importe quel réseau GSM dans le monde, comme il offre d'autres services tels que les messages courts (SMS) et les renvois d'appels.

Ses performances en téléphonie sont tout à fait satisfaisantes. Par contre en termes de transfert de données, en comparaison avec les réseaux fixes, il reste beaucoup de chemin à parcourir. Les deux défauts principaux sont les suivants :

- \_ Les débits sont limités à 14,4 kbps (voire 9,6kbps dans la plupart des réseaux opérationnels).
- \_ La transmission de donnée exige l'établissement d'une connexion et la réservation des ressources qui sont en général loin d'être utilisées pleinement tout au long de la connexion.

Mais le réseau GSM commence à laisser apparaître ses limites notamment la saturation du réseau dû a son succès. D'autre norme se sont mis en place en parallèle comme le GPRS.

GPRS (General Packet Radio System) est une évolution importante du GSM qui nous offre une transmission par paquets des données avec un débit assez important (Débit théorique est de l'ordre de 171,2 kbit/s, et le débit réel est de l'ordre de 30 kbit/s). Le GPRS a apporté des améliorations et des nouveautés sur le marché mobiles comme :

- Accès au Web
- Messagerie électronique
- Transfert de fichier
- Commerce électronique
- Services d'information

Afin de contrôler et d'optimiser les opérateurs et les ingénieurs de réseaux sont toujours en quête de nouvelles solutions logicielles et matérielles, plusieurs produits plus ou moins puissants sont présents sur le marché. Parmi eux nous citons le logiciel TEMS Investigation utilisé lors du drive test qui sert à collecter les informations directement de l'interface radio.

Le TEMS traite les informations pour améliorer les performances des réseaux téléphoniques.

Pour mener bien notre travail, nous avons partagé le mémoire en quatre parties.

Dans le premier chapitre nous abordons par l'historique et l'évolution des systèmes GSM et GPRS suivi par une étude cellulaire qui est une étude fondamentale lors de la planification cellulaire.

Le deuxième chapitre s'intéresse à étudier les principes de base et les définitions du réseau GSM ou on présente principalement ces différents équipements ainsi que sa sécurité et ces modes d'accès.

Dans le troisième chapitre nous avons donné un aperçu général sur la technologie GPRS et son architecture ainsi que son fonctionnement.

Dans le quatrième chapitre nous décrivons le logiciel que nous avons manipulé et l'outil drive test utilisé pour l'optimisation radio. Nous avons ensuite illustré le drive test en présentant celui effectué à la rue des frères OUDAHMANNE à la ville de Tizi-Ouzou durant notre stage au sein de l'entreprise Mobilis. Enfin nous terminons notre travail par une conclusion générale.

Chapitre. I

Etude  
Cellulaire

---

## I. HISTORIQUE

Si aujourd'hui, chacun peut communiquer avec un individu quel que soit le milieu où il se trouve c'est grâce au téléphone cellulaire qui naquit dans les laboratoires Bell au Etats Unis vers les années 1970. Cependant le réseau de téléphonie mobile était d'abord analogique.

Le premier réseau analogique commercial, MOB1 qui fut lancé en 1977, a été très vite limité à cause de sa saturation. Cette limite a poussé les opérateurs à créer le MOB2 qui était plus performant. À cette époque, chaque pays européen utilisait son propre réseau cellulaire mobile analogique. Les communications entre mobile d'un pays à l'autre n'étaient pas possibles.

Dans le but de résoudre ce problème, la conférence Européenne de postes et des Télécommunication (CEPT) a créé en 1982 le groupe spécial mobile (GSM). En effet ce groupe aura pour mission la création du nouveau réseau et l'élaboration des normes de communications mobiles pour l'Europe dans la bande de fréquences de 900MHz.

Ainsi, en 1987, le groupe GSM fixe les choix technologique relatifs à l'usage des télécommunications mobile : transmission numérique, multiplexage temporel des canaux radio, cryptage des informations sur le canal radio et une nouvelle loi sur le codage de la parole à débit réduit par rapport aux lois en vigueur dans les télécommunications.

En 1989, la responsabilité du GSM a été transférée à l'ETSI (Européen Télécommunication Standard Institute) et la phase I des spécifications GSM a été publiée en 1990.

La première communication expérimentale par le GSM a eu lieu en 1991.

Il fallait attendre 1992 pour voir le passage du concept de laboratoire au produit commercial. C'est ainsi qu'en conservant son abréviation, le GSM est rebaptisé Global System for Mobile communications.

Aujourd'hui, on assiste à l'émergence d'une nouvelle norme UMTS qui devrait encore améliorer et universaliser l'utilisation de GSM.

## I.1. Evolution des systèmes de communication mobile :

D’hier, les systèmes de communications mobiles ont connus une évolution énorme. En effet nous sommes passés de la génération des systèmes analogiques à celle des systèmes numériques de haut débit. Cette évolution est due à l’évolution technologique de l’homme et par son désir d’éternel satisfait. Ces différences générations ont été fondées sur les mêmes bases donc les principes généraux et les contraintes restent mêmes pour tous les réseaux cellulaires.

### I.1.a. 1G – NMT :

Nordic Mobile Telephone (NMT) est une norme de téléphonie mobile spécifiée par les administrations des télécommunications nordiques à partir de 1970. Elle a été mise en service en 1981 en réponse à la congestion des réseaux de téléphonie mobiles existants à cette époque (ARP sur la fréquence 150 MHz en Finlande et MTD sur la fréquence 450 MHz en Suède, en Norvège et au Danemark). Ce réseau de première génération a été ouvert dans des pays tels que la Suède, le Danemark, la Norvège, d’où le nom de « Nordic » dans son appellation.

Cette norme est basée sur une technologie de téléphonie analogique sans-fil. Sa technologie de modulation radio est similaire à celle utilisée par les stations radio FM.

Avantages	Inconvénients
Premiers radiotéléphones analogiques sans-fil	Taille imposante des équipements
	Pas de confidentialité des communications
	Réseaux saturés

### I.1.b. 2G - GSM

Global System for Mobile communication (GSM) est la norme de téléphonie mobile de seconde génération développée à partir de 1990. Cette technologie représente la première technologie de téléphonie numérique sans fil. En 1992, le GSM est utilisé dans 7 pays européens.

Avantages	Inconvénients
Meilleure qualité d’écoute	Débit : envoi de données lentes
Taille réduite	
Confidentialité des communications	

## I.1.c. 2.5G – GPRS

General Packet Radio Service (GPRS) est une évolution importante du GSM. L'objectif

principal de cette évolution est d'accéder aux réseaux IP.

Débit théorique est de l'ordre de 171,2 kbit/s, et le débit réel est de l'ordre de 30 kbit/s.

Le GPRS supporte différents niveaux de qualité de service (QoS).

Quatre paramètres définissent la qualité de service :

- Classe de priorité
- Classe de fiabilité
- Classe de délai / retard
- Classe de débit

Plusieurs nouveautés sont disponibles avec le GPRS :

- Accès au Web
- Messagerie électronique
- Transfert de fichier
- Commerce électronique
- Services d'information

Malheureusement, le GPRS n'a pas été un succès auprès des consommateurs.

Avantages	Inconvénients
Débits	Pas d'accès à l'Internet global
Accès WAP (Internet allégé)	Réseaux GSM déjà saturés
Facturation à la donnée	Aucune application décisive pour le grand public
Connexion permanente possible	
Support de plusieurs niveaux de qualité de service	

## I.1.d. 2.75G – EDGE

Enhanced Data for GSM Evolution (EDGE) a été développé au cours de l'année 2005. Cette technologie est une évolution des technologies GSM et GPRS. Avec des débits réels de l'ordre de 177 Kbits/s (3 fois plus que le GPRS), EDGE se place entre le GPRS et la 3G.

EDGE introduit une nouvelle modulation : 8-Phase Shift Keying (8-PSK)

HSCSD et GPRS augmentent le débit GSM

EDGE est utilisé comme complément avec HSCSD et GPRS :

- EDGE couplé au HSCSD donne l'E-CSD (débit maximum théorique de 300 kbps)
- EDGE couple au GPRS donne le E-GPRS (débit maximum théorique de 300 kbps)

Avantages	Inconvénients
Solution alternative moins onéreuse que la 3G	Obligation de changer de terminal
Débits plus élevés que le GPRS	

## I.1.e 3G – UMTS

Universal Mobile Télécommunications System (UMTS) a été développé en 2004 sous sa première version Release 99 (R99).

L'UMTS fonctionne sur la bande de fréquences 1900-2000 MHz et permet un débit réel de l'ordre de 384 Kbits/s (8 fois plus rapide que le GPRS).

Avantages	Inconvénients
Accès Internet haut-débit depuis un équipement mobile ou un ordinateur	Coût
Visiophonie	Changement des équipements usagers
Télévision	Arrivée du HSDPA

## I.1.f 3.5G – HSDPA

Dernière-née des technologies mobiles, le High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) est développée depuis 2006. Elle propose des débits réels de l'ordre de 1.8 Mbits/s dans sa première version (presque 5 fois plus que l'UMTS). La prochaine version de l'HSDPA proposera des débits réels équivalents à 3.6 Mbits/s. Tout comme l'UMTS, l'HSDPA fonctionne sur la bande de fréquence 1900-2000 MHz.

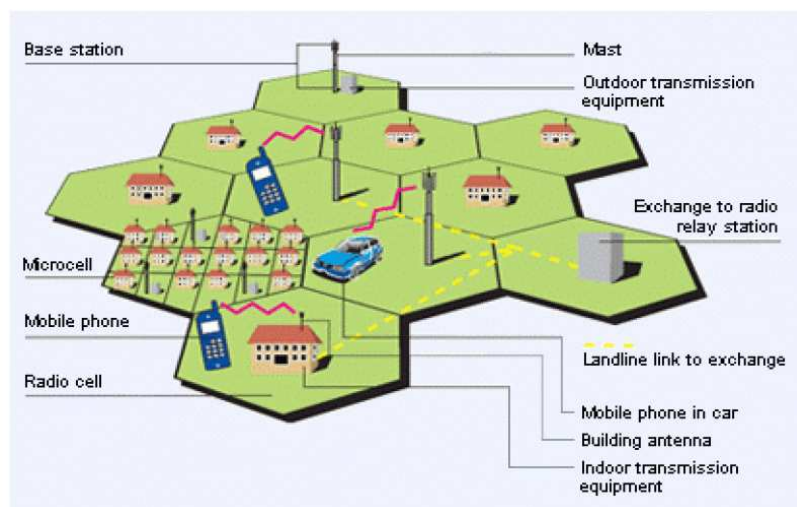
Avantages	Inconvénients
Connexion Internet depuis un ordinateur	Concurrent du WiMax (30 Mbits/s)
Débits élevés	Changement des équipements usagers
Contenu multimédia	

## II. ETUDE CELLULAIRE :

Un système de radiotéléphonie utilise une liaison radioélectrique entre le terminal portatif et le réseau téléphonique. La liaison radio entre le téléphone mobile et le réseau doit être de qualité suffisante, ce qui nécessite la mise en place d'un ensemble de stations de base (BTS) sur l'ensemble du territoire que l'on souhaite couvrir, de telle sorte que le terminal soit toujours à moins de quelques kilomètres de l'une d'entre elles. Ce que l'on appelle une cellule, c'est la surface sur laquelle le téléphone mobile peut établir une liaison avec une station de base déterminée. Le principe consiste à diviser une région en un certain nombre de cellules desservies par un relais radioélectrique (la BTS) de faible puissance, émettant à des fréquences différentes de celles utilisées sur les cellules voisines. Ces cellules doivent être contiguës sur la surface couverte. Évidemment, le nombre de fréquences accordées au système GSM étant restreint, l'opérateur est obligé de réutiliser les mêmes fréquences sur des cellules suffisamment éloignées de telle sorte que deux communications utilisant la même fréquence ne se brouillent pas. La distance séparant les cellules ainsi que la qualité de communication sont déterminés à partir du rapport de puissance de porteuse à bruit.

On modélise les cellules par des hexagones, étant donné que c'est la forme géométrique qui s'approche le plus d'un cercle, pouvant se raccorder entre eux. Mais la théorie est bien loin de la réalité surtout en zone urbaine où la topographie du terrain empêche une propagation linéaire.

### Représentation de cellules en hexagones

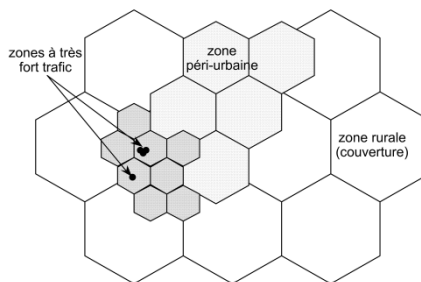


## II.1 La division cellulaire

La taille d'une cellule n'est pas la même sur tout le territoire, elle est en fonction de plusieurs paramètres tel le nombre d'utilisateurs potentiels dans sa zone, de la topologie du terrain et du relief, de sa localisation (rurale, suburbaine, urbaine) et de la nature des constructions (immeubles en béton, pavillons, maisons, etc.).

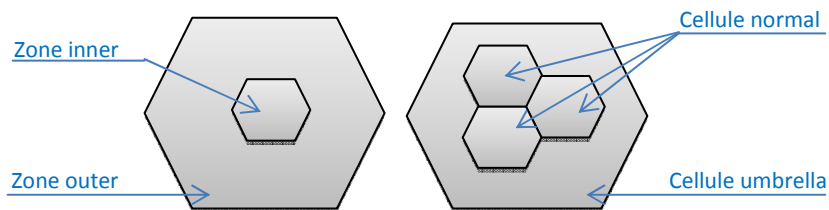
On distingue alors plusieurs types de cellules qui sont classées selon leurs rayons ;

- Les macros cellules : ce sont des cellules de grande taille leur zone d'action s'étend jusqu'à 30 Km, selon les obstacles rencontrés, elles sont utilisées pour couvrir les zones rurales à faible densité de population. Leurs antennes sont placées en hauteur (au moins 30 m) et possèdent des émetteurs très puissants.
- Les micros cellules : ce sont des cellules à petite tailles destinées aux zones à très forte densité du trafic (grand marché). Leur portée est en moyenne de 500 m. la puissance des émetteurs est alors diminué pour éviter les interférences.
- Pico-cellules elles ont un rôle similaire que celui des microcellules mais dans des zones encore plus petites.



- Les cellules concentriques : sont utilisées pour privilégier certains abonnés. Les ressources de la cellule sont réparties en deux zones :
  - la zone inner : c'est-à-dire interne à la zone extérieure.
  - La zone outer qui est la zone externe à la zone interne.
- Les cellules Umbrella : encore appelées cellules parapluies, ou bien cellules de couvertures, elles couvrent plusieurs autre cellules, elles sont créés pour résoudre les problèmes des trous existant parfois dans le réseau et l'excès de handover. En effet

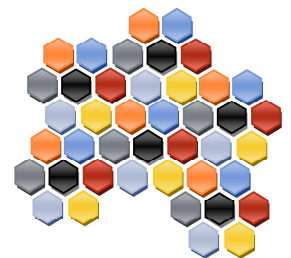
un abonné traversant de très petites cellules engendre un nombre important de handhover parmi les cellules voisines. Par exemple un utilisateur qui se trouve dans sa voiture sera transférée sur cette cellule pour éviter de chargé le réseau, en le gardant le maximum de temps dans cette cellule, il va s'en dire que la puissance d'émission de son antenne sera plus grande que celle des autres cellules qu'elle couvre et que les fréquences utilisées par la cellule seront différentes de celles des autres.



- Un motif est constitué de plusieurs cellules. Chaque motif est constitué de sept cellules numérotées de 1 à 7, dans lesquels chaque fréquence est utilisée une seule fois. Une même fréquence peut être réutilisée par une cellule si et seulement si elle est distante d'au moins deux cellule de celle qui utilise cette fréquence



- De la figure à droite, les cellules portant la même couleur utilisent la même fréquence.

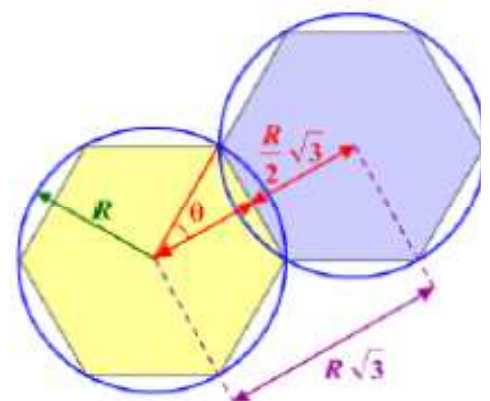


## A. La distance de réutilisation :

La distance de réutilisation est définie comme étant la distance séparant deux cellules sur lesquelles le même canal pourra être réutilisé.

La distance intersites est la distance séparant les centres de deux cellules voisines. Dont les paramètres sont :

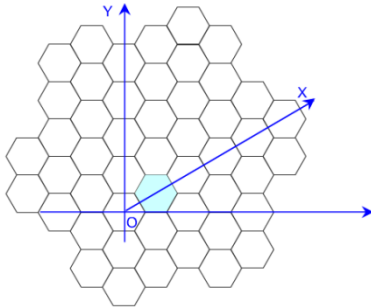
Rayon de la cellule :  $R$



L'angle  $\theta$  étant égal à  $30^\circ$ , la distance séparant le centre de la cellule et le bord de l'hexagone est :  $\frac{R}{2}\sqrt{3}$

On retrouve alors la distance intersites, qui vaut  $R\sqrt{3}$

Pour pouvoir déterminer la distance de réutilisation des cellules, on définit un système d'axes  $xOy$  lié au maillage hexagonal de la zone à couvrir.



Dans ce système, l'axe  $Ox$  et l'axe  $Oy$  sont perpendiculaires à deux côtés adjacents d'un hexagone centré sur le point  $O$ . Dans ce système de coordonnées, le centre de la cellule  $O$  représenté en bleu sur le schéma a pour abscisse  $x_1$  et pour ordonnée  $y_1$ .

On considère une cellule Co-canal ayant pour abscisse  $x_2$  et pour ordonnée  $y_2$ . La distance verticale représentée en rouge sur le schéma peut être exprimée en fonction des ordonnées de la cellule Co-canal et de la cellule considérée.

Cette nouvelle distance verticale s'exprime, elle, en fonction des abscisses de la cellule Co-canal et de la cellule considérée.

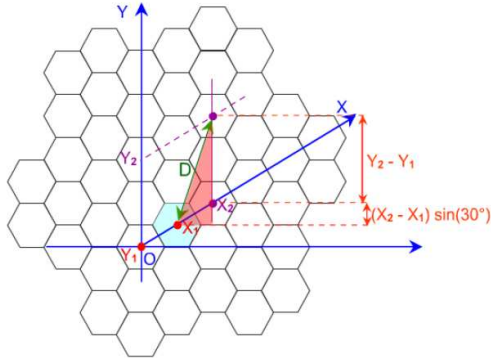
On définit la distance de réutilisation, notée  $D$ , comme étant la distance séparant deux cellules Co-canal.

L'expression mathématique de la distance  $D$  est facile à trouver, puisque  $D$  constitue l'un des côtés d'un triangle rectangle dont les longueurs s'expriment en fonction de  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $y_1$ ,  $y_2$ .

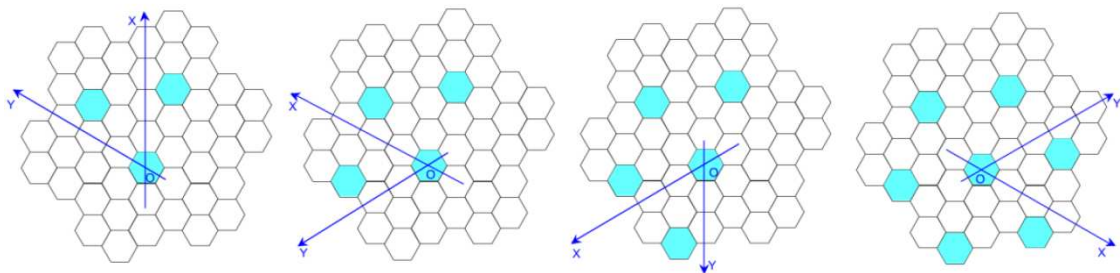
Donc l'expression mathématique de  $D$  est :

$$D^2 = ((y_2 - y_1) + (x_2 - x_1) \sin(30^\circ))^2 + (x_2 - x_1)^2 \cos^2 30^\circ$$

$$D = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)(y_2 - y_1)$$



La détermination de toutes les cellules Co-canal situées autour d'une même cellule s'effectue en utilisant le même système d'axe que l'on fait tourner à un angle de  $360^\circ$  par pas de  $60^\circ$ . Au préalable, il est nécessaire de centrer le système d'axes sur la cellule considérée



Une première cellule ayant été définie pour cette position du système d'axes, on fait tourner le système de  $60^\circ$ . Pour cette nouvelle position, on fait subir à la cellule cocanal un déplacement équivalent au cas précédent, à savoir un déplacement d'une cellule suivant l'axe Ox et un déplacement de deux cellules suivant l'axe Oy. Le même processus est ensuite répété pour définir l'ensemble des cellules Co-canal qui vont se répartir sur un cercle de centre O. Au final, ce sont donc six cellules Co-canal qui seront déterminées dans le maillage hexagonal.

## B. Facteur de réutilisation des fréquences :

Le facteur de réutilisation des fréquences est noté K et défini par :

$$K = (i^2 + j^2 + ij) = \frac{D^2}{3R^2}$$

Pour un rayon de cellule donné, ce facteur est donc proportionnel au carré de la distance séparant deux cellules pouvant utiliser la même fréquence. En effet, si on désigne respectivement par  $i$  et  $j$  le nombre de paires de cellules traversées sur les axes  $Ox$  et  $Oy$ , la distance de réutilisation  $D$  peut s'exprimer à l'aide de la formule suivante :

$$D^2 = (3R^2i^2 + 3R^2j^2 + 3R^2ij)$$

$$= 3R^2 (i^2 + j^2 + ij)$$

Suivant les valeurs de  $i$  et  $j$ , toutes les valeurs entières de  $K$  ne peuvent pas être envisagées.

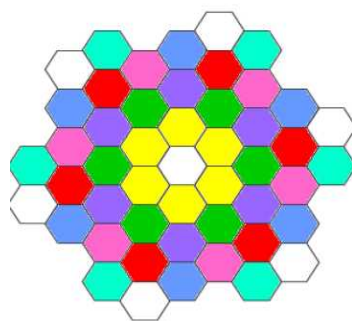
Lorsque  $K = 1$ , les cellules Co-canal sont retrouvées en effectuant un déplacement d'une cellule suivant l'axe  $Ox$  et de 0 cellules suivant l'axe  $Oy$ . Dans ce cas particulier, les cellules Co-canal sont les cellules voisines à la cellule considérée.

Lorsque  $K = 3$ , les cellules Co-canal sont définies par un déplacement d'une cellule suivant l'axe  $Ox$  et d'une cellule suivant l'axe  $Oy$ .

Pour  $K = 4$ , on localise les cellules Co-canal en effectuant un déplacement de deux cellules suivant l'axe  $Ox$  et de 0 cellules suivant l'axe  $Oy$ .

Le même principe sera répété pour les autres valeurs de  $K$  représentées sur le tableau et la figure.

La valeur de  $K = 12$  est la plus utilisée dans la pratique.

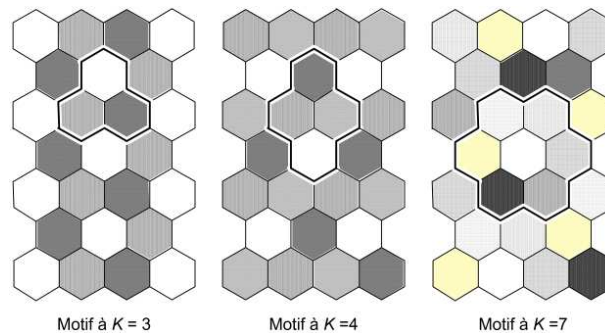


$i$	$j$	$K$
1	0	1
1	1	3
2	0	4
1	2	7
2	1	7
3	0	9
2	2	12
1	3	13
4	0	16
2	3	19
1	4	21

### C. Taille et forme des motifs :

La taille et la forme des motifs sont déterminées à partir du facteur de réutilisation  $K$ .

Si on prend les exemples où  $K = 3$ ,  $K = 4$  et  $K = 7$ , on obtiendrait les motifs suivant :

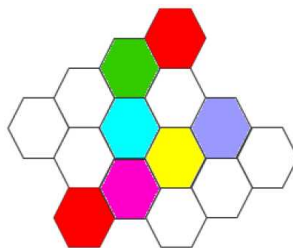


## D. Évaluation du rapport C/I :

### - Rapport de réutilisation Q :

On note Q le rapport de réutilisation Co-canal. Q est le rapport entre la distance séparant deux cellules qui utilisent la même fréquence (ou le même groupe de fréquences) et le rayon d'une cellule. Ce rapport intervient dans la caractérisation de l'interférence Co-canal que l'on va chercher à évaluer dans le cas pire et le plus simple de cellules omnidirectionnelles.

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3K}$$



K	Q=D/R
1	1,73
3	3
4	3,46
7	4,58
9	5,2
12	6
13	6,24
16	6,93
19	7,55
21	7,94

### - Interférences dues à des cellules Co-canal :

Une fois la position des cellules Co-canal définies par le choix d'un facteur K, il est ensuite nécessaire de calculer le rapport signal sur interférence noté C/I. La valeur de C dépend d'une puissance fixe  $P_0$ , du rayon R de la cellule et d'un facteur d'atténuation  $\gamma$  dépendant de l'environnement dans lequel est située la cellule.

Les interférences sont dues à l'émission des stations situées dans les cellules Co-canal en direction du mobile situé en bordure de cellule. En première approximation, si on suppose

que la distance parcourue est égale à la distance de réutilisation. L'interférence totale est égale à six fois  $P_0$  multipliée par la distance  $D$  élevée à la puissance  $-\gamma$ .

$$I_{\text{totale}} = 6P_0D^{-\gamma}$$

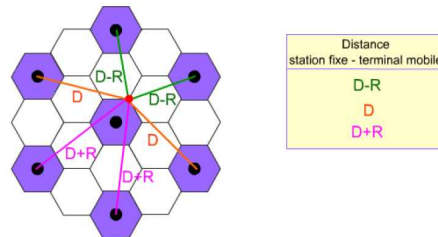
Avec cette approximation :

$$\frac{C}{I} = \frac{P_0R^{-\gamma}}{6P_0D^{-\gamma}} = \frac{1}{6} \left( \frac{D}{R} \right)^{\gamma}$$

Ce rapport dépend du rapport de réutilisation Co-canal  $Q$  et de l'exposant  $\gamma$  qui correspond au facteur d'atténuation du signal dans l'espace. La valeur de ce facteur est comprise entre 3 et 4 suivant le type d'environnement de la cellule.

- Évaluation précise de  $C/I$  dans le cas des cellules omnidirectionnelles :

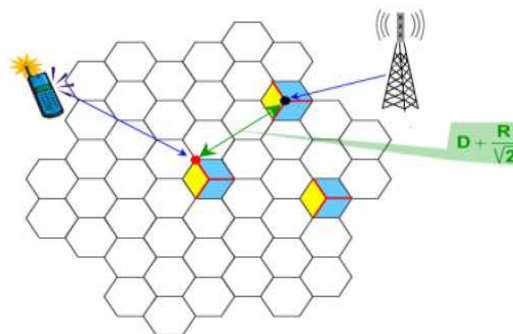
Pour de petites valeurs de  $K$ , il est possible de préciser l'expression de  $C/I$ .



Calculons le rapport  $C/I$  :

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{2} [(Q-1)^{-\gamma} + (Q+1)^{-\gamma} + Q^{-\gamma}]^{-1}$$

- Évaluation du rapport  $C/I$  dans le cas des cellules ri-sectorielles :



Dans le cas de cellules tri-sectorielles, les interférences Co-canal ne sont dues qu'au rayonnement des antennes dont le lobe principal est orienté vers la station mobile considérée.

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{Q^{-\gamma} + (Q + \frac{1}{\sqrt{2}})^{-\gamma}}$$

### **Remarque :**

En faisant l'approximation  $Q \gg 1$  ( $D \gg R$ ) pour les deux formules de C/I, on aura :

Pour la cellule omnidirectionnelle :  $\frac{C}{I} = \frac{Q^\gamma}{6}$

Pour la cellule tri sectorielle :  $\frac{C}{I} = \frac{Q^\gamma}{2}$

## II. ETUDE DE MOBILITE :

Le handover (transfert automatique intercellulaire) est un mécanisme fondamental dans la communication cellulaire (GSM ou UMTS par exemple).

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 du combiné 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.

### III.1. Nécessité d'un handover :

Le transfert intercellulaire est nécessaire dans trois cas distincts :

#### **A. Rescue handover :**

Dans ce cas, c'est la qualité de transmission qui détermine la nécessité du Handover, cette dernière est arborée par le niveau du signal reçu, le délai de propagation et par le taux d'erreurs.

## **B. Confinement Handover :**

Pour avoir la meilleure qualité du service possible, la station mobile écoute en permanence les autres cellules. Chaque MS est synchronisée avec plusieurs BTS pour être prêt en cas de handover. Afin de minimiser les interférences dues en partie aux autres MS dans la cellule le Confinement handover est enclenché

**C. Traffic 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.

Dans les trois cas précédents, le handover est du ressort du MSC (Mobile services Switching Center ou Mobile Switching Center).

## III.2. Types de handovers :

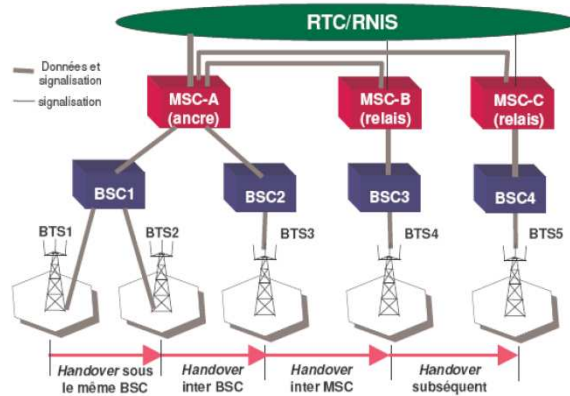
L'attribution d'un nouveau canal à une station mobile nous permet d'énumérer quatre types de Handovers qui sont :

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

**B. 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.

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

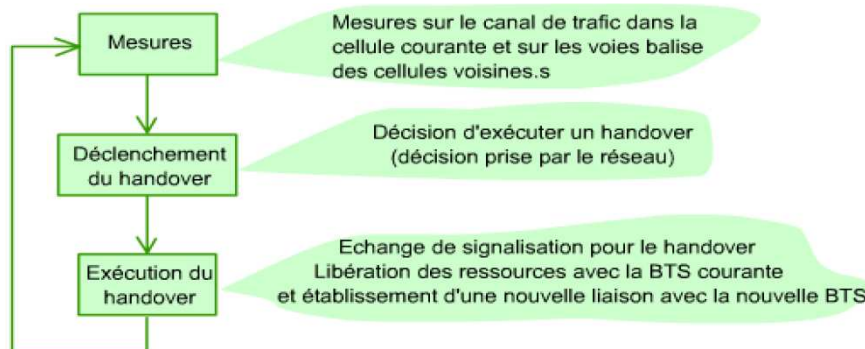
**D. Handover Inter-System :** Un nouveau canal est attribué dans un autre réseau mobile que celui qui est en charge de la MS (exemple entre un réseau GSM et un réseau UMTS).



Différents type de handover

### III.3. Exécution d'un Handover :

Le handover est une procédure qui permet de maintenir un lien radio aussi bon que possible pendant toute la communication.



### III.4. Gestion de l'itinérance (Roaming) :

L'itinérance est une des nouvelles fonctions offertes par les réseaux mobiles par rapport aux réseaux fixes classiques. Elle Fournit à l'abonné la possibilité d'appeler et surtout d'être appelé en n'importe quel endroit du territoire couvert par le réseau.

⇒ Le système doit être capable de joindre un abonné à tout instant.

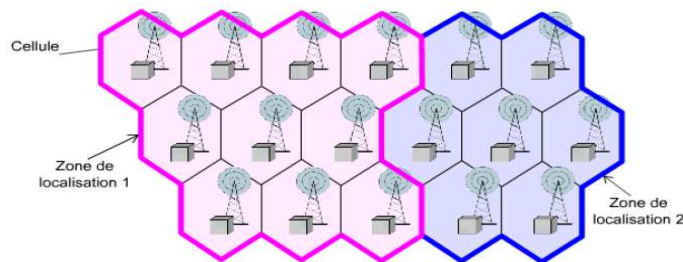
La gestion de l'itinérance est basée sur un découpage en zones de localisation et fait intervenir 2 mécanismes :

- La mise à jour de localisation qui consiste à se tenir régulièrement informé de la position d'un abonné.
- La recherche d'abonné (paging) qui consiste à émettre des messages d'avis de recherche dans le réseau.

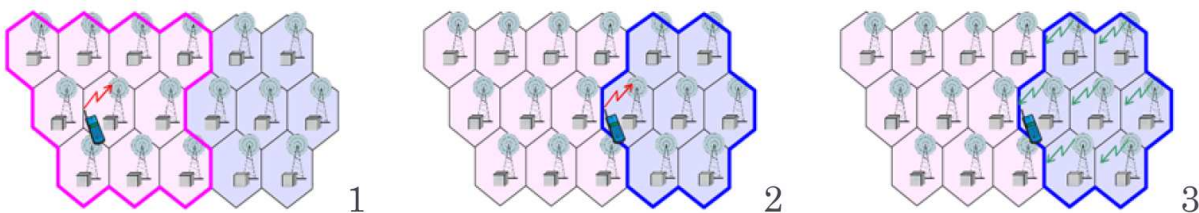
## ZONES DE LOCALISATION :

### Définition et principe général :

Une zone de localisation est définie comme le regroupement de plusieurs cellules (de quelques cellules à plusieurs dizaines de cellules).



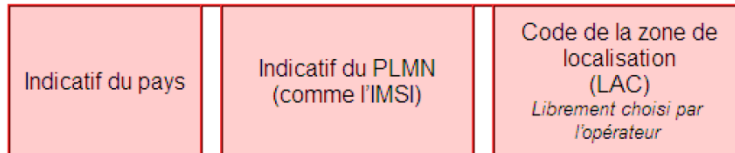
**Remarque :** Les cellules sont gérées par le même VLR. Une zone de localisation ne peut pas regrouper des cellules qui dépendent de VLR différents. Un VLR peut gérer plusieurs zones de localisation.



1. Le réseau connaît la zone de localisation de chaque abonné mais ignore la cellule précise où il se trouve.
2. L'abonné mobile met à jour sa localisation périodiquement et sur changement de zone.
3. Lorsque l'abonné reçoit un appel, le réseau le cherche dans sa zone de localisation courante en émettant des messages de paging dans les différentes cellules.

Identité LAI (Location Area Identification) :

Composition :



Cette identité est unique parmi les réseaux GSM dans le monde :

En cas de changement de réseau, un changement de zone de localisation est automatiquement détecté.

**Remarque :** Chaque station mobile stocke la LAI de la zone de localisation courante. Du côté réseau, seul le VLR mémorise la LAI courante de l'abonné mobile pour éviter les transferts de signalisation inutiles. Le HLR mémorise l'identité du VLR courant de chaque abonné et non pas sa zone de localisation.

Mise à jour de localisation :

Le réseau GSM combine plusieurs méthodes de mise à jour de localisation :

- ✓ Une mise à jour sur changement de zone de localisation.
- ✓ Une mise à jour périodique.
- ✓ Une mise à jour à la mise sous tension du mobile.

⇒ Le réseau ne doit pas perdre la trace du mobile pour pouvoir lui acheminer les appels qui lui sont destinés.

**- Mise à jour de localisation sur changement de zone :**

Chaque station de base diffuse périodiquement sur une voie balise l'identité LAI de la zone de localisation à laquelle elle appartient. Le mobile en mode veille scrute régulièrement la voie balise et stocke en permanence la LAI courante dans la carte SIM. Si le mobile détecte une différence entre la LAI courante et la LAI stockée, il signale son changement de position au réseau. La LAI est mise à jour dans le VLR. En cas de changement de VLR, les caractéristiques de l'abonné sont transférées de l'ancien VLR vers le nouveau VLR.

## - Mise à jour de localisation périodique :

Le mobile signale à intervalles de temps réguliers sa position (LAI de la zone où il se trouve) au réseau. La période est imposée par le réseau et diffusée sur la voie balise. Valeurs possibles : entre 6 minutes et 24 heures ou valeur infinie servant à annuler la procédure de mise à jour de localisation périodique.

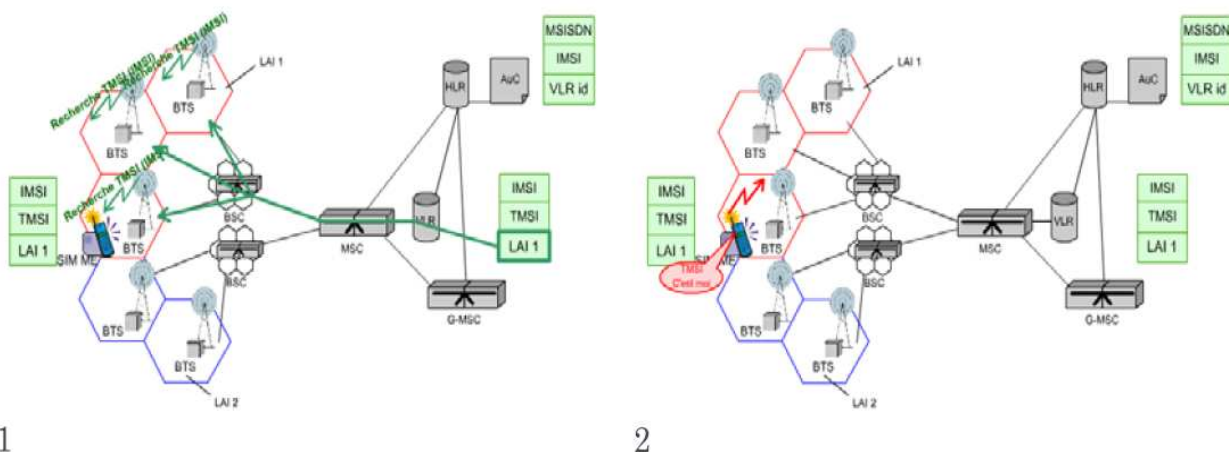
Cette mise à jour permet de corriger les incohérences éventuelles des informations de localisation au sein du réseau, suite à des pannes de HLR, VLR ou de liaisons.

## - Mise à jour à la mise sous tension du mobile :

À la mise sous tension, le mobile signale sa position au réseau (procédure IMSI Attach).

## RECHERCHE D'ABONNÉ (PROCÉDURE DE PAGING) :

1. Pour rechercher un abonné, le réseau émet des messages dans la zone de localisation de l'abonné. Ces messages de paging précisent l'identité temporaire TMSI de l'abonné recherché. En cas d'indisponibilité, ils utilisent l'IMSI.
2. Dans les deux cas, le mobile répond en utilisant la même identité (TMSI ou IMSI) que celle utilisée par le réseau.



## Procédures IMSI Attach et IMSI Detach :

L'objectif est d'éviter la consommation inutile des ressources radio par la recherche d'abonnés ayant mis leur mobile hors tension. Ces procédures permettent au MSC/VLR de savoir si un mobile est joignable (sous tension) ou non (hors tension).

## - Procédure IMSI Detach

Explicite : Après la mise hors tension du mobile par l'abonné, en fait le mobile reste encore quelques instants sous tension et envoie un message IMSI Detach au MSC/VLR pour indiquer que le mobile n'est plus joignable. Cette procédure est optionnelle et pas forcément optimale si les utilisateurs éteignent tous leur mobile à la fin de la journée (génération importante de signalisation et trafic plus faible la nuit). Implicite : Lorsque le VLR n'a pas eu de contacts avec un mobile depuis une certaine période (fixée par une temporisation), il prend l'initiative de mettre le mobile dans un état "non joignable".

## - Procédure IMSI Attach

À la mise sous tension d'un mobile, cette procédure signale au MSC/VLR que le mobile est à nouveau joignable et effectue en même temps une mise à jour de localisation.

## PROCÉDURES DE GESTION DE L'ITINÉRANCE

Deux cas de figure :

- ***Mise à jour de localisation intra-VLR :***

La nouvelle zone de localisation est gérée par le même VLR que la zone de localisation quittée par le mobile.

- ***Mise à jour de localisation inter-VLR :***

La nouvelle zone de localisation est gérée par un VLR différent.

**Remarque :** Lors d'une demande de mise à jour de localisation, le mobile utilise le plus souvent l'identité temporaire TMSI. Il peut aussi utiliser l'IMSI :

Lorsqu'il se "reconnecte" au réseau après une mise sous tension ;

Lorsque le TMSI n'est pas reconnu par le réseau suite à une panne du VLR (dans ce cas le VLR va demander au mobile de transmettre son IMSI). Les procédures de mise à jour avec l'IMSI sont similaires à celles avec le TMSI.



Chapitre. II

Généralités sur  
le réseau GSM

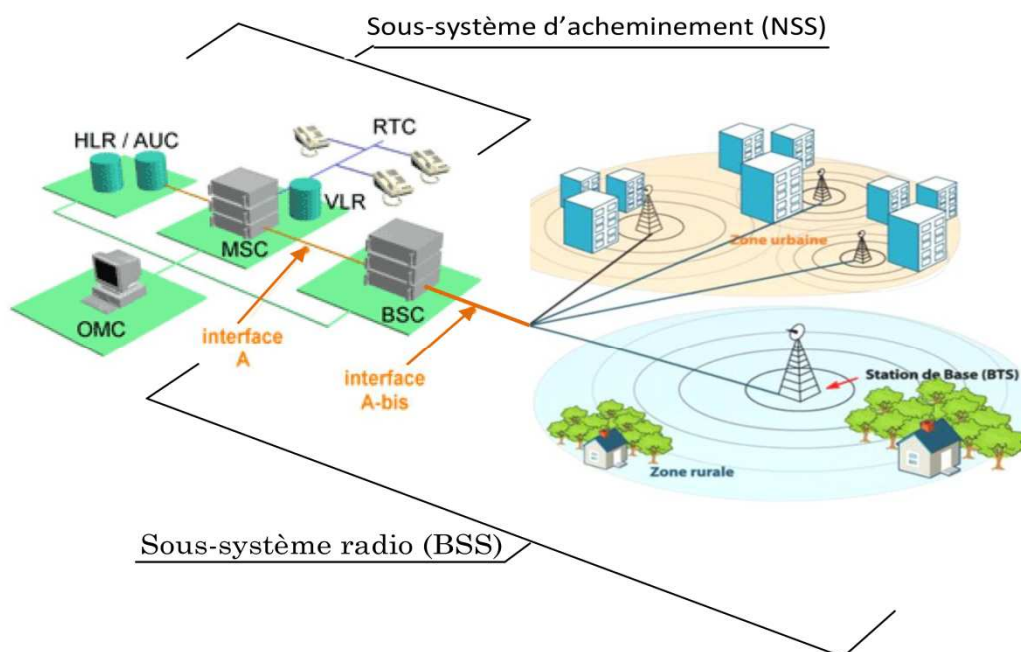
---

## I. PRESENTATION DE RESEAU GSM :

Le GSM, (Global System for Mobile communications), est un système cellulaire et numérique de télécommunication mobile. Il a été rapidement accepté et a vite gagné des parts de marché. 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. Les services avancés et l'architecture du GSM ont fait de lui un modèle pour la troisième génération de systèmes cellulaires, le réseau UMTS. Ce chapitre donne une vue globale de l'architecture du réseau, des liaisons radio, et du fonctionnement du réseau.

## II. L'ARCHITECTURE DU RESEAU GSM :

Pour gérer les spécificités des communications avec les mobiles, de nouveaux équipements ont été introduits par rapport au RTCP et plus généralement toutes les fonctions relatives à la gestion des utilisateurs mobiles ont été regroupés dans un type de réseau particulier appelé PLMN (Public Land Mobile Network), comme l'indique la figure.



Le réseau GSM est caractérisé par ses équipements qui sont partagés en quatre sous-groupes qui sont :

- La station mobile : **MS**
- Le sous-système radio : **BSS**
- Le sous-système réseau : **NSS**
- Le sous-système d'exploitation et de maintenance : **OSS**

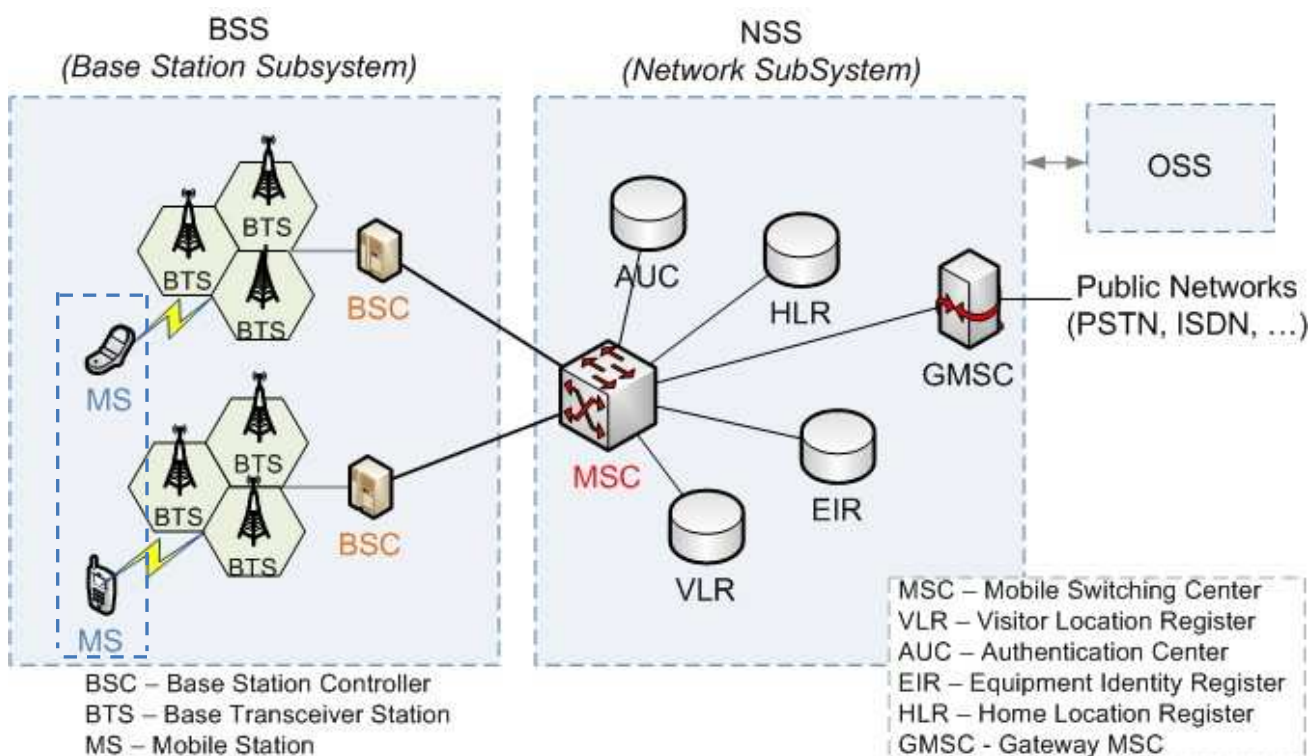


Figure I.1. L'ARCHITECTURE DU RESEAU GSM

## II.1. La station mobile (MS) :

Une station mobile ou MS est composée d'un équipement mobile ME (terminal GSM) et d'une petite carte possédant une mémoire, microprocesseur. Elle sert à identifier l'abonné indépendamment du terminal utilisé. Cette carte est appelée module d'identité de l'abonné (subscriber identity mobile, carte SIM). Il est donc possible de continuer et recevoir des appels tout en utilisant ces services simplement grâce à l'insertion de la carte SIM dans un terminal quelconque.

### II.1.a. L'équipement mobile (ME) :

L'équipement mobile est identifié à l'intérieur de n'importe quel réseau GSM par l'international mobile équipement identité (**IMEI**).

Les terminaux GSM sont déclassés en cinq classes. Leur appartenance à une classe est déterminée en fonction de leur puissance maximale de transmission sur le canal radio ; celle-ci varie entre 0.8 et 20 watt. La puissance de la station mobile détermine sa capacité à s'éloigner des stations de base tout en continuant à utiliser le service, une particularité des stations mobiles réside dans leur capacité à changer la puissance d'émission du signal.

L'augmentation ou la diminution de la puissance du signal est transmise à la station mobile par le système radio faisant de façon constante la surveillance de la qualité de la communication.

## II.1.b. La carte SIM :

La carte SIM est une carte à puce à microprocesseur, qui s'insère dans un terminal dont l'identification s'effectue exclusivement par celle-ci.

La principale fonction de la carte SIM est de contenir et de gérer un certain nombre d'informations, elle se comporte donc comme une mini base de données.

On peut résumer ces informations dans le tableau ci-dessous :

Paramètres	Commentaires
Données administratives	
PIN / PIN2	Mot de passes demandé à chaque connexion
PUK / PUK2	Code pour débloquer une carte
Langue	Langue choisie par l'utilisateur
Données liées à la sécurité	
La clé $K_i$	Valeur unique, connue par la SIM et le HLR
CKSN	Séquence de chiffrement
Données relatives à l'utilisateur	
IMSI	Numéro international de l'abonné
MSISDN	Numéro d'appel d'un téléphone GSM
Données de roaming	
TMSI	Numéro attribué temporairement par le réseau à un abonné
Location updating status	Indique si une mise à jour de la localisation est nécessaire
Données relatives au réseau	
Mobile Country Code (MCC)	Identifiant du pays de l'abonné
Mobile Network Code (MNC)	Identifiant du réseau de l'abonné
Numéros de fréquences absolus	Fréquence utilisées par le PLMN

## II.2. Le sous-système radio (BSS) :

Le sous-système radio est l'ensemble des constituants radios qui gèrent radio est l'ensemble des constituants radios qui gèrent l'écharnage et la transmission par voie hertzienne. Il est constitué de :

### II.2.a. BTS : (Station de base - Base Transceiver Station) :

Une BTS est le point d'entrée dans un réseau mobile, elle est associée à une cellule dont elle occupe le centre. La dimension d'une BTS est suivant la cellule qu'elle emploie et aussi suivant l'application qu'il lui est destiné.

Il existe différents types de BTS :

- Les BTS rayonnantes
- Les BTS ciblés
- Les micros BTS
- Les amplificateurs de signal

Afin qu'une BTS réalise ses fonctions essentielles, dont on cite : la transmission radioélectrique, le cryptage des communications, codage et décodage des canaux radio et mesure de la qualité de puissance pour vérifier si la communication se déroule correctement ; la BTS regroupe un ensemble d'équipements radioélectriques (antenne, émetteurs / récepteurs).

#### ➤ ARCHITECTURE D'UNE BTS :

*Antenne* : Elle peut être sectorielle ou omnidirectionnelle

*L'unité de couplage* : Elle combine les signaux émis par les différents émetteurs vers une antenne et les répartit sur ses différents récepteurs.

*Émetteur / récepteur* : L'émetteur assure la modulation et l'amplification de puissance alors que le récepteur réalise la démodulation, la conversion analogique / numérique, ainsi que la mesure de puissance du signal reçu.

*Unité porteuse* : Elle génère les porteuses.

*Matrice de saut de fréquence* : Assure la commutation entre les unités de trames et les unités de porteuses.

*Module de synchronisation* : Assure la synchronisation des unités de trames avec les unités de porteuses.

*Unité de trame* : Elle comporte toutes les fonctions nécessaires au traitement numérique des données reçues et émises.

*Équipement de transmission* : Il gère l'interface avec la BSC.



## II.2.b. Contrôleur de station de base (BSC) :

Le BSC est l'élément intelligent du sous-système radio. En plus d'assurer les changements de cellules (handover), le BSC décide de l'activation/désactivation d'un canal vers une station mobile, ainsi que de la puissance d'émission des BTS et des MS.

Pour effectuer le contrôle de puissance et les changements de cellule, le BSC collecte et analyse les mesures de performance et de qualité envoyées par les BTS et les MS.

Les BTS sont reliés au BSC par des liaisons MIC à 2 Mbit/s.

Un autre rôle primordial du BSC est de concentrer les flux de données en provenance des BTS. Mis à part en milieu urbain dense, une BTS est rarement surchargée en permanence, l'Abis est donc peu saturé. En concentrant ensemble les Abis sur un nombre plus réduit de *liens A* en direction du MSC, cela permet une meilleure utilisation des ressources.

## ➤ Types de connexions BTS – BSC

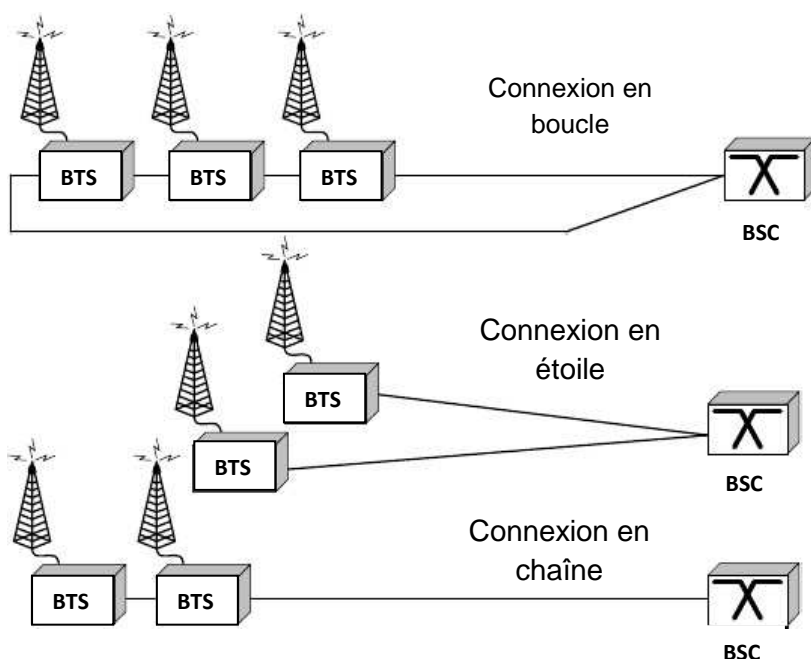


Figure I.2. Types de connexions BTS – BSC

## II.3. Le sous-système réseau (NSS) :

Le sous-système réseau joue un rôle essentiel dans un réseau mobile. Alors que le sous-système radio gère l'accès radio, les éléments du NSS prennent en charge tous les fonctions de contrôle et d'analyse d'information contenues dans les fonctions de communication. Le NSS assure l'accès au réseau RTCP et BNIS on y retrouve aussi les fonctions de gestion de la mobilité et de la

sécurité, ainsi que la confidentialité implantée dans le réseau GSM. Le NSS comprend les parties suivantes :

### II.3.a. Centre de communication mobile (MSC) :

Le MSC est l'élément central du NSS. Ces éléments prennent en charge toutes les fonctions de contrôle et l'analyse des contenus dans des bases de données à l'établissement des connexions.

Le commutateur MSC assure l'interconnexion du réseau GSM et le réseau téléphonique public. Le commutateur est un nœud qui donne accès vers les bases de données du réseau et vers le centre d'authentification. Il participe à la gestion de la mobilité des abonnés donc à leur localisation dans le réseau. Il fournit aussi tous les services offerts par le réseau. On distingue deux types d'appels avec le MSC :

- Mobile-mobile : c'est le MSC qui établit la liaison.
- Mobile-réseau fixe RTC : il doit posséder une fonction passerelle GSM (Gateway MSC) qui est activé à chaque appel de l'abonné mobile vers un abonné fixe ou un abonné fixe ou un abonné d'un autre réseau.

### II.3.b. L'enregistreur de localisation nominal (HLR) :

Il enregistre toutes les coordonnées d'un abonné soit statique (carte SIM), ou dynamique (localisation,...). C'est une base de données qui contient l'identité internationale de l'abonné, le numéro d'appel, les services supplémentaires autorisés et mémorise pour chaque abonné le numéro du VLR où il est enregistré.

### II.3.c. Centre d'authentification (AUC) :

L'AUC est une base de données qui stocke les informations confidentielles. Pour accéder à cette base de données, il faut fournir un mot de passe. L'AUC contrôle les droits d'usage possédés pour chacun des abonnés sur les services du réseau. Il fournit les clés d'authentification et de cryptage nécessaire pour l'identification de l'abonné et assurer la confidentialité des conversations. Un, AUC est généralement associé à chaque HLR.

### II.3.d. Enregistrement de localisation des visiteurs (VLR) :

Le VLR est une base de données associée à un commutateur MSC, sa mission est d'enregistrer les informations dynamiques relatives aux abonnés de passage dans le réseau. Le VLR doit connaître à chaque instant la localisation de ses abonnés présents. A chaque changement de cellule d'un abonné, le réseau doit mettre à jour le VLR du réseau visité et le HLR de l'abonné.

### II.3.e. Registre d'identité de l'abonné (EIR) :

L'EIR est une base de données qui contient les informations relatives aux terminaux pour empêcher l'utilisateur frauduleux d'appareils mobiles non reconnus par le réseau. Chaque mobile possède son propre numéro d'identification désigné par l'identité internationale d'équipement de station mobile qui peut être vérifiée dans des listes de stations mobiles autorisées par le réseau.

### II.4. Le sous-système d'exploitation et de maintenance (OSS) :

Ce sous-système assure le bon fonctionnement du réseau grâce à ses fonctions de contrôle d'administration, la gestion ainsi que la maintenance de tous les équipements du réseau, aussi la détection des pannes afin d'offrir aux clients certains niveaux de qualité. On distingue :

#### II.4.a. Le système d'exploitation et de maintenance (OMC) :

OMC est l'entité de gestion et de l'exploitation du réseau. Elle regroupe la gestion administrative des abonnés et la gestion technique des équipements. L'OMC assure les tâches suivantes :

- Contrôler la qualité de service fourni par le réseau.
- Commander et contrôler les autres entités du réseau.
- Assurer la cohérence des bases de données dans les autres entités.
- Assurer la maîtrise des modifications du système en ce qui concerne les versions de logiciels et les bases de données de configuration dans les entités du réseau.

#### II.4.b. Les NMS (Network Management Center) :

Le NMC permet l'administration générale de l'ensemble du réseau par un contrôle centralisé. Ainsi, les incidents majeurs transmis à l'OMC remontent jusqu'au NMC qui les traite.

## III. LA SÉCURITÉ DANS LE RÉSEAU GSM :

### III.1. Confidentialité de l'identité de l'abonné :

Comme on l'a vu plus haut, la transmission des informations sur la voie radio, présente l'inconvénient majeur de sa sensibilité au piratage, en conséquence le système met en œuvre des fonctions de confidentialité pour se débarrasser de ce problème contraignant. Les risques encourus par l'échange d'informations sont, que d'une part des personnes disposant de mobiles pirates puissent se présenter sur le réseau avec l'identité de l'abonné autorisé et d'autre part, le risque de voir leurs conversations écoutées ! Ces raisons ont emmené les opérateurs à renforcer leur

système de sécurité en rajoutant les précautions suivante :

- confidentialité de l'IMSI.
- authentification d'un abonne pour protéger l'accès aux services.
- confidentialité des données usager.
- confidentialité des informations de signalisation.

### III.2. Authentification et chiffrement :

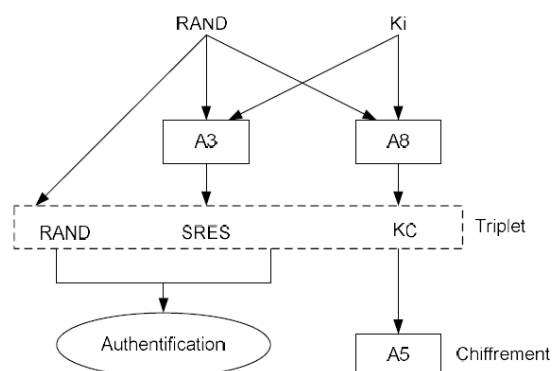
#### A. Authentification de l'abonné :

L'authentification de l'identité de l'abonné confirme au système que le numéro IMSI, envoyé par la station de base, est exact et valable aussi. Cette procédure d'authentification à recours à certains éléments qui sont :

La clé Ki (valeur unique, connue par la SIM et le HLR), le nombre aléatoire généré par le réseau (RAND) et de trois algorithmes : A3 (fournie la signature SRES à partir des arguments de la clé Ki et du nombre aléatoire RAND), A5 (pour le chiffrement/authentification), A8 (pour la détermination de la clé de chiffrement Kc à partir des arguments d'entrés du RAND et de Ki).

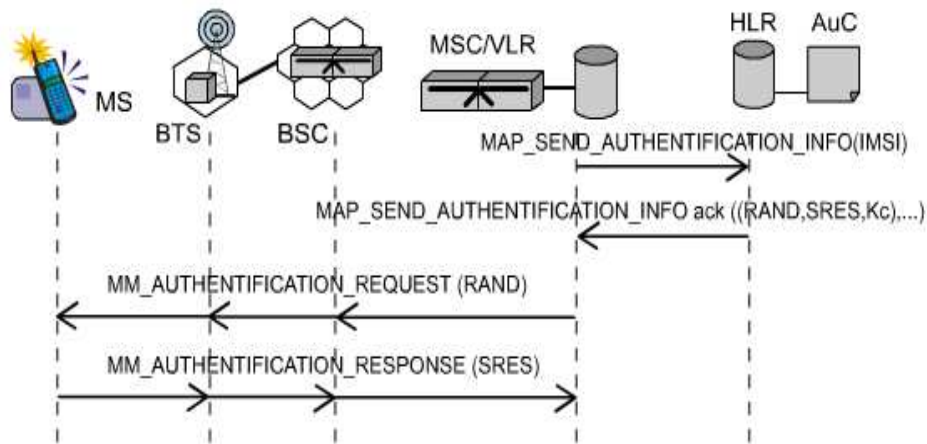
Remarque : ces algorithmes sont les même pour tous les abonné d'un, même réseau GSM.

Le RAND, Kc et le SRES sont regroupés dans un triplé et leur rôle est de plus haute importance, L'utilisation de ces différents éléments pour la mise en œuvre des fonctions de sécurité est schématisée sur la figure ci-dessous :



**Figure. I.3.** Utilisation des différents éléments de sécurité dans le GSM

- Le MSC reçoit l'IMSI qui lui vient de la station mobile, dès lors le processus de l'authentification se met en marche ;



- Le MSC/VLR envoie un message contenant l'IMSI au HLR en lui demandant de fournir les triplets (RAND, SRES, Kc).

En utilisant les arguments de RAND et de la Ki, l'algorithme A3 qui se trouve au niveau du HLR/AuC et de la MS permet la détermination de la signature SRES

L'algorithme A8 qui se trouve tout comme l'A3 au niveau de HLR/AuC et de la MS, se charge de la fourniture de la clé de chiffrement Kc (en utilisant les arguments du RAND et de Ki), ainsi on obtient le triplet demandé au sein du HLR.

- Le HLR renvoie le triplet.
- Le MSC transmet le RAND à la station mobile.
- La station mobile calcule la signature SRES, et le résultat obtenu est envoyé par le mobile au MSC/VLR.
- Le MSC/VLR procède à la comparaison des deux résultats, s'il les trouve identiques alors, l'abonné est authentifié. Le schéma qui suit est explicatif.

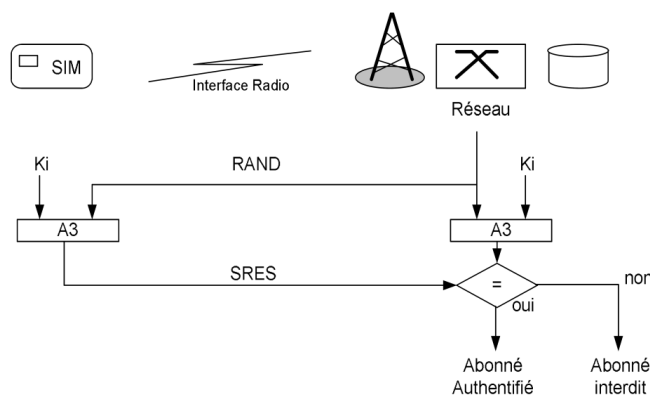


Figure. I.4. Déroulement global de la procédure d'authentification

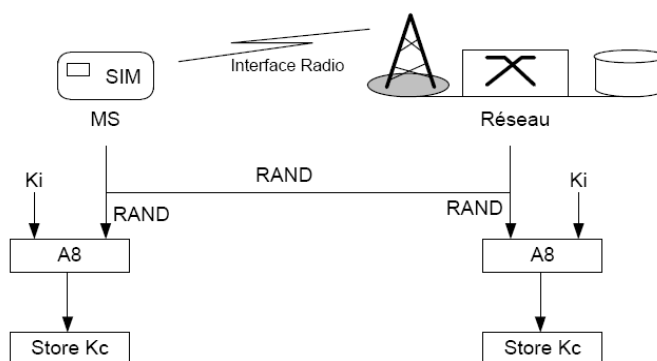
## B. Chiffrement de l'information

La confidentialité des informations des usagers, est obtenue grâce au chiffrement de celles-ci. Son but principal est la protection de l'IMSI.

Le chiffrement ne peut être activé que, si et seulement si, l'authentification de l'abonné est un succès.

### B.1. Établissement de la clé de chiffrement Kc :

Le rôle de la clé de chiffrement Kc, est de crypter les informations sur la voie radio. On l'obtient à l'aide de l'algorithme A8, de l'argument du nombre aléatoire RAND et de la clé individuelle Ki.

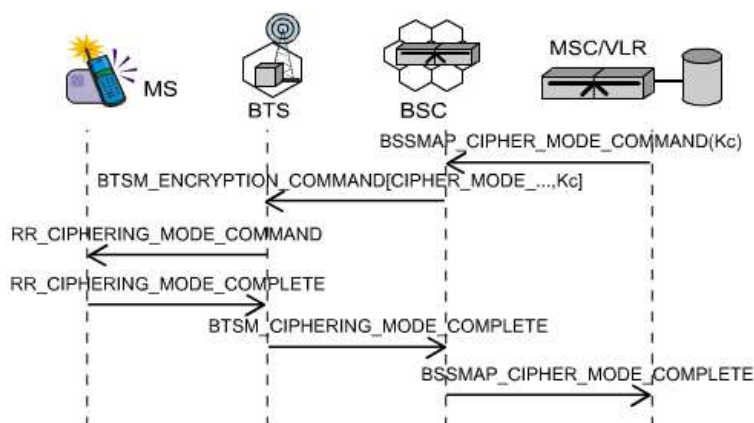


**Figure. I.5.** Établissement de la clé de chiffrement Kc

### B.2. Activation du chiffrement

L'algorithme A5 de chiffrement/déchiffrement est implanté dans la BTS. L'activation se fait sur la demande de la MSC mais le dialogue est géré par la BTS dans la couche RR. Notons simplement que le chiffrement ne peut pas être activé dès les premiers messages mais se fait nécessairement après l'authentification puisque le mobile doit connaître la clé Kc.

On résumé le chiffrement de l'information, suit les étapes ci-après :



- S'assurer que l'authentification de l'abonné est positive ;

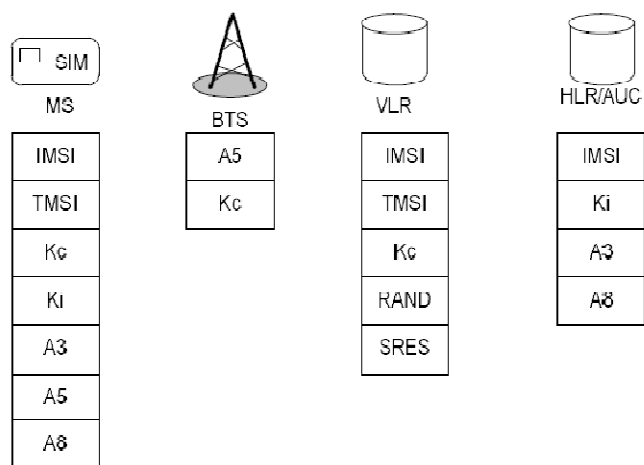
- Grâce à l'algorithme A8, on effectue le calcul de la clé de chiffrement Kc à partir des arguments du RAND et de la clé Ki ;
- Une séquence de 114 bits est produite en utilisant la Kc, l'algorithme A5 et le numéro de la trame ;
- Cette séquence est "ou exclusif" avec les deux 2 blocs de 57 bits de données inclus dans une trame normale.

Remarque1 : l'algorithme A5 est utilisé au niveau du récepteur, afin d'assurer le déchiffrement de l'information.

Remarque2 : l'opération de l'authentification et de chiffrement, utilisent les même éléments, à savoir l'argument du RAND et la clé Ki mais diffère au niveau de l'algorithme utilisé (respectivement l'algorithme A3 et l'algorithme A8).

### III.3. Entités du réseau où sont enregistrées les données de sécurité :

La figure qui vient montre parfaitement l'endroit où les données de sécurité sont stockées :



**Figure. I.6.** Sites d'enregistrement des données de sécurité

**AUC** : le centre d'authentification renferme les identités suivantes :

- L'algorithme d'authentification A3 ;
- L'algorithme de génération de clé de chiffrement A8 ;
- Les clés Ki des abonnés du réseau GSM.

**HLR** : l'enregistreur de localisation nominal, enregistre plusieurs triplets (RAND, SRES, Kc) pour un seul IMSI

**VLR** : on trouve au niveau du l'enregistreur de localisation des visiteurs :

- Plusieurs triplets (RAND, SRES, Kc) pour un seul IMSI (tout comme le HLR) ;
- Des couples (TMSI ou IMSI, Kc).

**BTS** : les stations de bases peuvent stocker l'algorithme de chiffrement A5 pour les données usager et pour les données de signalisation ainsi que la clé de chiffrement Kc.

**MS** : c'est la carte SIM de la station de base, qui s'en charge du stockage et de la réception des informations qu'elle contient et qui sont :

- L'algorithme de génération des clés de chiffrement A8 ;
- L'algorithme de chiffrement A5 ;
- L'algorithme d'authentification A3 ;
- La clé d'authentification individuelle de l'utilisateur Ki ;
- Le numéro international unique de l'abonné GSM (IMSI) ;
- Le numéro attribué temporairement à un utilisateur GSM en fonction de sa localisation.

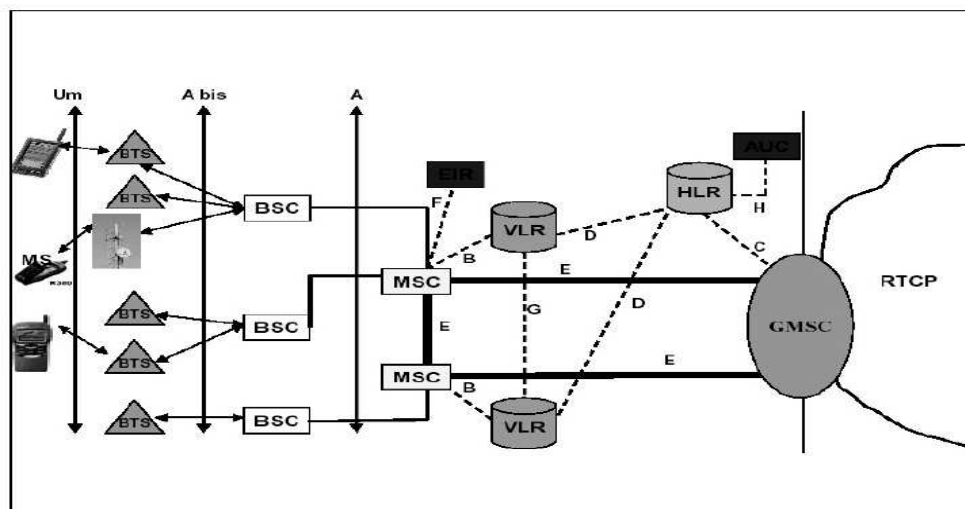
#### A. Les interfaces du réseau GSM :

Les interfaces sont des protocoles permettant de communiquer entre chaque structure du réseau GSM. Elles sont un élément essentiel défini dans la norme GSM car ce sont ces interfaces qui déterminent les interconnexions réseaux au niveau international.

Voici le tableau présentant les interfaces dans un système GSM:

Nom	Localisation	Utilisation
Um	MS-BTS	Interface radio
A bis	BTS-BSC	Divers
A	BSC-MSC	Divers
B	MSC-VLR	Divers
C	GMSC-HLR	Interrogation HLR pour appels entrant
D	VLR-HLR	Gestion des informations d'abonnés
E	MSC-MSC	Exécution des handover
E	MSC-GMSC	Transport des messages courts
F	MSC-EIR	Vérification de l'identité du terminal
G	VLR-VLR	Gestion des informations d'abonnés
H	HLR-AUC	Echange des données d'authentification

**Tableau. I.1.** Présentation des interfaces



**Figure. I.7.** Les interfaces du réseau GSM

## IV. La transmission sur l'interface radio :

Elle est caractérisée par les méthodes d'accès et les techniques de transmission de la voix et les données, comme la méthode d'accès multiple (TDMA, FDMA, saut de fréquences).

### IV.1. Partage des bandes de fréquences :

Les canaux radio sont utilisés pour communiquer dans les deux sens, station mobile et réseau, ils sont décomposés en deux groupes :

- Canaux montants (Up Link) : Se sont deux canaux destinées pour les communications des stations de base vers la station de base ou ils utilisent la bande 890Mhz jusqu'à 915Mhz
- Canaux descendants (Down Link) : Se sont des canaux destinées pour les communications des stations de bases vers les stations mobiles, ils utilisent la bande 935Mhz à 960Mhz.

La bande de fréquence allouée au réseau GSM est de largeur limitée, donc il faut optimiser le nombre de communication et l'utiliser d'une manière rationnelle. Les porteuses sont séparées d'un écart de 200Khz pour minimiser les interférences inter symboles. De cela les 25Mhz de chaque bande sont devisées en 125 canaux dont le premier est pour la signalisation pour le GSM 900.

La bande dédiée par l'UIT pour l'extension DCS 1800MHG de GSM est :

1710-1785 pour les canaux montants

1805-1880 pour les canaux descendants

Si on indique par  $f_m$  la fréquence porteuse montante, et  $f_d$  la fréquence porteuse descendante on aura alors les valeurs des fréquences porteuses valent :

$$F_m(n) = 890 + 0,2(n-1) \text{ [Mhz]}$$

$$F_d(n) = 935 + 0,2(n-1) \text{ [Mhz]}$$

ou  $1 \leq n \leq 124$  pour GSM

$$F_m(n) = 1710 + 0,2(n-1) \text{ [Mhz]}$$

$$F_d(n) = 1805 + 0,2(n-1) \text{ [Mhz]}$$

ou  $1 \leq n \leq 174$  pour DCS

Le tableau qui suivra résume les spécificités des deux bandes de fréquences GSM :

Bande de Fréquences (MHZ)	890-915 (↑) 935-960 (↓)	1710-1785 (↑) 1805-1880 (↓)	Voie montante (MS→BTS) Voie descendante (BTS→MS)
Largeur $2 \times W_{\text{simplex}}$	$2 \times 25$ Mhz	$2 \times 75$ Mhz	
Nombre de canaux	125	375	
Largeur des canaux	200 KHz	200 KHz	
Ecart duplex	45 Mhz	95 Mhz	

Tableau. I.2. Bande utilisées par les systèmes GSM 900 et DCS 1800.

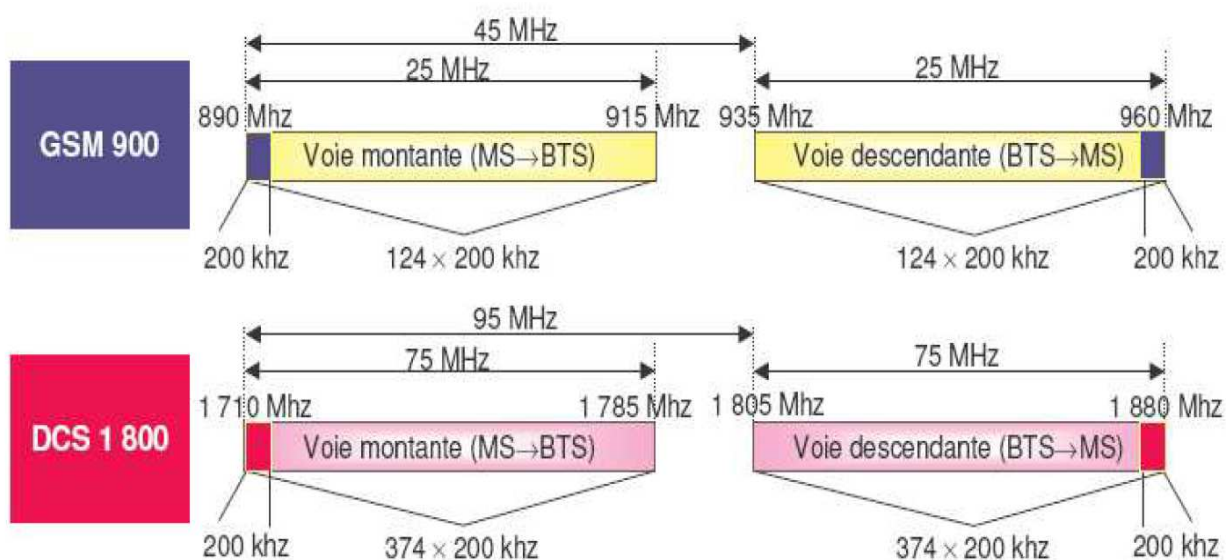


Figure. I.8. Principal bandes de fréquences GSM utilisées dans le monde.

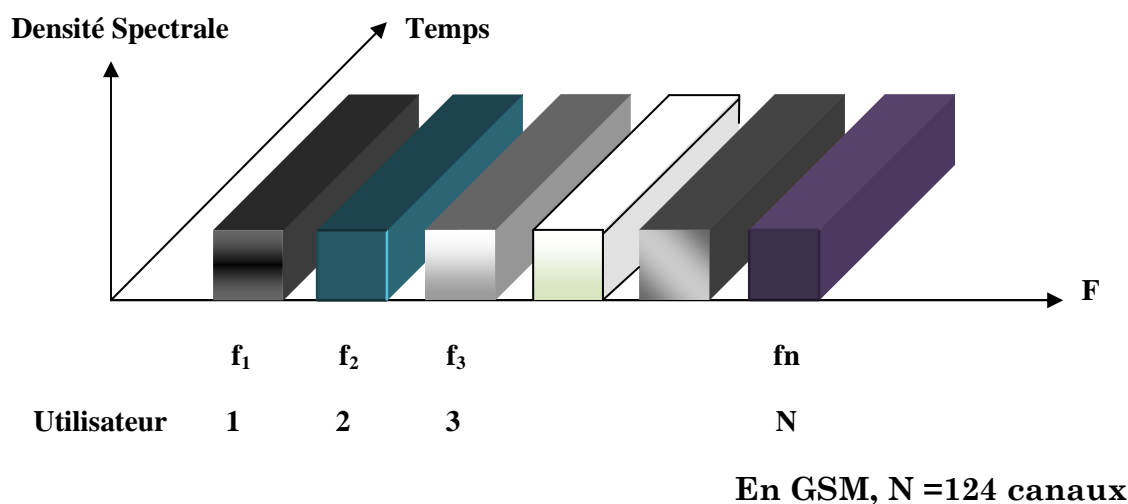
IV.2. Diffèrent Types De Multiplexage :

A. multiplexage en fréquences FDMA (Frequency Division Multiple Access) :

Cette technique consiste a divisé la bande de fréquence en N canaux de communication.

L'allocation des canaux aux utilisateurs peut être fixe ou à la demande, la seconde méthode permet une répartition plus efficace des canaux.

Alors le nombre d'abonnés peut être plus important que le nombre de canaux. La figure ci-dessous représente le partage en fréquence.



**Figure. I.9.** Multiplexage en fréquence FDMA

B. Multiplexage en temps TDMA :

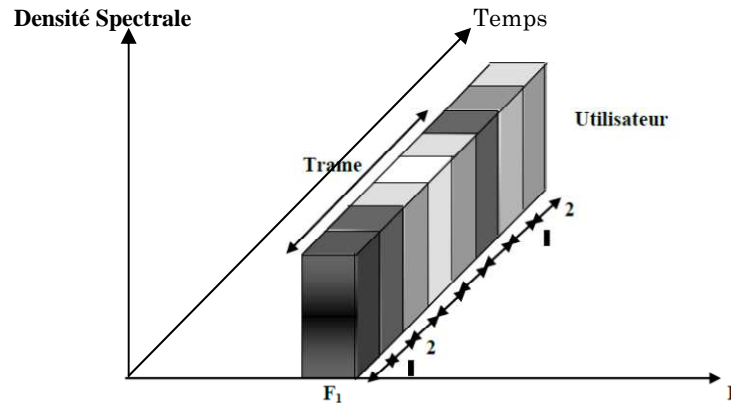
La sensibilité aux perturbations électromagnétiques est l'une des inconvénients de la technique FDMA car une perturbation dans une fréquence particulière aura un taux d'erreur important sur le canal. Pour résoudre ce problème une autre technique est développée c'est la technique TDMA. Le multiplexage en temps TDMA consiste a divisé le canal en N trame celle-ci est divisée en 8 intervalles de temps appelées SLOT de durée 577 µs (cette durée a été fixé pour le GSM à 7500 périodes du signal de référence fourni par un quartz à 13Mhz.).

$$T_{slot} = 7500 / 13 \text{ MHz} = 0.5769 \text{ ms} = 577 \mu\text{s}.$$

La durée d'une trame est donnée par:

$$8 \cdot T_{slot} = 8 \cdot 577 = 4,61 \text{ ms}.$$

Un mobile GSM en communication n'utilise qu'un time slot donc on peut travailler jusqu'à 8 mobiles différents sur la même fréquence. Ainsi un slot n'utilise pas deux fois de suite la même fréquence



En GSM,  $N = 8$  Time Slots

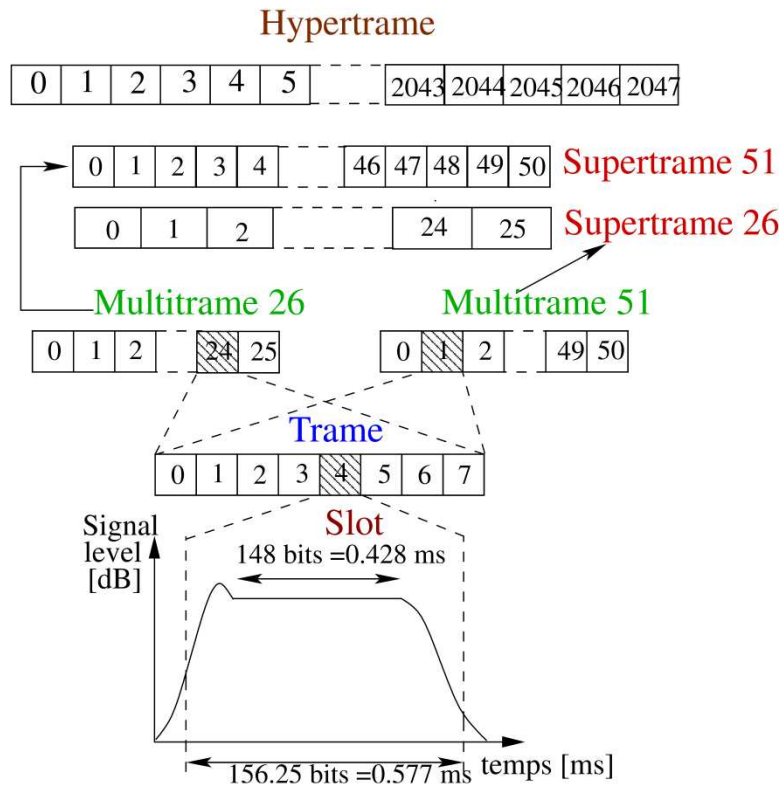
Figure. I.9. La trame TDMA

#### IV.2.1. Organisation des trames :

Une trame TDMA est composée de 8 Time slots, sa durée est de 4.6152 ms, on distingue des structures à plusieurs trames :

- Multi trames 26 : Elle associe 26 trames TDMA, donc elle sera de durée  $T=26*46152\text{ms}=120\text{ms}$ .
- Multi trames 51 : Elle associe 51 trames TDMA, Elle est de durée de  $T=51*4.6152\text{ms}=235\text{ms}$ .
- Super trames : Elle associe 26 multi trames 51 ou bien 51 multi trames 26, donc elle contient 1326 trames TDMA. Sa durée est de  $T=136*4.6152\text{ms}=6.1198\text{ms}=6.12\text{ms}$
- Hyper trame : Elle associe 2048 Super trames, donc elle contient 2715648 trames TDMA. Sa durée est de 3 heures et 28 minutes et 259 ms

La figure suivante représente l'organisation des trames :



**Figure. I.10.** Organisation des multi-trames.

#### IV.2.2. Constitution d'un slot :

Un time slot d'une trame est un ensemble de bits véhiculant l'information qui est appelée burst est un temps de garde servant pour la compensation du temps de propagation.

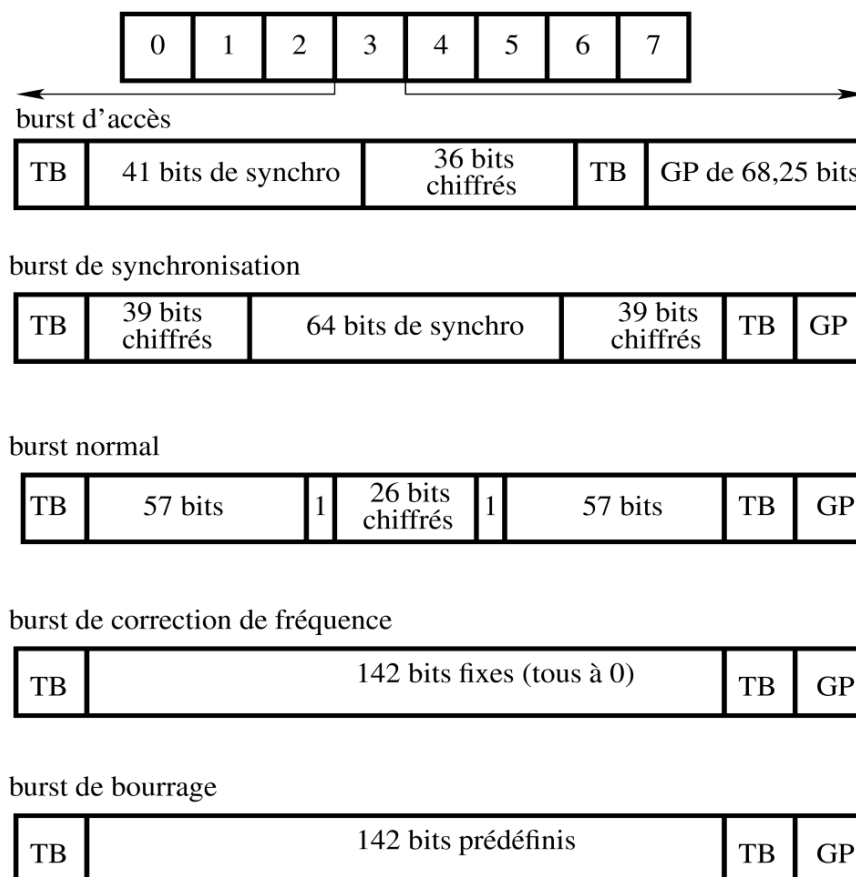
On distingue plusieurs formats de burst. Le plus couramment utilisé est le format d'un burst normal qui sert au transport de données. Il est constitué de :

- Deux séquences de 58 bits contenant l'information.
- Deux séquences de 3bits pour la synchronisation.
- Une suite de 26 éléments binaires appelées séquence d'apprentissage qui sert à corriger les défauts dus aux trajets multiples.
- Une période de garde de 8.25 bits (30.5µs), c'est l'interruption de transmission entre un burst est un slot.

Notons qu'il existe aussi :

- Les bursts d'accès, qui sont utilisés lorsqu'un mobile veut se connecter au réseau.

- Les bursts de synchronisation.
- Les bursts de correction de fréquence.
- Les bursts de bourrage, ils sont utilisés lorsque le BTS transmet un signal mais n'a pas d'information à transmettre. Donc à la place des bits de données il possède une séquence fixe ne transportant pas d'information.



**Figure. I.11.** Structures des 5 types de burst définis par la norme GSM

### IV.3. Le saut de fréquence

La technique TDMA est le saut de fréquence sont les principales méthodes d'accès au réseau GSM qui sont intéressantes pour augmenter la capacité du système. Elles apportent un accroissement des performances. Le saut de fréquence consiste à changer les fréquences attribuées à ma BTS. Il peut être périodique ou les N fréquences sont parcourus dans un ordre régulier ou bien pseudo aléatoire. Il lutte contre les évanouissements sélectifs aussi une bonne gestion des interférences.

La figure représente l'implantation du saut de fréquence :

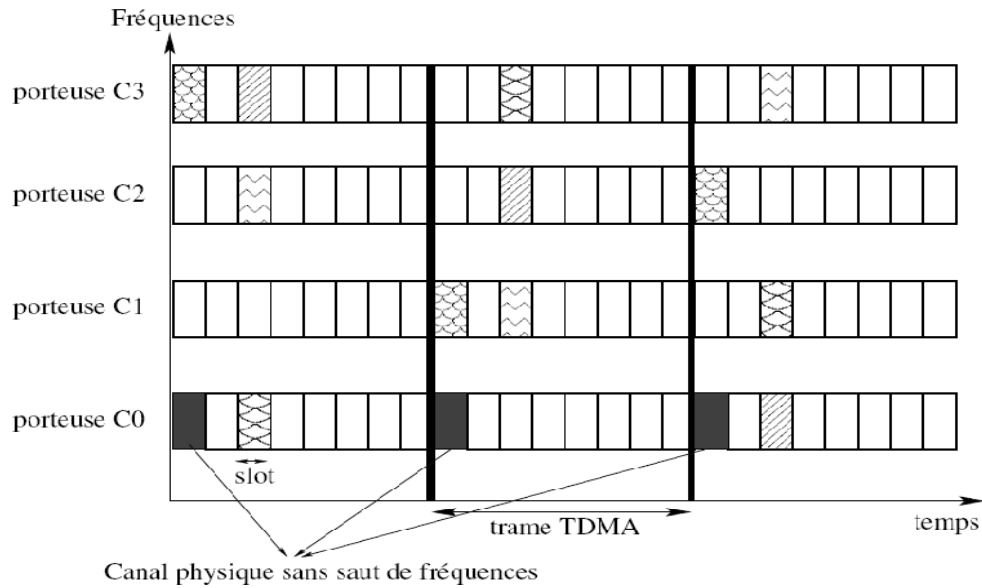


Figure. I.12. Implantation du saut de fréquences.

V. Compensation du temps de propagation :

Les signaux émis par les stations mobiles utilisant des times slots successifs et se trouvent à des distances différentes par rapport à la BTS, peuvent se chevaucher donc il faut veiller à l'éviter, deux solutions sont proposées :

- La première : Consiste à augmenter le temps de garde. Elle est utilisée pour des distances petites séparant les deux mobiles de la BTS
- La deuxième : Elle permet au mobile le plus distant d'avancer son time slot d'un temps correspond au temps de propagation aller-retour appelé TA (Time Advanced)

La figure ci-dessous illustre la technique de compensation du temps de propagation :

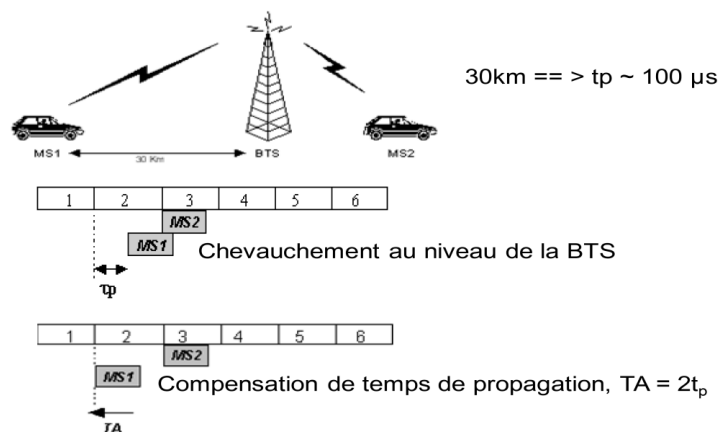


Figure. I.13. Compensation du temps de propagation aller-retour.

## VI. LES CANAUX PHYSIQUES ET LOGIQUES

### VI.1. Les canaux physiques

Les canaux physiques correspondent aux moyens physiques qui permettront à l'utilisateur le transfert de données, de voix ou l'acheminement de message de contrôle du réseau. Le canal physique dans le réseau GSM met en œuvre deux techniques de multiplexages : FDMA et TDMA, ce canal sera caractérisé par une fréquence ou une relation temporelle d'allocation d'un time slot sur une paire de fréquences, un slot particulier parmi 8 est alloué à une communication. Cette paire de slot forme un canal physique (duplex) qui forme la base de deux canaux logiques : le premier c'est le TCH qui porte la voix numérisée, le second SACCH qui permet principalement le contrôle des paramètres physiques. Il faut prévoir sur l'interface radio plusieurs fonctions de contrôles.

Le schéma suivant nous donne une représentation d'un canal physique :



**Figure. I.14.** Représentation symbolique d'un canal physique supportant un canal de trafic (TCH) et un canal associé (SACCH).

### VI.2. Les Canaux logiques :

Suite d'intervalles de temps dans un canal physique dédiés à une fonction spécifique  
On trouve trois grands secteurs de canaux logiques :

#### VI.2.1. Canaux de diffusions (*Broadcast Channel – BCH*) :

Leur rôle est la diffusion de données relatives à une cellule permettant à chaque mobile de s'accrocher au système local en récupérant les paramètres nécessaires, il occupe généralement le Tso de la porteuse (voie balise).

Canal	Nom complet	Slots possible	Multi-trame	Débit	Fonction
<b>FCCH</b>	Frequency Correction Channel	0	51	146 bits toutes les 50 ms	Collage du mobile sur la fréquence porteuse.
<b>SCH</b>	Synchronisation Channel	0	51	146 bits toutes les 50 ms	Identification de la BTS et synchronisation du mobile sur celle-ci.
<b>BCCH</b>	Broadcast Control Channel	0	51	782 bps	Canal de diffusion spécifique à la BTS de la cellule et des BTS voisines.

Remarque : SCH permet une synchronisation complète du mobile au réseau, il réalise :

1. La synchronisation fine : pour la détermination du TA ;
2. La synchronisation logique : pour la détermination du FN (Frame Number), qui représente l'heure "logique" locale du réseau.

## VI.2.2. Canaux communs de contrôle (Common Control Channel – CCCH) :

Ils sont réservés aux opérations de gestion des communications, c'est-à-dire à l'établissement et l'allocation de canaux de trafic.

Canal	Nom complet	Slots possible	Multi-trame	Débit	Fonction
<b>RACH</b>	<b>R</b> andom <b>A</b> ccess <b>C</b> hannel	0, 2, 4, 6	51	36 bits	Il permet au mobile de signaler à la BTS qu'il désire effectuer une opération sur le réseau.
<b>PCH</b>	<b>P</b> aging <b>C</b> hannel	0, 2, 4, 6	51	456 bits	Il permet de diffuser les messages de paging lorsque le réseau veut communiquer avec le mobile.
<b>AGCH</b>	<b>A</b> ccess <b>G</b> rant <b>C</b> hannel	0, 2, 4, 6	51	456 bits	Il est utilisé pour l'allocation d'un canal dédié à un mobile. Il contient la description complète du canal utilisé : numéro de la porteuse du slot utilisé (contient également le paramètre TA).
<b>CBCH</b>	<b>C</b> ell <b>B</b> roadcast <b>C</b> hannel	0, 1, 2, 3	51	Variable	Il offre aux usagers présents dans la cellule des informations spécifiques (informations routières, météo). Inutilisé de nos jours.

## VI.2.3. Canaux dédiés :

Ce sont des canaux point à point dédié à un utilisateur en particulier, ils fournissent une ressource réservée à un mobile. Le mobile se voit attribuer une paire de slots où il est le seul à émettre et à recevoir. On distingue deux types de canaux dédiés :

### VI.2.3.1. Canaux dédiés de signalisation :

Ils sont utilisés pour le transfert de message de signalisation.

Canal	Nom complet	Slots possible	Multi-trame	Débit	Fonction
SACCH	Slow Associated Control Channel	0 à 7	51 ou 26	340 bps	Canal de supervision d'une liaison : les qualités, remonté des mesures, etc.
SDCCH	Stand-Alone Dedicated Control Channel	0 à 7	51	782 bps	Canal alloué aux phases d'établissement de la communication, signalisation et mise à jour de la localisation, etc.
FACCH	Fast Associated Control Channel	0 à 7	26	9.2 kbps	Canal servant à exécuter les Handovers. Il prend momentanément le slot réservé au canal TCH.

VI.2.3.2. Canaux dédiés de trafic :

Utilisés pour le transfert de la parole (à 13kbits/s) et de données (jusqu'à 12 Kbits/s).

Canal	Nom complet	Slots possible	Multi-trame	Débit	Fonction
TCH	Traffic Channel	0 à 7	26	13 kbps	Canal supportant le trafic voix ou data (CDCH)

Remarque : Sur un canal physique, on peut placer soit un TCH avec son SACCH associé, soit 8 canaux SDCCH avec leurs SACCH associés.

La figure suivante illustre les différents canaux logiques :

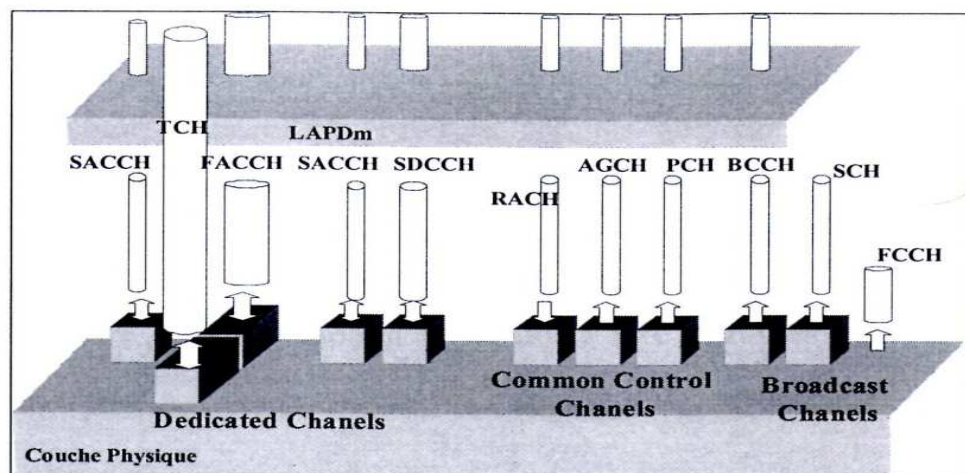


Figure. I.15. Canaux logiques.

### **VII. Conclusion :**

Le GSM a donc. En grande partie, une architecture filaire mis à part la partie reliant le mobile à la BTS qui est une interface air.

Cette interface est unique aux communications sans fil et c'est elle qui est responsable en premier lieu de la complexité liée aux réseaux sans fils et aux téléphone mobiles, ce qui fait que la majeure partie des opérations d'optimisation des liens avec l'abonné et d'entretien du réseau porte sur le lien radio dont nous allons voir toutes les spécifiés , au chapitre suivant.



Chapitre. III | **Le réseau  
GPRS**

---

## I. PRESENTATION GENERALE DU GPRS :

### I.1. Introduction :

Tout d'abord, avant de commencer, il faut rappeler que la téléphonie mobile est un système de radiotéléphonie dit cellulaire.

En effet, un réseau est dit cellulaire si ce dernier est découpé en « cellules », qui sont des petites zones où se trouvent une série d'équipements de radiotéléphonie. Nous verrons en détail ces équipements lors de la partie sur l'architecture du GPRS.

Cette architecture se justifie par l'économie en consommation électrique des équipements, ainsi que par l'économie du spectre hertzien. Par exemple deux cellules directement voisines utilisent des fréquences différentes, mais des cellules assez éloignées peuvent utiliser les mêmes fréquences sans interférer l'une avec l'autre.

Par ailleurs, un autre problème émerge, il s'agit de la mobilité de l'utilisateur.

En effet, un utilisateur doit pouvoir passer d'une cellule à une autre de manière transparente, appelé handover. Cette mobilité doit pouvoir être intégrée dans GPRS comme elle l'est dans GSM, et nous verrons où se trouve cette dernière.

Nous verrons également comment est organisé un réseau GPRS pour localiser et rechercher un utilisateur (paging), et que les réseaux GSM et GPRS peuvent se compléter l'un l'autre pour économiser des ressources radios.

Ainsi, après avoir rappelé brièvement ce qu'est un réseau cellulaire, passons à la définition et aux caractéristiques du GPRS.

### I.2. Nécessité du GPRS :

GPRS est né d'une évolution de la deuxième génération des réseaux des mobiles.

En effet, rappelons qu'une ligne GSM est du type ligne téléphonique standard, et utilise le mode dit « connecté », également appelé « circuit ». Or, la commutation de circuit nécessite l'établissement d'une communication au sein de la cellule GSM monopolisant ainsi un canal de communication qui ne peut alors être utilisé par un autre utilisateur.

Or, lorsque l'on sait que la consultation d'informations sur Internet est constituée à 75 % de temps morts durant lesquels aucune information n'est échangée entre le serveur et le client quel qu'en soit le sens, on se rend compte que cette monopolisation d'un canal de communication est inadaptée.

Par ailleurs, cette monopolisation, compréhensible en mode vocal, se paye en terme de coût de communication. En fait on paye la monopolisation du canal de communication et non ce qui est transporté.

De plus, la question du débit se fait nettement ressentir. En effet, le GSM ne propose qu'un débit de 9,6 kbits/s, ce qui est ridicule pour pouvoir affirmer faire de l'Internet mobile agréablement.

En effet, les réseaux à commutation de circuits sont inefficaces pour gérer les transmissions de données fréquentes, les petits flux de données et les trafics Internet en rafales.

C'est pour palier à toutes ces contraintes et développer des services Internet mobile que le GPRS a fait son apparition.

### I.3. Définition du GPRS :

Le General Packet Radio Service (GPRS) spécifie une technique de transmission de données en « commutation de paquets », permettant ainsi de ne pas mobiliser de canal de communication, et donc autorisant une tarification plus souple pour l'utilisateur.

Outre cet avantage non négligeable, GPRS permet d'atteindre un débit théorique maximal de 171,2 kbits/s, ce qui correspond à débit d'environ 115 kbits/s pour l'utilisateur final dans des conditions optimales.

Cependant, il ne faut pas oublier que GPRS s'appuyant sur le réseau GSM, ils se complètent alors tous les deux.

En effet, l'architecture GSM fournit les services voix, tandis que l'architecture GPRS fournit les services de données par paquets avec un débit élevé.

Ainsi, les applications basées sur des protocoles de données standard sont supportées par le protocole GPRS.

Les données utilisateurs sont transférées de manière transparente entre le terminal mobile et les réseaux de données externes par une technique de « tunneling », par le protocole GTP (GPRS Tunnelling Protocol).

Il faut savoir que ce protocole est utilisé dans GPRS pour la transmission des paquets de données utilisateur et de signalisation entre entités GPRS, via l'établissement de tunnels de communication. Le GTP utilise soit TCP, soit UDP, selon qu'une connexion fiable soit nécessaire ou non.

On peut donc résumer les intérêts principaux du GPRS comme étant les temps d'accès réduits, de l'ordre d'une seconde pour commencer un transfert de données, un débit plus élevé qu'en GSM, un mode de commutation par paquets permettant d'utiliser les ressources radios.

Enfin la possibilité de facturer en fonction du volume de données transféré plutôt qu'en fonction du temps de connexion.

### I.4. Principales caractéristiques du GPRS :

La norme GPRS spécifie un nouveau service de support de transmission de données en mode paquets.

GPRS permet notamment de transporter des données utilisateur et des données de signalisation en optimisant les ressources radios de façon dynamique, et qui connaît les avantages suivants :

- Fournir une connexion permanente indispensable pour les transmissions de données.
- Ne pas nécessiter de connexion préalable entre les deux correspondants, ce qui réduit le temps d'établissement de la communication.
- Offrir une tarification possible au volume, au débit, et non plus à la durée.

Cependant, GPRS utilise une partie de l'architecture mise en place par GSM, c'est-à-dire que GPRS utilise les mêmes équipements pour communiquer avec le terminal au niveau radio, c'est-à-dire la station de base (BTS), et utilise les mêmes fréquences.

Or, comme nous l'avons déjà dit, les transferts en GSM sont bas débits (9,6 Kbits/s), alors que GPRS nous promet un débit théorique de 171,2 Kbits/s. Donc, voyons avec plus de précisions ces points.

#### I.4.1. Spectre des fréquences

GPRS utilise les mêmes fréquences attribuées au GSM. En effet, le GSM utilise une partie du spectre radio pour fonctionner. Ainsi, l'U.I.T (Union Internationale des Télécommunications) lui a dédié 2 bandes de fréquence, l'une aux alentours des 900 MHz, l'autre autour des 1800 MHz (1900 MHz pour les USA et 1500 MHz pour le Japon).

Cependant, précisons que la bande des 1800 MHz sert pour le DSC1800 et non pour le GSM à proprement parlé. Cependant, par un abus de langage, on dit que DSC1800 est GSM.

## Chapitre III La technologie GPRS et son fonctionnement

Ces fréquences se découpent en deux bandes, l'une pour les liaisons montantes, l'autre pour les liaisons descendantes.

Ainsi, dans GSM, nous avons les bandes de 890–915 MHz et 935-960 MHz, et pour DSC1800, 1710-1785 MHz et 1805-1880 MHz.

### I.4.2. Débit :

En fait, GPRS utilise la même technique pour transmettre les données que dans GSM, à savoir la technique de multiplexage temporel, dite TDMA (Time Division Multiple Access). Etant donné qu'une bande de fréquence dans GSM peut véhiculer 8 fois le débit d'une conversation téléphonique, on va alors segmenter le temps d'émission/réception en 8 intervalles de temps répétés à l'infini que l'on appellera « slot » ou « time slot ».

Un time slot est en fait un canal capable de transporter de l'information telle que de la voix ou encore des données.

Une séquence de ces 8 slots est appelée une trame TDMA.

La différence entre GSM et GPRS est que GSM n'utilise qu'un time slot par trame TDMA, tandis que GPRS peut utiliser plusieurs time slots (jusqu'à 8, qui est le maximum) sur une seule trame pour transporter les données. GPRS utilise ces time slots de façon dynamique et peut donc justifier d'un débit beaucoup plus important que GSM.

Nous reviendrons en détail plus tard sur la composition précise d'un time slot et de la trame TDMA lors des explications sur les couches basses.

Egalement combiné à l'usage de plusieurs time slots, GPRS définit quatre schémas de codage : CS1, CS2, CS3 et CS4, chacun d'entre eux fournissant un niveau de correction d'erreur différent et une bande passante effective différente sur le même canal radio

CS1	CS2	CS3	CS4	
1 slot	9,05 Kbits/s	13,4 Kbits/s	15,6 Kbits/s	21,4 Kbits/s
8 slots	72,4 Kbits/s	107,2 Kbits/s	124,8 Kbits/s	171,2 Kbits/s

**Tableau. III.1.** Comparatif entre les différents types de codage

## Chapitre III La technologie GPRS et son fonctionnement

Le débit maximal correspond à l'utilisation de tous les slots et sans corrections d'erreurs, autant dire que cela restera un débit théorique et non un débit qu'obtiendra l'utilisateur.

De plus, au niveau application, le débit est plus faible du fait des entêtes entre chaque couche

### I.4.3. Catégories de services :

Il existe deux catégories de services GPRS :

- les services Point à Point (PTP) : ils fournissent une transmission d'un ou plusieurs paquets entre deux utilisateurs (l'expéditeur et le destinataire).
- les services Point à Multipoints (PTM) : ils fournissent une transmission de paquets entre un demandeur de service et un groupe d'abonnés receveurs se trouvant dans une zone définie par le demandeur de service. Un abonné peut ainsi envoyer des données à de multiples destinations avec une seule demande de service.

### I.4.4. Qualité de Services :

La transmission des données à travers le réseau GPRS peut être réalisée suivant différents profils de qualité de services.

Dans la norme GPRS, un profil de qualité de services est défini par l'ensemble des attributs suivants :

- **Precedence class** : 3 valeurs de priorité possibles (grande, normale ou basse).
- **Delay class** : 4 valeurs possibles dont celle qui correspond au Best Effort.
- **Reliability class** : 5 valeurs possibles dont la probabilité de perte de données, probabilité de données corrompues, etc...
- **Peak throughput class** : 9 valeurs possibles comprises entre 8 kbits/s et 2048 kbits/s.
- **Mean throughput** : 19 valeurs possibles.

La combinaison entre les valeurs que peuvent prendre ces attributs définit potentiellement de nombreux profils de qualité de services possibles.

### I.4.5. Localisation :

Avec l'introduction du GPRS, ont été définies les « Routing Areas », se traduisant par « zones de routage ».

## Chapitre III      La technologie GPRS et son fonctionnement

Il existe ainsi une hiérarchie entre les cellules, les zones de routage et les zones de localisation. Le niveau de précision le plus fin est obtenu avec la cellule. Une zone de routage est un ensemble de cellules, caractérisant le lieu où se trouve un abonné GPRS.

Enfin, la zone de localisation utilisée dans le contexte du réseau GSM pour caractériser le lieu où se trouve un abonné GSM, correspond à un ensemble de zones de routage et donc de cellules.

### I.5. Classes des terminaux GPRS :

Le GPRS implique un changement au niveau utilisateur, tout comme il a fallu mettre en place le réseau GPRS.

En effet, si un utilisateur désire bénéficier de ce type de services, vu que les débits augmentent, les besoins en modulation/démodulation et en codage/décodage du canal augmentent également.

Par conséquent, un nouveau type de terminal est nécessaire.

Pour cela, la norme GPRS distingue plusieurs classes de terminaux, avec deux systèmes de notation : il existe à la fois des classes « lettres » et des classes « chiffres ».

#### I.5.1. Classes lettres :

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

Les terminaux de classe A sont caractérisés par une grande capacité. Ils peuvent émettre et recevoir des appels de type circuit voix ou données et fax de façon simultanée avec un transfert de données par paquet. On peut assimiler ce mode de fonctionnement à l'ADSL pour une ligne filaire. Par exemple, le téléchargement d'un programme n'est pas interrompu par une communication téléphonique, qu'elle soit émise ou reçue par le possesseur du téléphone. Ce type de terminal est onéreux d'un point de vue matériel, en puissance et en radio.

## Chapitre III La technologie GPRS et son fonctionnement

Les terminaux de classe C ne gèrent que les données par paquet et ne possèdent pas de capacité pour supporter les appels voix. Ce type de terminal est idéal pour les ordinateurs portables ou les assistants personnels.

En effet, un utilisateur peut brancher un terminal compatible GPRS sur son ordinateur portable afin de profiter de l'Internet mobile. On peut voir dans cette utilisation le télétravail dans une zone où la couverture filaire classique ferait défaut par exemple.

Les terminaux de classe B constituent un compromis entre les deux types de terminaux précédents. Ils peuvent gérer à la fois, les demandes de données circuit et paquet. Ils peuvent également effectuer l'une ou l'autre des connexions, mais une seule à la fois. Le transfert des données est suspendu au cours d'un appel voix par exemple.

### I.5.2. Classes chiffres :

Comme nous l'avons vu précédemment, la vitesse de transmission des données augmente grâce à l'agrégation de canaux.

Classe	Canaux descendants	Canaux ascendants
1	1	1
2	2	1
3	2	2
4	3	1
5	2	2
6	3	2
7	3	3
8	4	1
9	3	2
10	4	2
11	4	3
12	4	4

**Tableau. III.2.** Récapitulatif des canaux descendants et ascendants

Sur les boîtes ou notices apparaissent parfois des notations du type X+X.

## Chapitre III      La technologie GPRS et son fonctionnement

Le premier terme correspond au nombre de canaux descendants (du réseau vers le téléphone) et le deuxième au nombre de canaux ascendants (du téléphone vers le réseau).

En effet un mobile de classe 3 et un de classe 5 sont tous les deux notés 2+2, mais le premier ne peut utiliser que 3 canaux simultanément quand le deuxième peut profiter des 4.

### I.5.3. Synthèse :

Ainsi, après avoir vu les différentes classes de terminaux, on peut constater que sur le marché de la téléphonie, la plupart de ces terminaux sont de classe B4 ou B6.

Il y a peu de chances de rencontrer des terminaux de classe C hormis quelques modems, ainsi que ceux de classe A extrêmement onéreux.

### I.6. Conclusion :

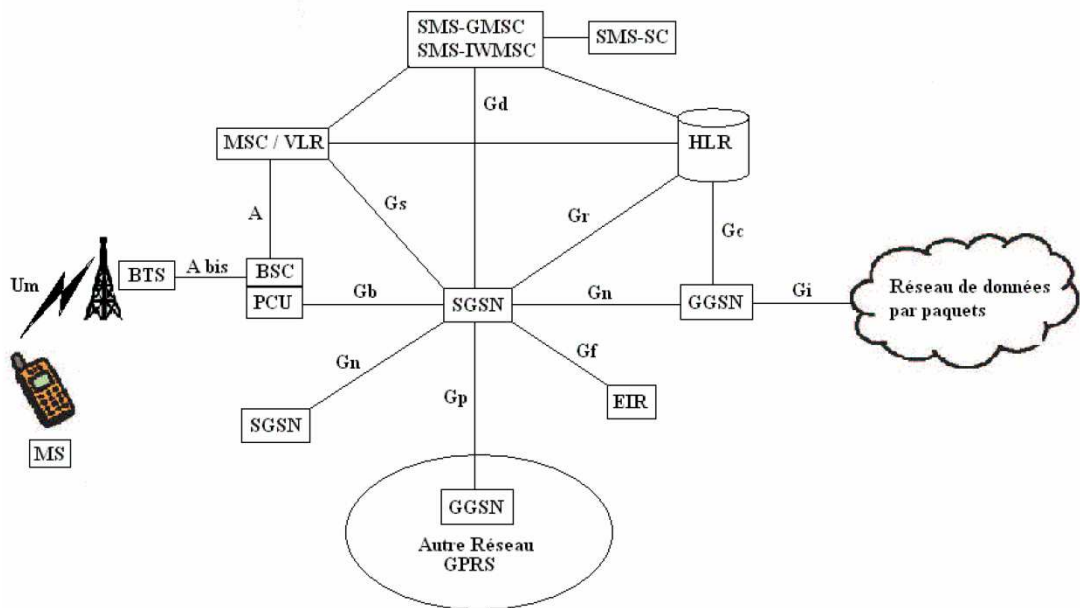
Dans cette partie, nous vous avons exposé les caractéristiques générales du GPRS. Nous pouvons voir que ce protocole utilise et collabore avec le réseau GSM déjà existant. Donc on ne peut pas parler de GPRS sans évoquer le fonctionnement de GSM. C'est pourquoi, maintenant nous allons voir de manière formelle l'architecture GPRS.

## II. Architecture du GPRS :

Dans cette partie nous allons vous montrer l'architecture d'un réseau GPRS. Cependant, comme nous l'avons mentionné, GPRS est un service complément de GSM et s'intègre dans ce dernier. C'est pourquoi nous verrons le sous réseau GSM dans l'architecture GPRS. Nous allons voir les différentes parties qui composent cette architecture avec les interconnexions entre ces entités.

### II.1. Présentation de l'architecture du GPRS :

C'est ici que nous présentons l'architecture générale d'un réseau GPRS avec la figure suivante.



**Figure. III.1.** Architecture d'un réseau GPRS.

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

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

## II.2. Equipement du réseau :

Voici maintenant un descriptif de chacune des entités du réseau GPRS :

- MS (Mobile Station) : terminal mobile de l'utilisateur (TE pour Terminal Equipment) avec sa carte SIM (Subscriber Identity Mobile).
- BTS (Base Transceiver Station) : émetteur / récepteur gérant une cellule, la couche physique sur la voie radio et la couche liaison de données avec le mobile.
- BSC (Base Station Controller) : commutateur qui réalise une première concentration de circuits, qui s'occupe de la gestion de la ressource radio (allocation des canaux, ...).
- MSC (Mobile services Switching Center) : commutateur du réseau GSM, qui gère l'établissement de circuits à travers le réseau.

## Chapitre III La technologie GPRS et son fonctionnement

- VLR (Visitor Location Register) : base de données locale qui contient les profils de tous les abonnés présents dans la zone gérée par ce VLR. Dans la plupart du temps, cet équipement est dans le même équipement que le MSC.
- HLR (Home Location Register) : base de données globale du réseau GSM, dans laquelle les profils de services des abonnés, la localisation des abonnés et la gestion de la sécurité sont enregistrés.
- EIR (Equipment Identity Register) : base de données dans laquelle sont enregistrés les numéros d'identification des terminaux mobiles au sens matériel avec l'IMEI (International station Mobile Equipment Identity).
- SMS-GMSC (Short Message Service – Gateway Mobile Services Switching Center) et SMS-IW MSC (Short Message Service – InterWorking MSC) : ces deux MSC sont des commutateurs dédiés au service des messages courts.
- SMS-SC (Short Message Service – Service Center) : cette entité est très importante dans le traitement des messages courts.
- PCU (Packet Control Unit) : cet équipement gère les fonctions de couches basses, c'est-à-dire les protocoles RLC, MAC, contrôle de puissance, adaptation des débits, ... pour envoyer sur le réseau « GPRS ». Il gère les fonctions de transmissions et d'acquitements.
- SGSN (Serving GPRS Support Node) : serveur d'accès au service GPRS (équivalent au MSC), et qui gère les MS présentes dans une zone donnée. Son rôle est de délivrer des paquets aux MS.
- GGSN (Gateway GPRS Support Node) : routeur connectant le réseau GPRS et un réseau externe de commutation par paquets (IP ou X.25). Il sert de passerelle entre les SGSN du réseau GPRS et les autres réseaux de données.

### II.3. Les différents sous-ensembles :

Comme nous pouvons le voir sur la figure 1, de nombreux équipements sont présents dans l'architecture d'un réseau GPRS.

C'est pourquoi, voyons désormais les différents sous ensembles qui constituent ce réseau.

#### II.3.1. Equipement utilisateur :

Il est composé du terminal utilisateur (TE) ainsi que de la carte SIM. Ceci est appelé la MS.

Celui-ci est raccordé au sous-système radio par l'interface Um.

### II.3.2. Sous-système radio :

Ce sous-système radio est appelé BSS (Base Station System).

Il est composé de la BTS et la BSC.

Ce sous-système radio est connecté au sous-système réseau GSM via l'interface A, et au sous-système réseau GPRS via l'interface Gb.

### II.3.3. Sous-système réseau GSM :

Ce sous-système réseau GSM est composé des MSC/VLR, HLR et EIR qui sont très peu implémentées compte tenu du coût de ce genre d'équipement.

De plus, les équipements SMS-GMSC et SMS-IWMSC font partie de ce sous-système, mais ils sont utilisés dans le sous-système réseau GPRS, car tout utilisateur GPRS comme tout utilisateur GSM, peut émettre et recevoir des messages courts.

### II.3.4. Sous-système réseau GPRS :

Le sous-système réseau GPRS se compose principalement des SGSN et des GGSN. D'autres éléments sont nécessaires au bon fonctionnement du réseau GPRS, mais ils ne sont pas représentés ici par souci de clarté. Nous les retrouverons plus tard, dans la figure 6, lors de la description fonctionnelle du GPRS.

## II.4. Les interfaces, une nécessité pour interconnecter les équipements :

Ces différents sous-systèmes sont connectés entre eux via différentes interfaces que nous allons décrire maintenant afin de mieux comprendre le rôle de chacune.

- Interface Um : c'est l'interface radio entre le terminal et le sous-système radio. En réalité, cette interface est nommée interface « air ».
- Interface A bis : cette interface relie les deux équipements du sous-système radio.
- Interface A : cette interface relie le sous-système radio via la BSC, et le sous-système réseau GSM via le MSC/VLR.
- Interface Gb : cette interface est définie entre le sous-système réseau GSM et le sous-système réseau GPRS
- Interface Gn : cette interface est définie entre deux noeuds GPRS (SGSN ou GGSN) appartenant au même réseau PLMN GPRS. Remarquons qu'un réseau de mobiles est appelé

Public Land Mobile Network (PLMN), cette notion est importante à noter. Les messages IP ou X.25 sont transportés entre les noeuds GPRS, par tunnelling grâce au protocole GTP (GPRS Tunnelling Protocol).

- Interface Gs : cette interface, définie entre le SGSN et le MSC/VLR, est optionnelle. Elle permet au SGSN d'envoyer par exemple des informations de localisation au MSC/VLR et d'éviter des échanges redondants de signalisation liés à la gestion de la mobilité entre le terminal mobile et le SGSN, puis entre le terminal mobile et le MSC. Le SGSN peut aussi recevoir des requêtes de paging émises par le MSC/VLR pour le service GSM.
- Interface Gd : cette interface est définie entre les entités fonctionnelles qui permettent respectivement d'acheminer des SMS à destination d'un terminal mobile et de relayer des SMS émis par un terminal mobile (appelés SMS-GMSC et SMS-IWMSC), et le SGSN pour offrir à un terminal mobile GPRS la possibilité d'émettre et de recevoir des SMS via des canaux radio GPRS
- Interface Gr : cette interface est définie entre le SGSN et le HLR pour des échanges de données liés aux profils de données des abonnés et à la gestion de la mobilité.
- Interface Gc : cette interface, définie entre le GGSN et le HLR, est optionnelle et sert au GGSN pour demander au HLR des informations de localisation concernant un terminal mobile.
- Interface Gf : cette interface relie un SGSN et un équipement de type EIR pour les échanges liés à l'identification du terminal.
- interface Gi : cette interface, définie entre le GGSN et les réseaux de données par paquets externes, permet les échanges entre le réseau GPRS et le monde extérieur.
- interface Gp : cette interface définie entre deux PLMN différents est équivalente à l'interface Gn avec, en plus des fonctions de sécurisation entre les deux PLMN.

Cependant, seules les interfaces Gb (entre le sous-système radio et le SGSN), Gn (entre des noeud GPRS, à savoir SGSN et GGSN) et Gr (entre le SGSN et le HLR) sont obligatoires.

Les autres interfaces sont optionnelles, et leur mise en oeuvre dépend des choix des fonctions d'inter fonctionnement entre le GSM existant et le GPRS.

### III. Pile protocolaire et canal radio GPRS :

Nous allons voir les différentes couches présentes dans les différents équipements du réseau GPRS.

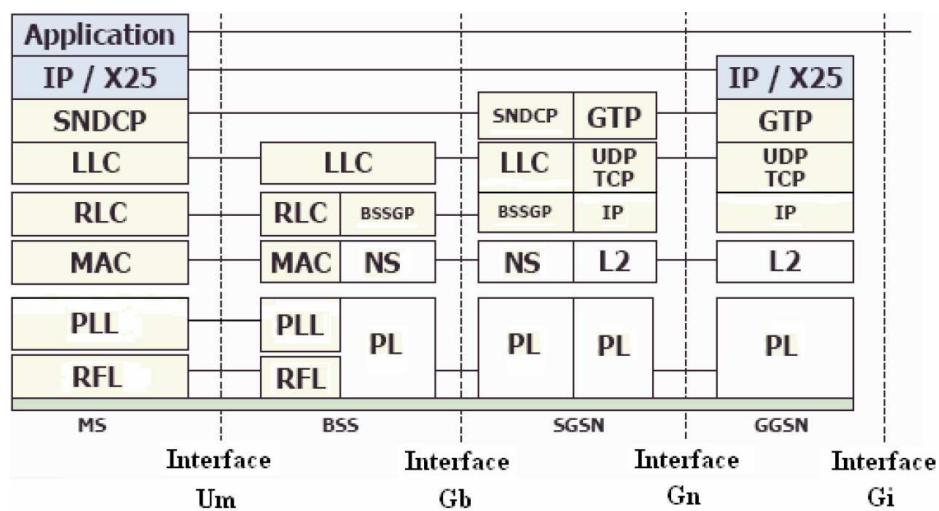
## III.1. Pile protocolaire :

### III.1.1. Présentation :

Voyons la pile protocolaire entre le terminal mobile, qui est la MS, et le GGSN.

En effet, pour établir une voie de communication entre le terminal mobile et le GGSN, on utilise 2 protocoles :

- le protocole LLC : entre le terminal et le SGSN.
- le protocole GTP : entre le SGSN et le GGSN, GTP s'appuyant soit sur TCP (transport avec acquittement), soit sur UDP (transport sans acquittement).



**Figure. III.2.** Pile protocolaire dans le plan de données

En fait, dans GPRS, une MS ne gère pas une mais des piles de protocoles situés dans deux plans différents :

- plan de signalisation.
- plan de transmission.

Le plan de signalisation sert à assurer la gestion de la mobilité (MM : Mobility Management), quant au plan de transmission, il sert à transférer toutes les données utilisateurs.

Cependant, seuls les sommets de ces deux piles diffèrent.

Dans le plan signalisation, on trouve au sommet la couche GMM (GPRS Mobility Management), surmontées des couches SM (Session Management) et GSMS (GPRS SMS).

Dans le plan transmission, on trouve au sommet de la pile SNDCP (SubNetwork Dependent Convergence Protocol)

### III.1.2. Les couches de la pile protocolaire :

#### III.1.2.1. Couche Physique :

Cette couche Physique se subdivise en deux sous-couches, et s'occupe du codage du canal, point que nous développerons plus tard.

- la RFL (Physical Radio Frequency Layer) est la couche la plus basse de la pile protocolaire, et est responsable de la modulation et démodulation. C'est en fait le modem du terminal.

- La PLL (Physical Link Layer) :

- fait le lien entre la couche MAC et le modem.
- transporte les paquets RLC/MAC.
- réalise le codage du canal.
- surveillance et évaluation de la qualité du signal radio.
- gestion de la batterie.
- contrôle de la puissance de transmission.
- détecte la congestion sur le canal.

#### III.1.2.2. Couche MAC :

Le protocole MAC (Medium Acces Control) :

- permet aux terminaux mobiles de partager le médium commun de transmission.
- contrôle l'accès aux canaux radio (messages de signalisation de type demande et allocation de canal).
- fournit le multiplexage des données, c'est-à-dire le multiplexage temporel TDMA qui permet d'utiliser plusieurs time slots dans une trame TDMA.
- permet à un terminal mobile (MS) d'utiliser plusieurs canaux physiques (PDCH : Packet Data CHannel) en parallèle.
- fournit les procédures de file d'attente et d'ordonnancement pour un trafic de données entrant vers le terminal.
- fournit l'arbitrage entre les terminaux mobiles qui tentent d'accéder simultanément au médium commun de transmission, pour un trafic originaire du terminal mobile.

- réservation du canal.
- contrôle les débits de download et d'upload.
- réalise les différents canaux logiques nécessaires pour le partage du médium commun de transmission par différents terminaux mobiles.

### III.1.2.3.Couche RLC :

Le protocole RLC (Radio Link Control) :

- interface permettant de transmettre les LLC PDU entre les couches LLC et MAC.
- segmentation et réassemblage des paquets LLC PDU en blocs RLC/MAC.
- fonctionne en mode acquitté et non acquitté selon la qualité de services demandée.
- détection des paquets RLC erronés.
- retransmission des paquets RLC erronés si le mode acquitté est requis.
- contrôle la liaison radio et fournit un lien fiable dépendant de la technologie radio utilisée (le contrôle d'erreurs et le contrôle de flux sont adaptés aux canaux GSM).

### III.1.2.4.Couche NS :

Le protocole NS (Network Service) :

- transporte les PDU BSSGP.

### III.1.2.5.Couche BSSGP :

Le protocole BSSGP (Base Station System GPRS Protocol) :

- relaie les trames LLC sans garantie d'intégrité.
- transporte les informations liées au routage et à la qualité de service entre le BSS et le SGSN.
- ne fait pas de correction d'erreur.
- gère le trafic entre les cellules et le SGSN.
- indique toujours la cellule courante.

### III.1.2.6.Couche LLC :

Le protocole LLC (Logical Link Control) :

- fournir un lien logique fiable et sécurisé le terminal mobile et le SGSN.

- transporte les paquets de données utilisateur (PDU SNDCP), ou la signalisation entre le terminal mobile et le SGSN.
- doit être indépendant des protocoles sous-jacents à l'interface radio pour permettre l'introduction de nouvelles solutions radio pour GPRS avec un minimum de changements.
- réalise des fonctions de chiffrement, de contrôle de flux, de contrôle de séquence.
- permet de faire une distinction de qualité de services entre les différents types d'utilisateurs.
- fonctionne en mode acquitté et non acquitté.
- fournit la détection et la correction des erreurs de transmission, s'il est utilisé en mode acquitté.
- signale uniquement les erreurs sans les corriger, s'il est utilisé en mode non acquitté.

### III.1.2.7. Couche SNDCP :

Le protocole SNDCP (SubNetwork Dependent Convergence Protocol) :

- transporte de façon transparente les unités de données de la couche de protocole réseau utilisée par l'application (IP ou X.25), à savoir qu'un changement de protocole de couche réseau n'induit pas un changement de toutes les couches de protocoles GPRS, mais seulement du SNDCP.
- gère la compression et décompression des en-têtes, de façon à augmenter l'efficacité des canaux.
- gère la compression et décompression des données.
- assure le respect de la séquence des messages, la segmentation et la reconstitution des paquets de données pour fournir des blocs de données de taille acceptable pour le protocole LLC.

### III.1.2.8. Couche GMM :

Le protocole GMM (GPRS Mobility Management) :

- gère l'itinérance du terminal dans le réseau GPRS.

## III.2. Canal radio GPRS :

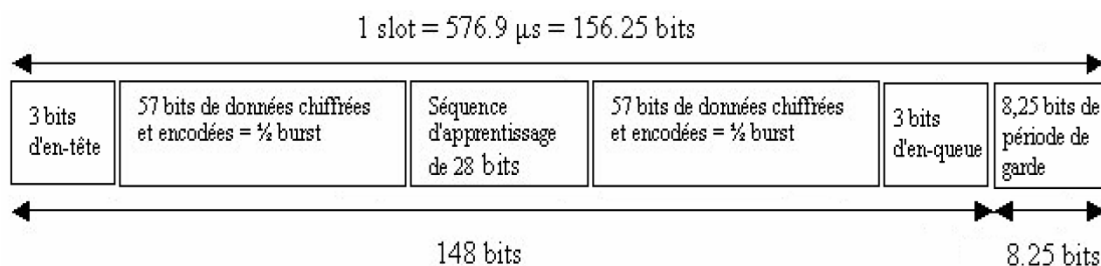
Nous allons maintenant nous intéresser au canal radio, et comment transmettre les paquets sur celui-ci.

## III.2.1. Time slot :

En effet, en première partie de ce rapport, nous avons expliqué comment avec GPRS l'on peut obtenir des vitesses supérieures à celles de GSM, grâce à l'utilisation du multiplexage temporel TDMA.

Une trame TDMA est composée de 8 time slots qui en sont les éléments élémentaires.

Voyons en détail un time slot



**Figure. III.3.** Détail d'un time slot

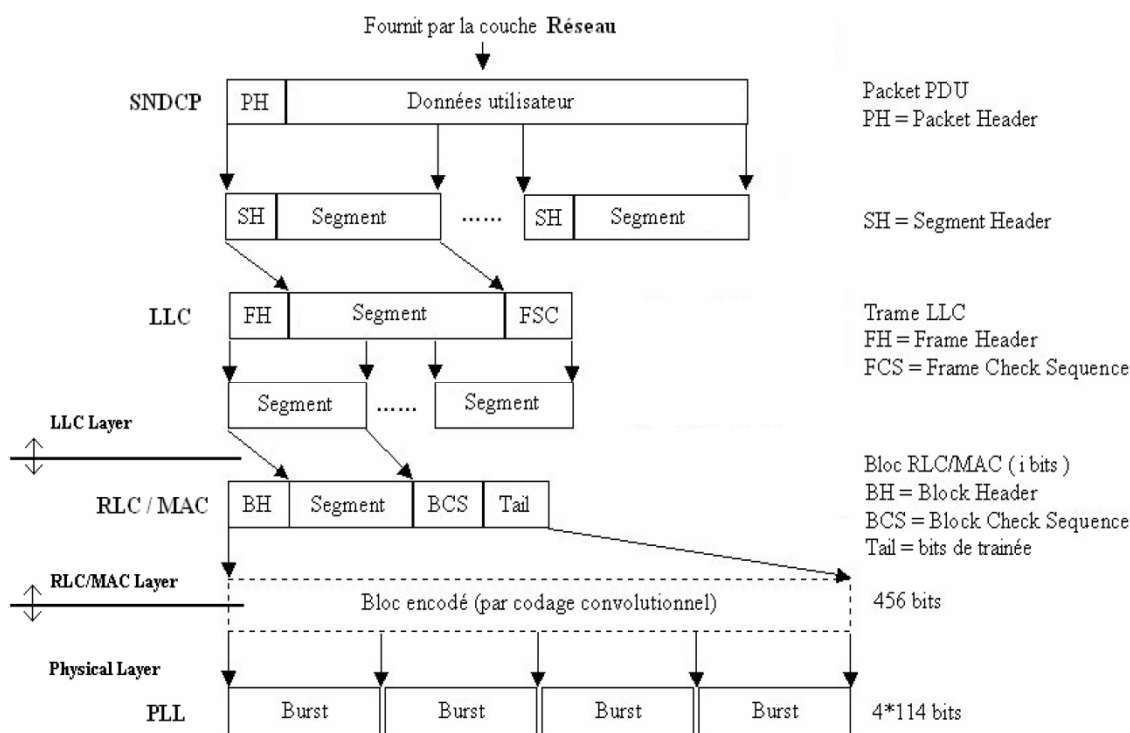
Comme nous pouvons le voir, un time slot est composé de plusieurs parties :

- en-tête.
- en-queue.
- burst : élément du signal transmis. C'est dans cet élément que se trouvent les données. Il est divisé en deux sous parties, ceci sert pour l'entrelacement des trames.
- séquence d'apprentissage : suite d'éléments binaires possédant des caractéristiques particulières d'auto corrélation. Elle permet au récepteur de se synchroniser sur l'émetteur et d'analyser la qualité du signal reçu.
- période de garde : utilisée pour éviter les chevauchements entre les slots.

Ainsi, une trame TDMA peut contenir jusqu'à 8 time slot selon le type de codage choisi.

## III.2.2. Des couches hautes vers les couches basses :

Pour transmettre des paquets sur le canal radio, le terminal fonctionnant en mode GPRS doit les transformer en bursts, qui seront alors multiplexés sur des canaux physiques PDCH (Packet Data CHannel).



**Figure. III.4.** Du paquet vers le burst

- Couche Réseau :

Elle fournit un paquet (en-tête + données) à la couche inférieure SNDCP.

- Couche SNDCP :

Elle segmente le paquet et ajoute un en-tête à chaque segment.

Les segments obtenus ne doivent pas dépasser 1200 octets et sont fournis à la couche LLC.

- Couche LLC :

Elle ajoute un en-tête, et un champ de contrôle d'erreurs à chaque segment, puis transmet les trames ainsi formées à la couche RLC / MAC.

- Couche RLC / MAC :

Elle découpe chaque trame reçue en blocs après avoir ajouté un en-tête, un champ de contrôle d'erreur et un champ de bits de traînée à chaque morceau, puis transmet les blocs à la couche physique.

Enfin, c'est elle qui contrôle l'accès aux canaux en réalisant le multiplexage temporel TDMA.

• Couche PLL :

Elle réalise alors, pour chaque bloc, un codage de canal CS1 à CS4 (que nous avons déjà mentionné en début de ce rapport), afin de réaliser des blocs encodés de longueur fixée à 456 bits (c'est-à-dire 4 bursts de 114 bits), qui doivent être placés dans des trames TDMA successives.

### III.2.3. Codage du canal, une protection contre les erreurs :

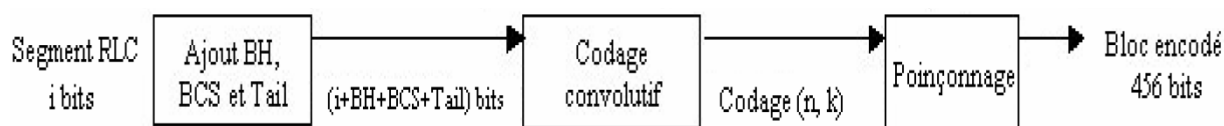
La couche physique se subdivise en deux sous couches : la RFL et la PLL, comme nous l'avons vu précédemment.

Le codage du canal est effectué par la couche PLL, et nous allons nous intéresser au principe du codage.

Cependant, nous donnerons une définition générale et non un détail profond de ce codage car cela sort du cadre de ce rapport.

La couche PLL réalise un codage convolusionnel avec poinçonnage, et dont le principe est le suivant :

on a un codeur qui en entrée reçoit  $n$  bits, et ressort  $kn$  bits, où  $1/k$  est le taux de codage.



**Figure. III.5.** Codage convolusionnel

Ainsi, pour coder les  $i$  bits d utilise un codage convolutif  $(n, k)$ .

Selon la rapidité de modulation, de la taille du segment RLC et du taux  $n/k$  souhaité, on utilisera l'un des quatre codages CS suivant

Codage CS	Taux de codage	i	BCS	BH	Tail	Bloc encodé	Poinçonnage	Rapidité de modulation (kbits / s)
CS1	0,5	181	40	3	4	456	0	9,05
CS2	0,66	268	16	6	4	588	132	13,4
CS3	0,75	312	16	6	4	676	220	15,6
CS4	1	428	16	12	0	456	0	21,4

**Tableau. III.3.** Valeurs des codages CS

## Chapitre III La technologie GPRS et son fonctionnement

Ainsi, grâce aux explications sur le codage du canal, nous avons un détail supplémentaire sur les types de codage utilisés dans GPRS.

### IV. Description fonctionnelle du GPRS :

Dans cette partie, nous allons montrer le fonctionnement général du GPRS, et en particulier comment l'on échange les données dans GPRS.

En effet, après avoir vu les caractéristiques générales ainsi que son architecture détaillée, il est temps de voir comment fonctionne le GPRS.

Cette étape n'arrive que maintenant, car il était nécessaire d'introduire de nombreuses notions, surtout au niveau de l'architecture.

#### IV.1. Schéma fonctionnel du GPRS :

Ce schéma présente l'architecture du GPRS en soulignant l'importance du réseau IP comme support du réseau GPRS.

Le réseau GPRS est inséré dans son environnement, c'est-à-dire avec le système de taxation, les passerelles de taxation et les serveurs de noms essentiels pour les traductions d'adresses

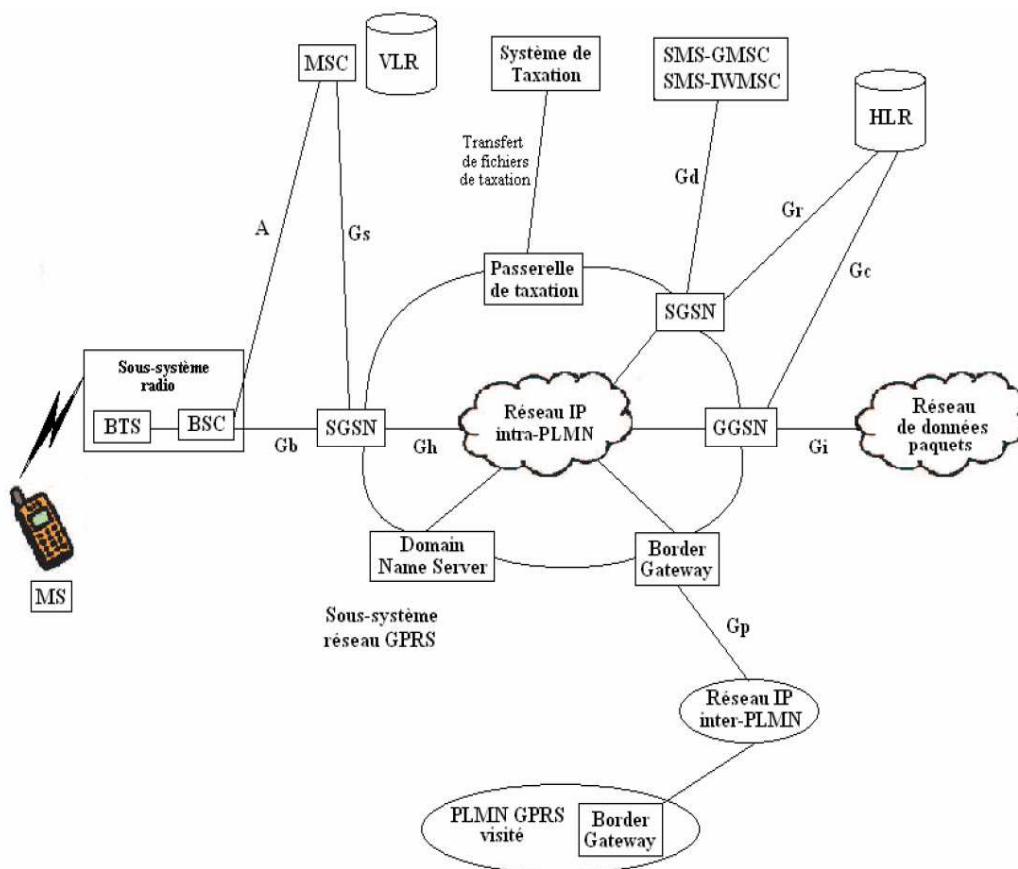


Figure. III.6. Schéma fonctionnel du GPRS

Ce schéma introduit également le principe d'inter fonctionnement d'un réseau GPRS avec un autre réseau GPRS, indispensable en cas d'itinérance de l'utilisateur, via les bords gateways qui relient le réseau GPRS à tout réseau de données par paquet externe (réseau GPRS ou autre).

### IV.2. Mécanismes de transfert de paquets en GPRS :

Lors d'une communication, le réseau GPRS est interconnecté à un autre réseau à commutation par paquet.

Ainsi, lorsqu'un utilisateur désire transmettre des paquets vers un réseau de données en mode paquet, il utilise le protocole PDP (Packet Data Protocol).

Cette notion de PDP est associée à la notion de contextes au niveau de la mobilité d'un utilisateur GPRS.

C'est pourquoi, avant de voir les mécanismes de transmission en mode paquet, nous allons introduire la gestion de la mobilité dans le GPRS.

### IV.3. Gestion de la mobilité :

Afin de mieux comprendre les mécanismes de transmission d'informations, il convient d'expliquer quelques notions attachées à l'itinérance d'un utilisateur.

#### IV.3.1. Etats GPRS :

Dans le cadre de la gestion de la mobilité pour le GPRS, trois états sont associés à un terminal mobile :

- IDLE : le terminal est en veille, inactif.
- STANDBY : le terminal est dans un état intermédiaire dans lequel il est prêt à émettre et recevoir des données.
- READY : le terminal émet ou reçoit des communications.

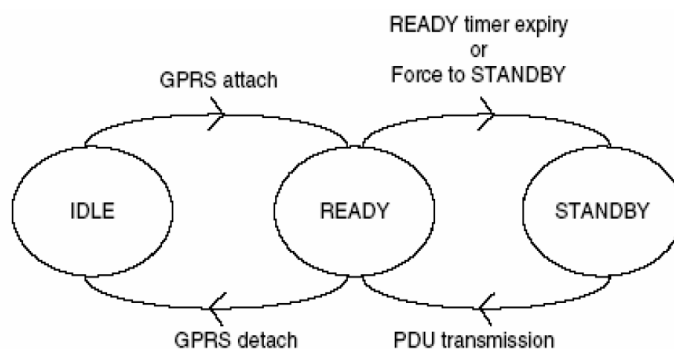


Figure. Automate d'états dans le terminal.

Sur ce schéma, nous pouvons observer comment le terminal passe d'un état à l'autre.

#### IV.3.2. Contextes GPRS :

Dans le cadre de la gestion de mobilité du GPRS, on définit la notion de contextes.

Les contextes introduits dans GPRS sont liés à l'ensemble des informations caractéristiques d'un abonné relativement à :

- sa mobilité, contexte MM (Mobility Management).
- ses données, contexte PDP (Packet Data Protocol).

##### IV.3.2.1. Contexte MM :

Le contexte MM contient tous les paramètres liés à la gestion de la mobilité, au terminal mobile et à la sécurité :

- l'IMSI (International Mobile Subscriber Identity) et le P-TMSI (Packet Temporary Mobile Station Identity), qui permettent d'identifier l'abonné.
- l'état de la mobilité de l'abonné : IDLE, STANDBY, READY.
- l'identifiant du SGSN, qui est l'adresse du SGSN servant le terminal mobile actuellement.

##### IV.3.2.2. Contexte PDP :

Le protocole PDP est spécifique aux données paquet. On lui associe un contexte et une adresse. Chaque adresse PDP est décrite par un contexte PDP dans le terminal mobile, le SGSN et le GGSN.

Le contexte PDP est lié aux données et regroupe des informations de routage vers le GGSN qui seront utilisées par le terminal mobile.

Il contient les paramètres de la gestion de session, définis relativement à l'adresse PDP allouée à l'utilisateur et que celui-ci utilise pour cette session GPRS. Il est ainsi composé d'un ensemble d'informations qui permettent de caractériser l'émission et la réception des données GPRS, comme l'adresse réseau PDP à utiliser et des informations pour le routage vers le GGSN.

Un contexte PDP doit être créé afin que l'abonné puisse émettre ou recevoir des données. Chaque contexte PDP existe indépendamment dans l'un des états PDP (INACTIF ou ACTIF). L'état PDP indique si l'adresse PDP est activée pour le transfert de données ou non.

#### IV.4. Emission de données :

Imaginons qu'un utilisateur GPRS désire envoyer des paquets de données à un utilisateur situé sur le réseau Internet.

Voici un descriptif des étapes à réaliser pour cette situation, et ceci dans l'ordre chronologique.

L'établissement de la liaison montante :

- le terminal mobile doit récupérer le BCCH (Broadcast Control CHannel, qui est le canal logique sur lequel sont diffusées de façon périodique des informations système) de la cellule afin de déterminer si un canal GPRS est présent (terminal en état IDLE).
- le terminal mobile effectue un GPRS Attach (procédure permettant de déclarer le mobile sur le réseau GPRS et établi un lien logique entre lui et le SGSN) afin d'établir un contexte GPRS avec le SGSN, en précisant son identité ainsi que la qualité de service désirée.
- après négociation de ces paramètres avec la station de base, le SGSN a la charge de la réservation du canal (les time slots) et de l'établissement de la liaison.
- le terminal reçoit des informations concernant le canal alloué sur le BCCH et passe à l'état STANDBY.
- le terminal passe à l'état READY en transmettant sur la liaison montante au SGSN un message identifiant le canal courant.

Un échange de paquets commence :

- les données sont transmises dans les time slots réservés.
- un accusé de réception positif est envoyé par la station de base si l'ensemble des données a été bien reçu.
- les données sont dés-encapsulées et envoyées au SGSN.

- le SGSN encapsule les données à l'aide du protocole GTP et les envoie au GGSN.
- le paquet est dés-encapsulé, et l'adresse et le protocole sont vérifiés afin que la bonne route soit sélectionnée.

Le paquet est alors envoyé via le réseau de données externe jusqu'au destinataire.

Ce transfert se termine par un message d'accusé réception de la part du SGSN qui peut être positif ou négatif.

### IV.5. Réception de données :

Imaginons qu'un utilisateur désire envoyer des paquets de données IP à un utilisateur GPRS.

Voici un descriptif des étapes à réaliser pour cette situation, et ceci dans l'ordre chronologique.

- les paquets venant du réseau de données externe sont acheminés jusqu'au GGSN du réseau GPRS.
- le GGSN effectue les conversions de formats de données, de protocoles de signalisation et d'informations d'adresses.
- le GGSN vérifie s'il possède un contexte GPRS pour ce terminal mobile :
  - si le terminal mobile est dans l'état IDLE, le trafic paquet sera rejeté.
  - si le terminal mobile est dans l'état STANDBY ou ACTIF, le GGSN achemine le paquet, dans un format encapsulé, vers le SGSN (utilisation du GTP).
- si le terminal mobile est en état STANDBY, le SGSN demande au MSC de réaliser un paging GPRS dans la zone de routage du terminal.
- le terminal mobile répond au paging en précisant la cellule dans laquelle il est situé, et se met dans le mode ACTIF.
- le paquet est acheminé du SGSN via la MSC à la station de base une fois que la route a été établie.
- la station de base réserve un time slot sur le PDCH (Packet Data Channel), encapsule le paquet et l'envoie au terminal mobile.
- si cette donnée est reçue correctement, un accusé de réception positif est généré.
- le terminal désencapsule le paquet, et l'envoie au destinataire final, par exemple l'application sur un ordinateur portable connecté au téléphone mobile.

Pour tous les paquets qui seront ensuite envoyés pendant une période de temps donnée, le terminal mobile restera dans un mode ACTIF et indiquera au réseau lorsqu'il change de cellule. Le chemin vers le terminal mobile est connu, donc tous les paquets seront acheminés vers ce terminal comme via un tunnel.

### V. Bilan sur le GPRS :

#### V.1. Avantages :

Donc, comme nous avons pu le voir dans ce rapport, il se dégage trois avantages principaux dans GPRS.

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

Le second est la commutation de paquets. En effet, cette méthode permet de ne pas monopoliser les ressources radios lors de la consultation sur Internet, consultation d'email, etc...

De plus, avec la commutation de paquets, on peut interconnecter le réseau GPRS avec un réseau de données paquets externe tel qu'un réseau IP ou X.25.

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

#### V.2. Limites :

Cependant, bien que GPRS apporte une réelle avancée dans le monde de l'Internet mobile, il existe des limites.

La première est que le débit réel observé est très inférieur à celui annoncé dans les spécifications du protocole. En effet, on peut constater qu'en moyenne, le débit est d'environ 50 kbit/s, et l'on peut atteindre un débit d'environ 115 kbit/s dans des conditions optimales. En fait, la réalité montre que l'on est plus souvent proche des 50 kbit/s que des hauts débits. Ceci peut poser un problème au développement du GPRS et mettre en frein, car sur le papier on nous propose des débits intéressants, et en réalité, il y a une grande différence.

Egalement, une autre limite est le coût de la mise en place de l'infrastructure GPRS. En effet, bien que GPRS utilise une partie de l'architecture GSM, comme nous l'avons vu

dans ce rapport, la mise en place des équipements GPRS est onéreuse. De plus, avec l'arrivée des nouvelles technologies (3G par exemple), les opérateurs de téléphonie mobile peuvent hésiter à investir dans une technologie qui va être dépassée prochainement.

### VI. Conclusion :

Le service GPRS, technologie 2,5G, est implémenté sur une majeure partie du réseau du GSM français, et permet alors l'accès à l'Internet mobile avec des débits beaucoup plus élevés que dans GSM.

Ainsi, comme nous avons pu le voir, lors de ce rapport, le GPRS est basé sur le réseau GSM existant ainsi que son sous-système radio. Cependant, malgré ce gros avantage, les spécialistes du marché sont devant un dilemme.

En effet, vu les limites que nous avons évoquées, on peut se demander si mettre en place un réseau GPRS est intéressant au point de vue financier.

La réponse que l'on peut apporter à ce problème est oui. Il ne faut pas oublier que GPRS est assez facile à mettre en oeuvre malgré des coûts onéreux.

Donc, l'avenir se tournant vers des technologies de troisième génération, 3G, telle que l'UMTS, on peut penser que le GPRS a encore un bel avenir devant lui. Il pourra être un complice à cette technologie 3G et prendre le relais si la couverture n'est plus assurée (par UMTS par exemple).

Enfin, terminons en précisant que GPRS est le premier protocole à commutation par paquets dans le monde de l'Internet mobile, et c'est lui qui fait découvrir aux utilisateurs les possibilités en matières de services, etc... que l'on peut avoir avec un terminal mobile.

Chapitre. IV

Application :  
Contrôle De La Zone  
De Couverture (TEMS)

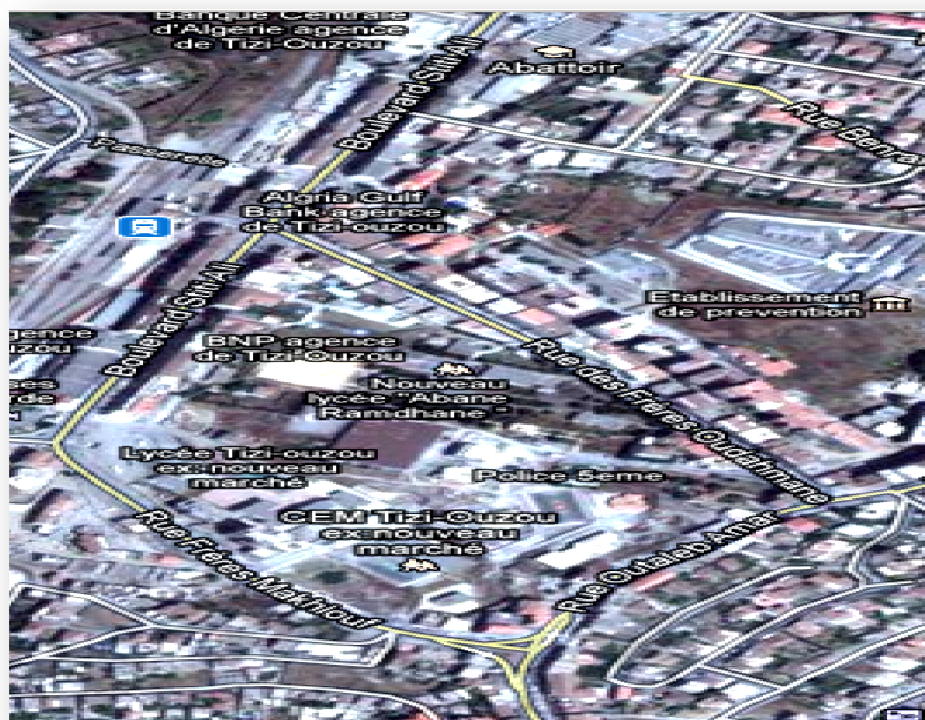
---

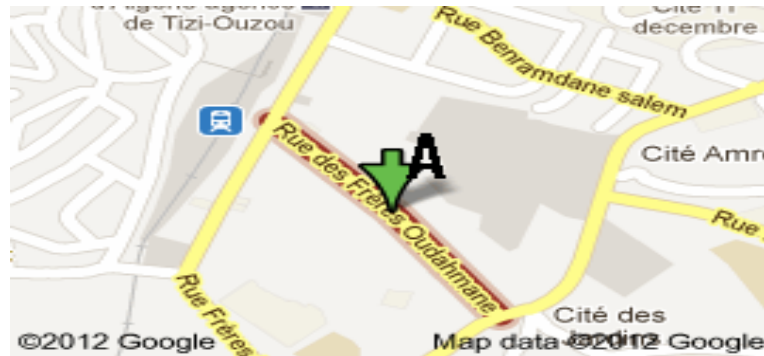
## I .Introduction :

Dans cette partie pratique on va faire des mesures sur différentes lieu de la ville de TIZI OUZOU on utilisant un logiciel qui s'appelle TEMS Investigation et des équipements de mesure pour contrôler la zone de couverture de réseau de l'opérateur téléphonique MOBILIS ,et lors de nous différentes sorties on a remarqué que MOBILIS a une bonne couverture de réseau dans la ville de TIZI OUZOU sauf dans la zone A.

## II .Description de la zone A :

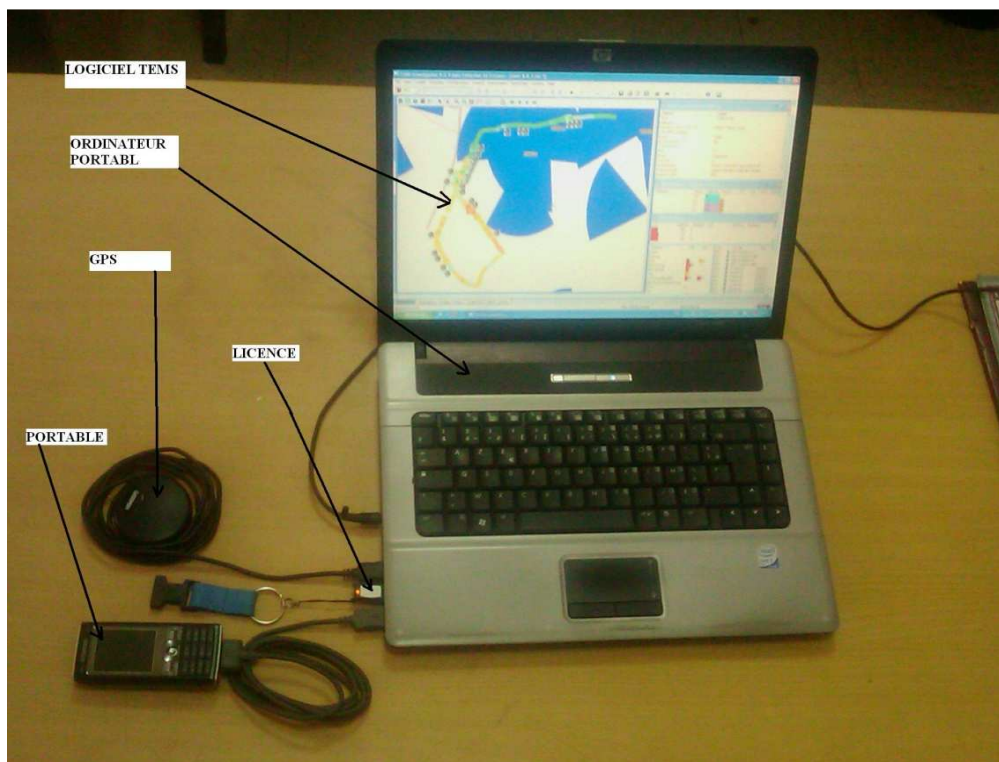
La zone A est une grande surface qui contient une route de 3km appelée RUE DES FRERE OUDAHMAN, des banques, deux lycées, un poste de police, un nombre important des habitants, cette zone est connue par la hauteur importante de ses bâtiments et par l'absence de la couverture réseau de l'opérateur MOBILIS.





### III. Matériels de mesure :

- Un terminal mobile équipé d'un logiciel appelé TEMS Investigation .ce terminal est utilisé pour mesurer toutes les classes de puissances émises par la BTS, il vérifie aussi la disponibilité et le bon fonctionnement des canaux de trafic et ceux de signalisation de toutes les fréquences disponibles sur l'endroit analysé.
- Un récepteur GPS qui indique la position ou les mesures ont été effectuées.
- Un PC équipé d'un logiciel TEMS Investigation, pour analyser et stocker toutes les valeurs prise par le GPS et par le mobile.
- Une licence pour activer le logiciel TEMS Investigation.



## IV .Présentation du TEMS™ Investigation :

TEMS Investigation est un logiciel développé par Ericsson permettant le dépannage, la vérification, l'optimisation et la maintenance des réseaux sans fil. Ses performances de calcul ont fait de lui un logiciel incontournable pour les phases d'ingénierie. Pour son réseau GSM, Mobilis l'a adopté pour ses prédictions, ses densifications et son optimisation.

L'opérateur peut parvenir à une meilleure qualité de la voix, une accessibilité accrue, plus de succès tentatives d'appel, et une meilleure performance de service.

### IV.1. Les paramètre contrôlé par le TEMS :

A l'aide de TEMS on peut contrôler les paramètres suivant :

- La position dans le réseau.
- Le code de la cellule.
- La bande de fréquence sur laquelle elle émet la BTS qui couvre la zone étudiée.
- La fréquence de signalisation (BCCH).
- Le niveau de signal sur le site voisin.
- Les événements (le Handover).
- Le paramètre radio du site étudié :
  1. RxQual : la qualité du signal.
  2. Rxlevel : le niveau du signal.
  3. SQI : la qualité de la parole.
  4. Les interférences (C/I) entre les canaux de trafic TCH et les canaux de diffusion BCCH.
  5. La distance TIME ADVANCE (TA) : ce paramètre sert à calculer la distance entre le terminal mobile et la BTS (1=554m).

#### VI.1.1 .Le niveau du signal Rxlevel :

C'est un paramètre de contrôle de puissance, il classe le niveau de puissance du signal reçu dans une échelle à 64 niveaux (0 jusqu'à 63), cette échelle correspond aux niveaux de puissance allant de -110 dBm jusqu'à -48 dBm.

- Le TEMS classe le niveau du signal reçu selon le code de couleur suivant :





Couleur	Plages de valeurs	Niveau du signal
Vert 	-75dBm jusqu'à 0dBm	Bon
Jaune 	-85dBm jusqu'à -75dBm	Moyen
Orange 	-95 dBm jusqu'à -85dBm	Acceptable
Rouge 	-110 dBm jusqu'à -95dBm	mauvais

Tableau VI.4.1.1 : Code de couleurs pour Rxlevel.

### VI.1.2. La qualité du signal RxQual :

C'est un paramètre de contrôle qui permet d'apprécier la qualité du signal, ce paramètre est obtenu en quantifiant le taux d'erreur binaire sur 8 niveaux (codage sur 3 bits).

- Les valeurs RxQual sont classifiées selon le code de couleur suivant :




Couleur	Plages de valeurs	Qualité du signal
Vert 	0 jusqu'à 4	Bonne
Jaune 	4 jusqu'à 6	Acceptable
Rouge 	6 jusqu'à 8	Mauvaise

Tableau VI.4.1.2 : Code de couleurs pour Rxlevel.

### VI.1.3 Les interférences (C/I) :

Le TEMS contrôle les interférences entre les canaux de trafic TCH et les canaux de diffusion BCCH. À noter que plus le niveau des interférences augmente plus la qualité de l'appel diminue.

- Pour les canaux TCH, le code de couleurs est donné dans le tableau suivant :




Couleur	Plages de valeurs	Interprétation
Rouge 	0 jusqu'à 9	Interférence forte
Jaune 	9 jusqu'à 12	Interférence moyenne
Vert 	12 jusqu'à 100	Interférence faible

Tableau VI.4.1.3 : code de couleurs Les interférences (C/I) :

- Pour le BCCH, le code de couleurs est donné dans le tableau suivant :

Couleur	Plages de valeurs	Interprétation
Rouge ●	0 jusqu'à 9	Interférence forte
Jaune ●	9 jusqu'à 12	Interférence moyenne
Vert ●	12 jusqu'à 30	Interférence faible

Tableau VI.4.1.3 : code de couleurs Les interférences (C/I) :

#### VI.1.4. La qualité de la parole SQI:

- Le TEMS contrôle aussi la qualité de la parole l'ors d'un appel, le logiciel classe la qualité de la parole selon le code de couleurs donné par ce tableau.

Couleur	Plages de valeurs	Qualité de la parole
Rouge ●	0 jusqu'à 16	Mauvaise
Jaune ●	16 jusqu'à 22	Moyenne
Vert ●	22 jusqu'à 31	Bonne

Tableau VI.4.1.4 : code de couleurs pour SQI.

#### VI.1.5. La distance Timing Advance (T/A) :

Ce paramètre sert à calculer la distance entre le terminal mobile et la BTS, cette distance est comprise entre :  $TA \cdot 554m$  et  $(TA+1) \cdot 554m$ . Le paramètre TA prend des valeurs dans une échelle allant de 0 à 62 (62 est la valeur maximale, elle correspond à 35 Km).

- La distance entre le terminal mobile et la BTS est donnée par un code de couleurs comme le montre ce tableau :

Couleur	Plages de valeurs	Distance MS-BTS
Vert ●	0 jusqu'à 4	Bonne
Jaune ●	4 jusqu'à 6	Acceptable
Rouge ●	6 jusqu'à 62	Mauvaise

Tableau VI.4.1.4 : code de couleurs pour TA.

**RAPPORT DE DRIVE TEST**  
**POUR**  
**LA VILLE DE TIZI OUZOU**  
**JUIN 2012**  
**MOBILIS – ALGERIE**



**BSCTIZI 2**

**GSM 900/1800, Ericsson CME 20 R06A**

## 1. Résumé

L'objectif de ce rapport est de vérifier la couverture radio et de la situation de la qualité radio dans la zone A.

2. **La route à contrôlé:** la route parcourue pendant ce drive test est montrée par la figure ci-dessous:

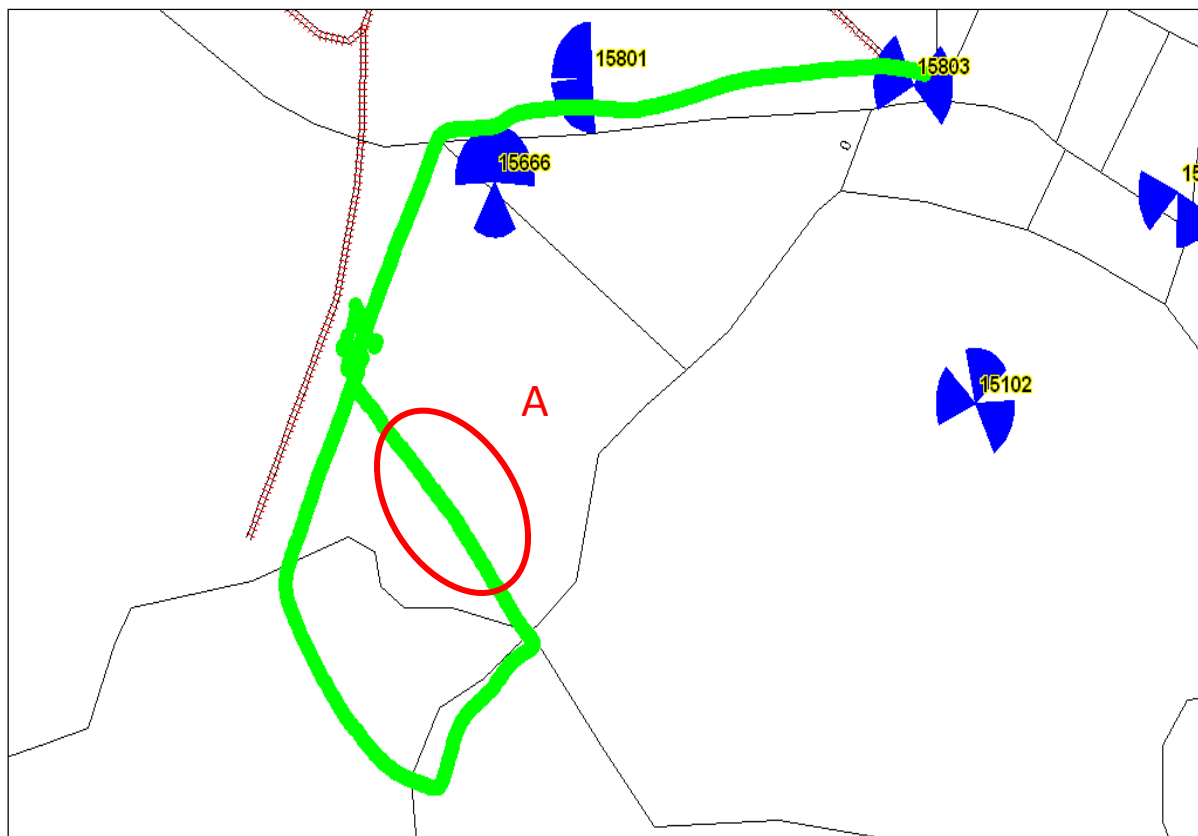


figure1: schéma de la route contrôlée

### 3. Instruments de mesure

Ce rapport a été préparé par l'analyse des données de test d'entraînement (à commutation de circuits), qui ont été recueillis à l'aide de la version 8.0.3 TEMS outil d'enquête sur le mois de juin 2012.

### 4. outil de traitement

MapInfo 8.0 et TEMS 8.0.3 sont utilisées pour analyser les données recueillies de test de contrôle.

### 5. Les mesures de test de contrôle

**5.1 Niveau du signal reçu:** le mobile effectue en permanence des mesures du niveau du signal reçu, en mode de veille et en mode dédié avec la cellule serveuse et avec les cellules voisines.

Le tracé génère selon les mesures de TEMS est le suivant :

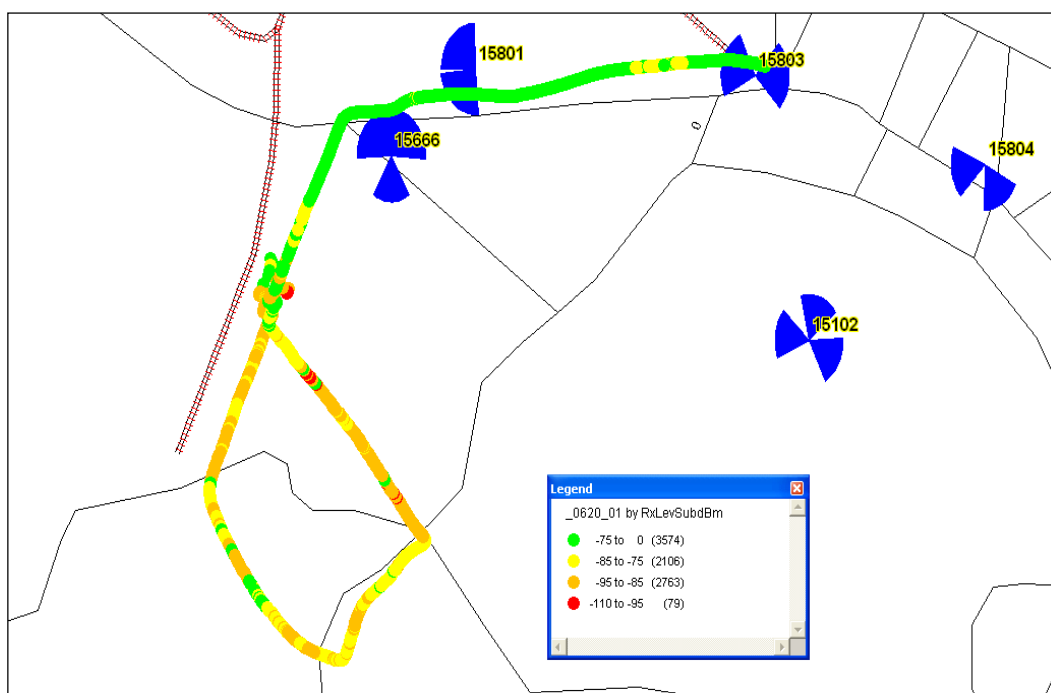
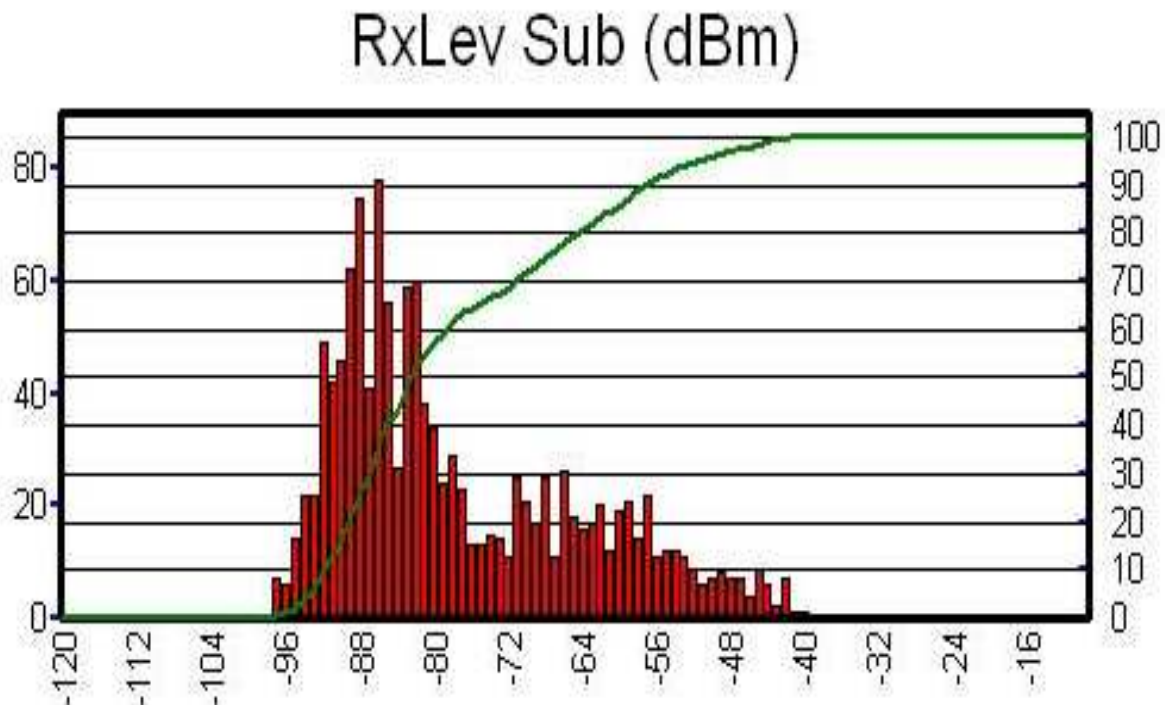


Figure 2: Niveau du signal reçu

On fait correspondre à ce tracé le diagramme suivant :



**Diagramme 1: pourcentage des échantillons prélevés pour Rxlevel**

- **Interprétation du diagramme 1:**

- ✓ 42% des échantillons enregistrée présentes un niveau de signal supérieur ou égal à -80 dBm .Ce qui représente un bon niveau de signal.
- ✓ 36% des échantillons enregistrés appartiennent à l'intervalle [-90,-80] dBm .Ce qui est considéré comme un niveau de signal acceptable.
- ✓ 22% des échantillons enregistrés sont des valeurs inférieures à-90dBh, qui sont considérés comme le niveau du signal mauvais. Cette valeur a été enregistré dans la zone A.

5.2 Qualité du signal reçu:

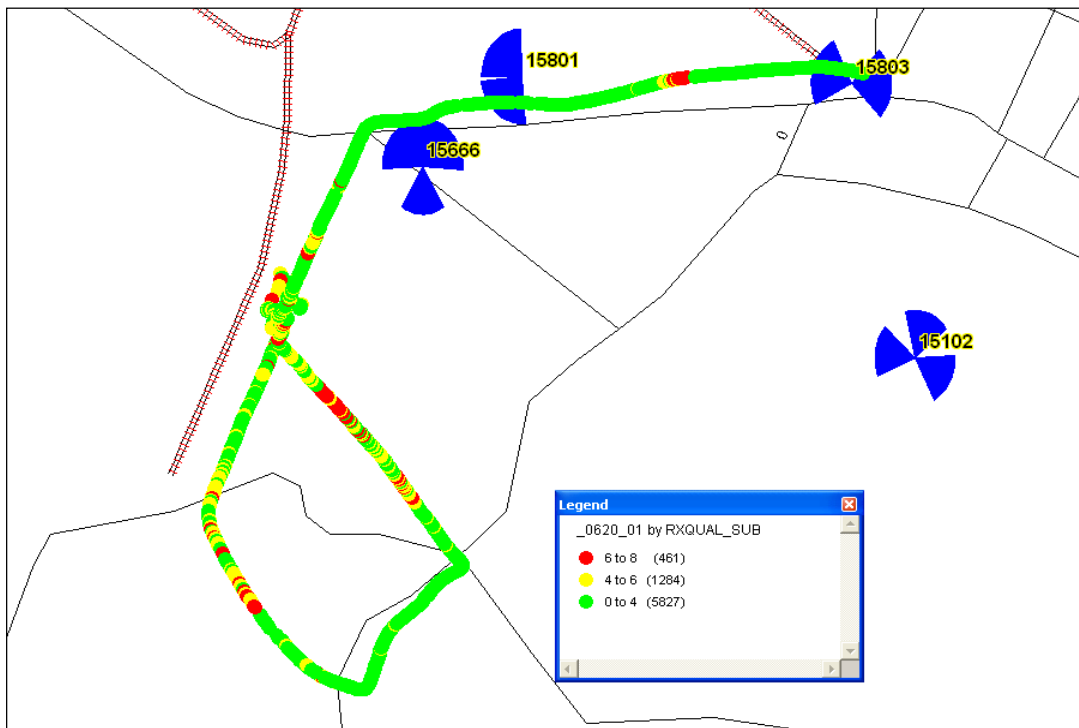


Figure 3: Qualité du signal reçu

On fait correspondre à ce tracé le diagramme suivant :

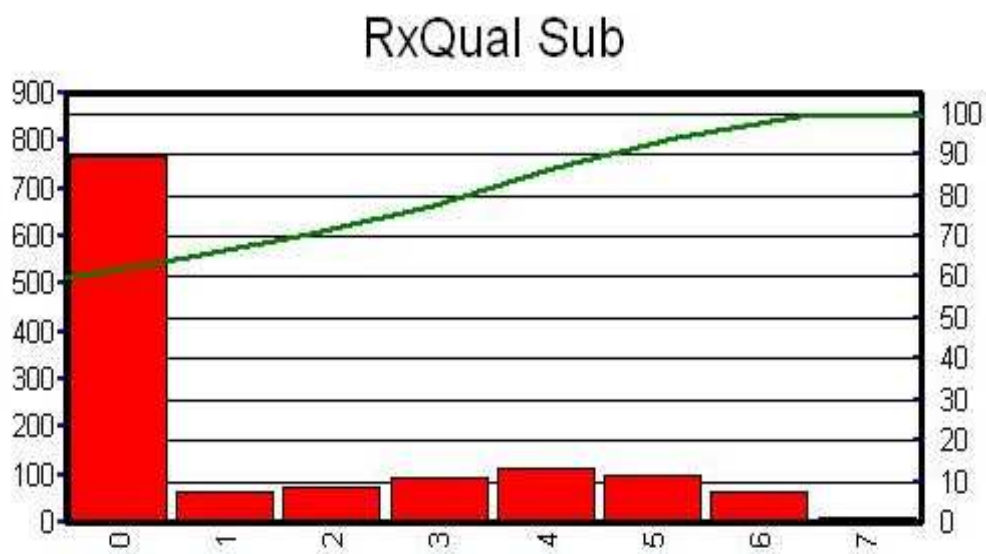


Diagramme 2: pourcentage des échantillons prélevés pour RxQual.

- **Interprétation du diagramme 2:**

- ✓ 84% d'échantillons enregistrés sont inférieur ou égal à 4 ; Ce qui représente une bonne qualité du signal reçu.
- ✓
- ✓ 12% d'échantillons enregistrés appartiennent à l'intervalle [4,6];Ce qui représente une qualité acceptable.
- ✓ 6% d'échantillons enregistrés; appartiennent à l'intervalle [6,8] ; Ce qui représente une mauvaise qualité. Cette valeur a été enregistré dans la zone A.

### 5.3 Timing advance TA :

Le tracé selon les mesures du Timing Advance est le suivant :

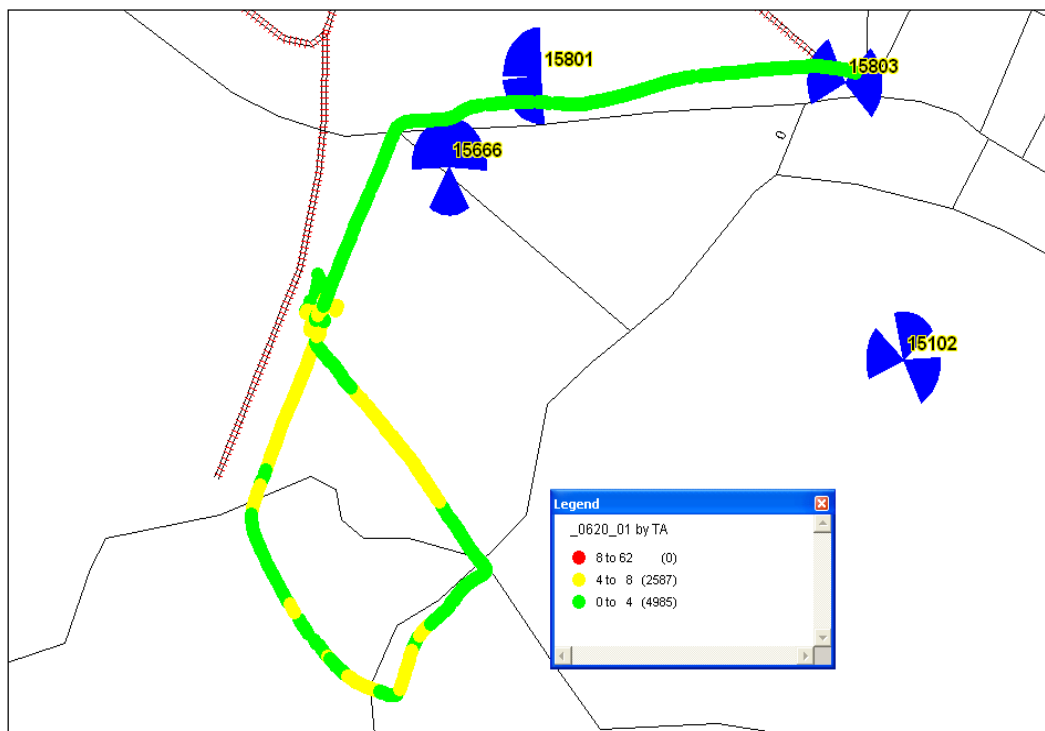
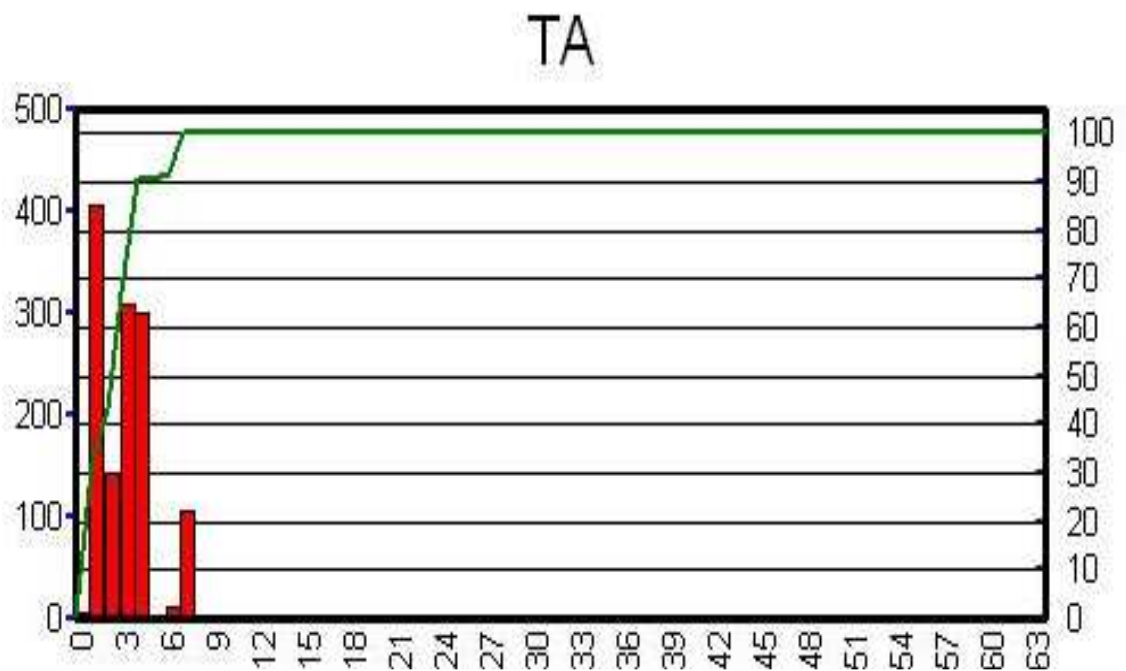


Figure 4: Timing advance TA.

On fait correspondre à ce tracé le diagramme suivant :



**Diagramme 3: pourcentage des échantillons prélevés pour TA.**

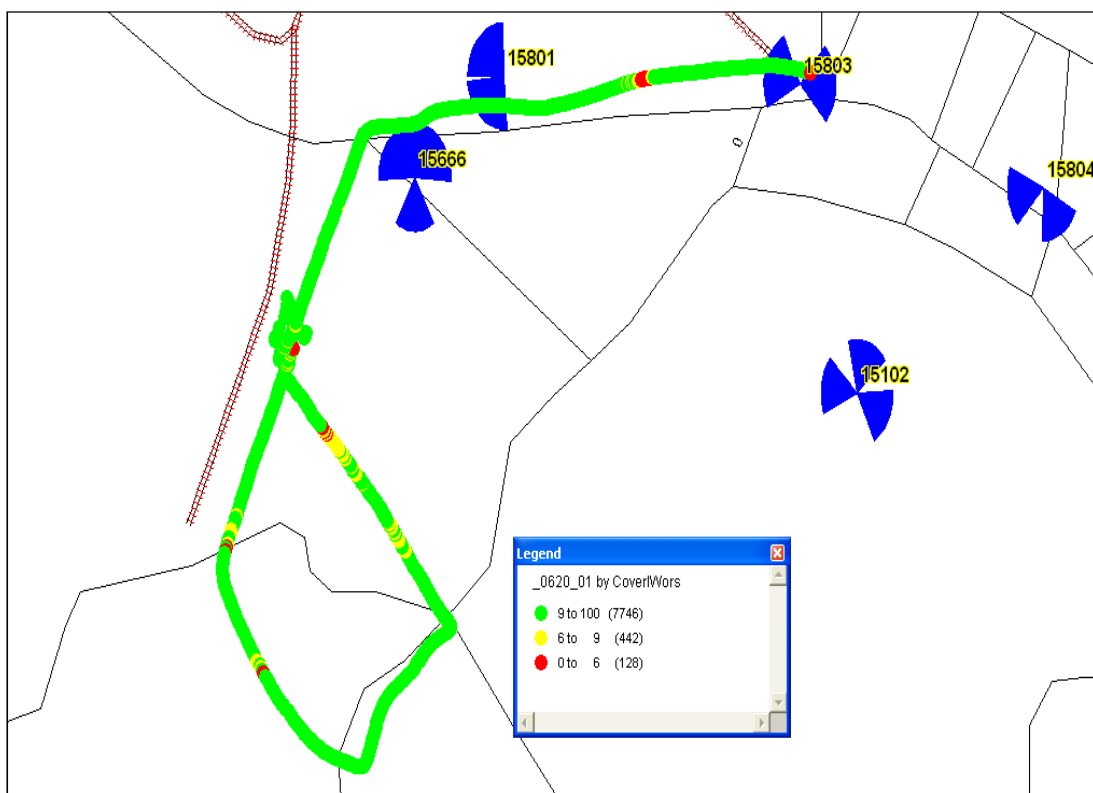
- **Interprétation du diagramme 3:**

- ✓ 90% des échantillons enregistrés dans l'intervalle [0,4]; Ce qui représente un bon TA.
- ✓ 1% des d'échantillons enregistrés sont dans l'intervalle [4,6]; ce qui représente un TA acceptables.
- ✓ 09% des échantillons enregistrées sont dans l'intervalle [6,62]; ce qui représente un mauvais TA. Cette valeure a été enregistré dans la zone A.

**5.4 Interferences C/I:**

L'interférence fait partie des paramètres les plus importants mesurée durant le drive test, il doit toujours rester optimal vu que les interférences ont un impact très négatif sur la qualité de service offerte aux abonnés.

Ce tracé représente les interférences sur le canal radio :



**Figure 5: Interférences C/I**

On fait correspondre à ce tracé le diagramme suivant :

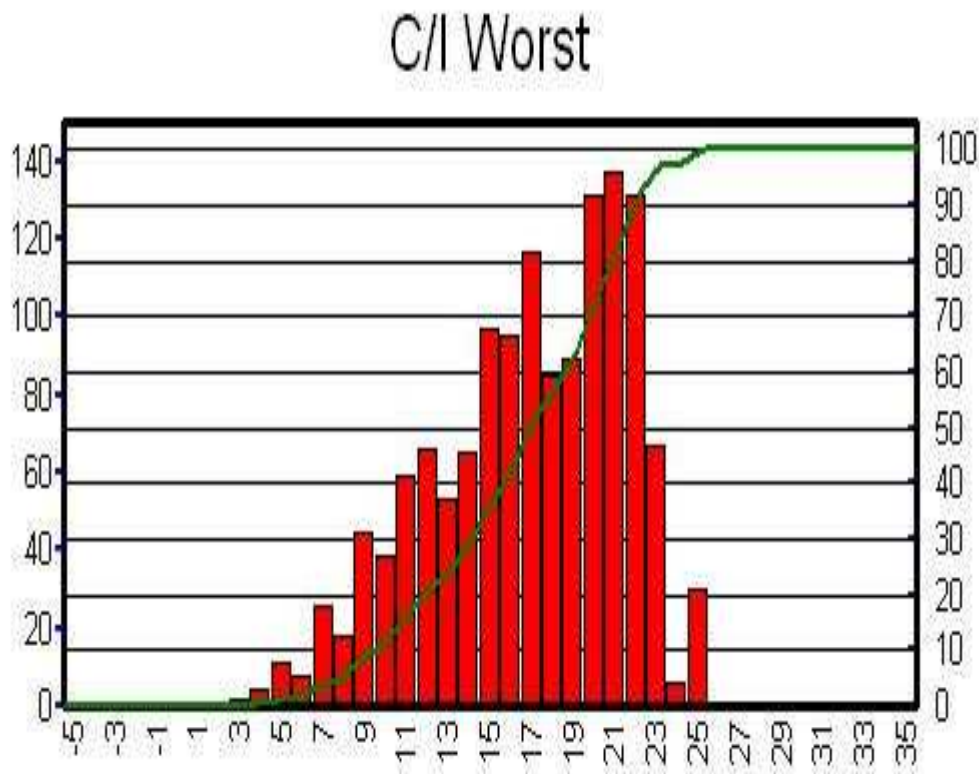


Diagramme 4: pourcentage des échantillons prélevés pour les interférences C/I.

- **Interprétation du diagramme 3:**

- ✓ 08% des échantillons enregistrés ont des valeurs inférieures ou égales à 9; qui représentent un mauvais C / I.
- ✓ 92% des échantillons enregistrés ont des valeurs supérieures ou égales à 9; qui représente un bon C / I.

6. Les événements.

Event	Number
Blocked Call	0
Dropped Call	0
Handover	35
Handover Failure	0

Table 1: Drive test Event Counters

7. Analyse

Zonz A problème de couverture:

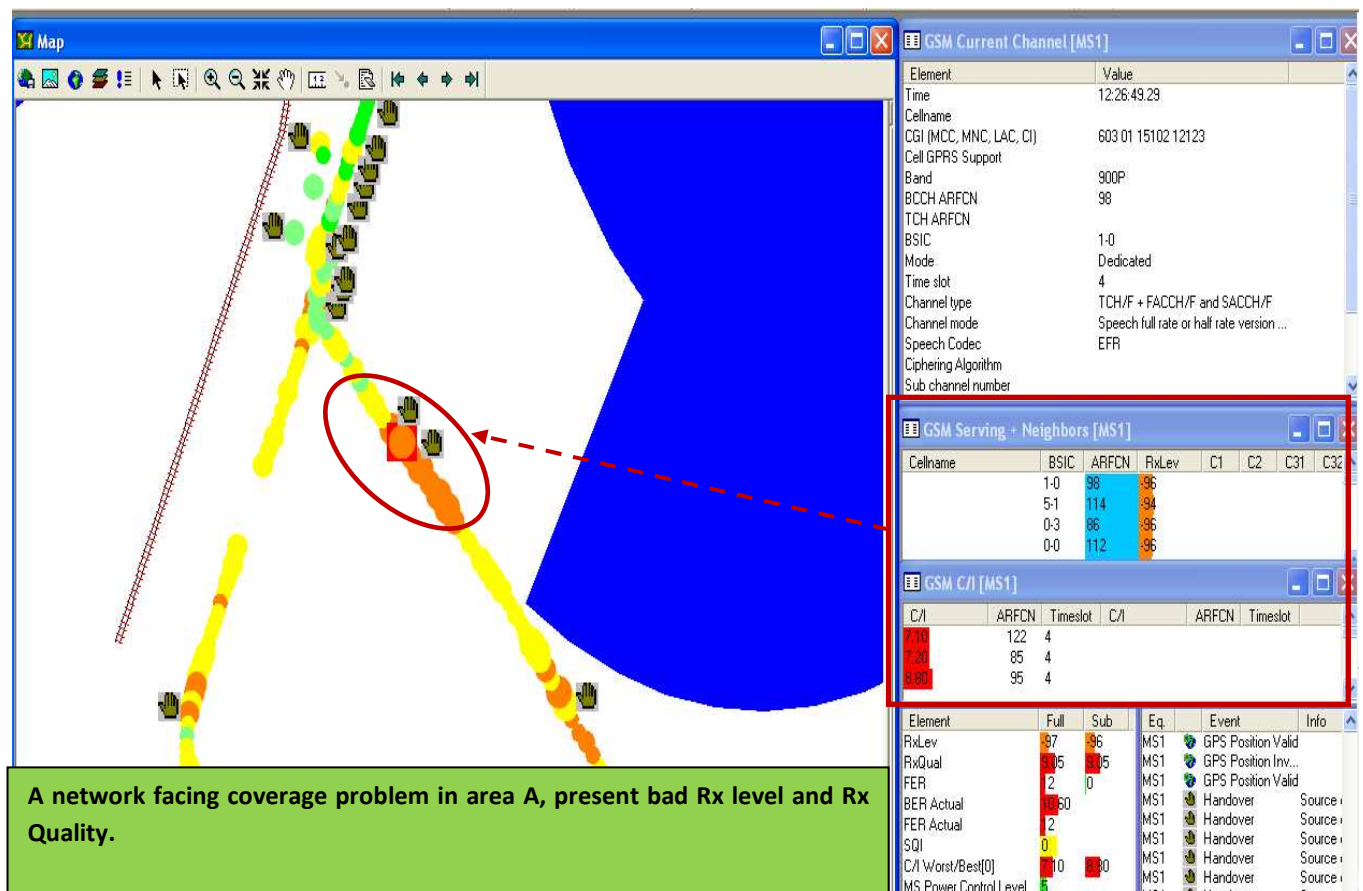


Figure 6: L'analyse de la zone A.

## 8. Conclusion

- Le contrôle a été fait le mois de juin à Tizi centre afin de vérifier la couverture.
- Nous remarquons qu'il un problème de couverture dans la zone A, Rx niveau de signal et Rx la qualité de signal ont été enregistrés dans le même temps sur cette zone, car il ya des bâtiments de grande hauteur entre le site 15666 et la zone A.
- Pour régler le problème de couverture, il est recommandé d'intégrer un nouveau site.

# CONCLUSION GENERALE

## CONCLUSION GENERALE :

Ce mémoire se base sur la compréhension des mécanismes de fonctionnement de GSM et GPRS, surtout sur la voie radio, afin d'acquérir des informations théoriques et pratiques sur la technologie de ces derniers.

Le travail qui nous a été confié est l'étude des systèmes GSM/GPRS, ce projet est réalisé au niveau de MOBILIS de TIZI-OUZOU

Ce projet nous a permis de se familiariser aux différents équipements constituant le réseau GSM/GPRS et voir de plus près les problèmes liés à la transmission radio. Ainsi, explorer le monde des télécommunications grâce aux tests de mesures effectués sur le lien radio en exploitant le logiciel TEMS en compagnie des ingénieurs spécialisés dans le drive test.

Le drive test collecte des données en se déplaçant par véhicule sur l'endroit concerné afin d'améliorer les performances de l'interface air qui nécessite un maintien permanent et fiable du moment que l'abonné est toujours rattaché au réseau via cette interface. Le drive test est toujours finalisé par un rapport technique qui sera envoyé vers l'OSS (Opération and Support Système) afin d'exploiter les suggestions. On peut dire que le drive test est un outil pratique efficace pour la vérification des problèmes rencontrés sur la zone de couverture.

Après l'étude que nous avons abordée à travers ce mémoire, nous pouvons conclure que le contrôle d'un réseau téléphonique est une opération nécessaire et répétitive. Avec l'augmentation des nombres d'abonnés et les extensions de l'habitat, l'opérateur doit constamment procéder à l'extension de son réseau.

Par ailleurs, nous pouvons aussi dire que le stage que nous avons effectués au niveau de centre de MOBILIS nous a été d'un grand apport, il nous a permis d'acquérir expérience dans le domaine professionnel.

Enfin, nous souhaitons que notre mémoire puisse être d'un apport pour les promotions à venir, et de leur servir comme support de documentation.

## LISTE DES ACRONYMES

### A

AG : Algorithme Génétique

### B

BCCH: Broadcast Control Channel  
BLER: Block Error Rate  
BSC: Base Station Controller  
BTS: Base Transceiver Station

### C

CCU: Channel Control Unit  
CIR: Carrier to Interference Ratio  
CS: Coding Scheme

### D

DCCH: Dedicated Control Channel  
DR: Directed Retry

### E

ECSD: Enhanced Circuit Switched Data  
EDGE: Enhanced Data for GSM Evolution  
EGPRS: Enhanced General Packet Radio Services  
EIR: Equipment Identity Register

### G

GGSN: Gateway GPRS Support Node  
GMM: GPRS Mobility Management  
GMSC: Gateway MSC  
GMSK: Gaussian Minimum Shift Keying  
GPRS: General Packet Radio Service  
GR: GPRS Register  
GSM: Global System for Mobile communication  
GTP: GPRS Tunnelling Protocol

### H

HLR: Home Location Register  
HR: Half Rate  
HSCSD: High Speed Circuit Switched Data  
HO : Handover

### I

IP : Internet Protocol

### N

NCCR: Network Control Cell Reselection

### M

MAC: Medium Access Control  
MCS: Modulation Coding Scheme  
MS: Mobile Station  
MSC: Mobile Switching Centre  
MM: Mobility Management  
MMS: Multimedia Message Service

### P

PACCH: Packet Associated Control CHannel  
PAGCH: Packet Access Grant CHannel  
PCCCH: Packet Common Control CHannel  
PCU: Packet Control Unit  
PBGT: Power Budget  
PDCH: Packet Dedicated Control CHannel  
PDN: Packet Data Network  
PDP: Packet Data Protocol  
PDTCH: Packet Data Traffic CHannel  
PDU: Protocol Data Unit  
PLMN: Public Land Mobil Network  
PNCH: Packet Notification CHannel  
PPCH: Packet Paging CHannel  
PRACH: Packet Random Access CHannel  
PSTN: Public Switched Telephone Network  
PTCCH: Packet Timing Control Channel

### R

RLC: Radio Link Control  
RR: Radio Resource management  
RLNCCR: Radio link Network Control Cell  
Reselection  
RSS: Radio Station Sub-system

### S

SACCH: Slow Associated Control CHannel  
SDCCH Stand Alone Dedicated Control CHannel  
SGSN: Serving GPRS Support Node

## **T**

TBF: Temporary Block Flow  
TCH: Traffic CHannel  
TDMA: Time Division Multiple Access  
TFI: Temporary Flow Identifier  
TRX: Transceiver  
TRE: Transceiver EDGE

## **U**

USF: Uplink Status Flag

## **V**

VLR: Visitor Location Register

## **8**

8PSK: Eight level Phase Shift Keying



# BIBLIOGRAPHIE

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Fabrice Valois ; Architecture Protocolaire des réseaux mobiles (BSS) (4TC-ARM) ; 2004
- [2] Assia TOUMI, Houda KHEDHER, Taib MASMOUDI, Tunisie Télécom ; IRES – mécanismes  
d'aide à l'analyse et l'optimisation du réseau GPRS ; 2006
- [3] CNAM ; Le GSM
- [4] Telecom & Management, SudParis ; Les communications mobiles - GSM, GPRS et UMTS
- [5] WWF - Media animations ; Moobx - Projet éducatif sur le GSM et la consommation durable
- [6] Overview of GSM, GPRS and UMTS (Cisco Mobile Exchange Solution Guide)
- [7] Structure et fonctionnement du réseau GSM ; Jean-Philippe MULLER ; 2000
- [8] Présentation structure de trames GSM ; LICM
- [9] *Présentation de la norme GSM*  
[http://perso.telecom-paristech.fr/~vallet/dom\\_com/Coste/intro.html](http://perso.telecom-paristech.fr/~vallet/dom_com/Coste/intro.html)
- [10] *Mémoire Online*  
<http://www.memoireonline.com/>
- [11] *Wikipedia*  
<http://fr.wikipedia.org/> (version française)  
<http://en.wikipedia.org/> (version anglaise)
- [12] Structure et fonctionnement du réseau GSM ; Jean-Philippe MULLER ; 2000
- [13] GSM – GPRS – UMTS ; Franck PERRAUD, Emmanuel WEISS, Baptiste MERCIER .
- [14] Le GPRS, du WAP à l'UMTS, Nadège Faggion, Dunod.
- [15] Multiple Access Protocols For Mobile Communications, Alex Brand, Hamid Aghvami, Wiley.
- [16] <http://www.innopart.com/gprs.pdf>
- [17] <http://ftp2chris.free.fr/GSM-GPRS/gsm-gprs.htm>
- [18] <http://www.etsi.org/>

