



**Diplôme de Licence**

**Electronique Télécommunication et Informatique  
(ETI)**

**RAPPORT DE FIN D'ETUDES**

**Intitulé:**

**Etude et déploiement des différentes technologies  
d'accès radio Phase d'acquisition et construction d'une  
station GSM**

**Réalisé Par :**

**MESBAH Fatima-Zahra**

**Encadré par :**

**M<sup>R</sup>** Nabil Fellah (Cegelec)

**P<sup>r</sup>** H.Abarkan (FST)

**P<sup>r</sup>** M.Jorio (FST)

**Soutenu le 20 Juin 2011 devant le jury :**

**Pr** H.Abarkan (FST FES)

**Pr** M.Jorio (FST FES)

**Pr** T.Lamcharfi (FST FES)

**Pr** H.Ghennioui (FST FES)

## Dédicaces

*A mon cher père qui a été toujours près de moi, pour m'écouter et me soutenir.*

*Puisse ce travail exprimer le respect et l'amour que je lui porte.*

*A ma chère mère qui n'a jamais épargné un effort pour m'aider et m'encourager.*

*A mon frère pour son soutien permanent .*

*Je lui souhaite tout le bonheur du monde .*

*A mes amis*

*Pour les moments qu'on a partagé.*

*A tous ceux qui me sont chers .*

*Veillez trouver en ce travail la consolation et le témoin de la patience et d'amour.*

## Remerciements

Au terme de ce stage je tiens à remercier profondément mes encadrants Pr H. Abarkan et Pr M.Jorio pour l'aide précieuse , les conseils fructueux et l'intérêt avec lequel ils ont suivi la progression de mon travail .

Mes vifs remerciements sont adressés aux membres du jury , de même que l'ensemble des enseignants et du corps professoral de la faculté pour la formation solide qu'ils nous assurent.

Je remercie chaleureusement Mr Rachid Sakim de m'avoir accueilli et donné l'opportunité de réaliser ce stage au sein de l'entreprise .

Mes sincères remerciements à Mr Nabil Fellah , mon responsable de stage pour m'avoir encadré et pour tout ce qu'il m'a appris et pour la formation qu'il m'a procuré au début du stage , ainsi que le chef de chantier Ahmed Akel et tout les techniciens pour le temps qui m'ont accordé et la patience dont ils ont fait preuve tout au long de ce stage .

Enfin , à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail , qu'ils trouvent ici l'expression de mes vifs remerciements .

*Fatima Zahra Mesbah*

## Table des matières :

I)-PRESENTATION DE L'ENTREPRISE : .....	7
1)-GROUPE CEGELEC : .....	7
2)- CEGELEC AU MAROC :.....	11
II)-PRESENTATION DE L'ACTIVITE TELECOM : .....	13
1)-CEGELEC, UNE PRESTATION GLOBALE :.....	13
2)-ORGANISATION DU DEPARTEMENT : .....	14
3)-REFERENCES :.....	14

<b>RTC</b> .....	<b>14</b>
I)-DEFINITION : .....	16
II)-LA BOUCLE LOCALE, STRUCTURE ARBORESCENTE : .....	17
1)-LA PARTIE "BRANCHEMENT" : .....	18
2)-LA PARTIE "DISTRIBUTION" : .....	18
3)-LA PARTIE "TRANSPORT" : .....	18
<b>GSM</b> .....	<b>16</b>
I)-CARACTERISTIQUES DE L'INTERFACE RADIO : .....	18
II)-SERVICES : .....	19
III)-PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU GSM: .....	19
IV)-LE CONCEPT CELLULAIRE : .....	20
V)-ARCHITECTURE DU RESEAU GSM : .....	21
1) LE SOUS-SYSTEME RADIO : .....	22
2) LE SOUS-SYSTEME RESEAU : .....	24
<b>GPRS</b> .....	<b>24</b>
I)-DEFINITION : .....	26
II)-PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU GPRS : .....	26
1)- SPECTRE DES FREQUENCES : .....	27
2)-DEBIT : .....	27
3)-CATEGORIES DE SERVICES : .....	27
III)-TROIS DOMAINES D'APPLICATION : .....	27
1)-UN DEBIT SUPERIEUR AU RESEAU FILAIRE STANDARD : .....	27
2)-L'ACCES IMMEDIAT ET FIABLE : .....	28
IV)- FONCTIONNEMENT ET AVANTAGES : .....	28
1)- MODE CONNECTE OU ACCES VIRTUEL : .....	28
<b>EDGE</b> .....	<b>28</b>
I)-DEFINITION : .....	30
II)-LES GAINS DE LA TECHNOLOGIE EDGE : .....	30
III)-CARACTERISTIQUES DU EDGE : .....	30
1)-DEBIT THEORIQUE: .....	30
2)-ZONE DE COUVERTURE: .....	30
3)-BANDE DE FREQUENCES:.....	30
4)-AVANTAGES : .....	31
IV)-DEBIT ET CODAGE : .....	31
V)-ACCES MULTIPLE : .....	32
<b>UMTS</b> .....	<b>32</b>
I)-DEFINITION : .....	33
II)-TECHNOLOGIE ET FREQUENCES : .....	33
III)-DEBIT : .....	33
VI)-APPLICATIONS ET SERVICES : .....	33
V)-UMTS : HAUT DEBIT MOBILE : .....	34
VI)-ARCHITECTURE DE L'UMTS : .....	34
1)-ARCHITECTURE PHYSIQUE : .....	34

--> POURQUOI LA COMPOSANTE SATELLITAIRE? .....	35
2)-DOMAINE DE L'INFRASTRUCTURE :.....	36
A)-LE DOMAINE RESEAU D'ACCES (UTRAN) .....	36
B)- LE DOMAINE DU RESEAU CCEUR (CN: CORE NETWORK): .....	36
V)-TABLEAU RECAPITULATIF : .....	36
<b>LTE</b> .....	
.....	36
I)-INTRODUCTION : .....	38
II)-DEFINITION : .....	38
III)-CARACTERISTIQUES DU LTE : .....	38
1)-OFDM : .....	38
2)-MIMO : .....	39
3)-100 Mb/s : POUR QUOI FAIRE ? .....	40
IV)-LANCEMENT DE LA 4G : .....	40
1)-LES USA, LES PREMIERS !.....	40
2)-EN SUISSE : .....	40
3)-EN ASIE : .....	40
4)-EN SUEDE : .....	40
5)-EN FRANCE : .....	41
V) MON TELEPHONE SERA-T-IL COMPATIBLE ? .....	41
I)-TELECOMMUNICATION: LE MAROC, L'UN DES MARCHES LES PLUS AVANCES EN AFRIQUE : .....	42
II)-LES OPERATEURS NATIONAUX : .....	42
1)- IAM (MAROC TELECOM) : .....	42
2)-MEDITEL : .....	43
3)-INWI/WANA : .....	44
3)-TABLEAU RECAPITULATIF : .....	46
I)-PARTIE ACQUISITION : .....	48
1)-PHASE I : RAPPORT DE RECHERCHE ET DE NEGOCIATION : .....	49
2)-PHASE II : AVANT PROJET SOMMAIRE : .....	49
3)-PHASE III : AVANT PROJET DETAILLE : .....	50
II)-PARTIE CONSTRUCTION : .....	50
1)-SPECIFICATION DES PYLONES : .....	50
2)-SYSTEME QUALITE : .....	53
3)-SECURITE ET PREVENTION : .....	53
III)-PARTIE ELECTRIFICATION : .....	54
Conclusion.....	
.....	55
.....	55
.....	56

## Introduction

La téléphonie mobile a fait l'objet de nombreuses études durant ces dernières années par suite de l'importance et la grande diversité de leurs applications comme moyen de télécommunication, en particulier le téléphone sans fil, a été largement répandu à la fin des années quatre vingt dix.

Elle est fondée sur la radiotéléphonie, c'est-à-dire la transmission de la voix à l'aide d'onde radioélectrique entre une base relais qui couvre une zone de plusieurs dizaines de kilomètres de rayon et le téléphone mobile de l'utilisateur.

Sa fonction d'usage initiale a reposé uniquement sur la communication vocale, et a permis l'envoi des messages courts « SMS ». Avec l'évolution de l'électronique, le texte a pu être argumenté d'images, puis de photographies, de sons, de vidéos .....

D'un autre côté des équipements embarqués associés à des services à distances ont permis : de lire et rédiger des e-mails, naviguer sur internet, jouer, regarder la télévision, écouter la radio .....

Ces dernières caractéristiques ont été attribuées à l'évolution et au développement importants des systèmes de téléphonie cellulaire qui a passé par des générations successives.

Cela nécessite aussi des équipements et des matériels pour assurer la couverture réseau : une base du système cellulaire de téléphonie mobile. Alors on aura toute une installation de relais-GSM : des pylônes, des potelets, des antennes ....

En effet, ce présent rapport comporte quatre parties :

→ **Dans la première partie** : j'ai commencé par une présentation générale sur l'entreprise ainsi que l'activité Telecom au sein de Cegelec .

→ **Dans la deuxième partie** : j'ai étudié les différentes technologies d'accès radio allant du RTC (1G) jusqu'au LTE (4G) .

→ **Dans la troisième partie** : j'ai abordé la télécommunication au Maroc de même que les opérateurs nationaux, leurs historiques et leurs activités .

→ **La quatrième partie de ce rapport** rend compte de la phase d'acquisition et l'installation d'une station GSM à Ksar El Kbir avec l'opérateur Méditel .

## Première partie :

## I)-Présentation de l'entreprise :

### 1)-Groupe Cegelec :

Filiale du groupe VINCI et leader sur le marché des services technologiques, Cegelec est un Groupe mondial intégré de services technologiques aux entreprises et aux collectivités. Le Groupe réalise 24,4% de son chiffre d'affaire dans l'industrie, 27,7% dans les infrastructures, 17% dans le tertiaire et 30% dans la maintenance.

Cegelec est présent sur tout le cycle du service au client, de la conception au sein de ses bureaux d'études jusqu'à l'installation des équipements et des infrastructures et leur maintenance, en s'appuyant sur ses propres équipes spécialisées.

Cegelec compte 26 000 collaborateurs et est présent dans plus de 30 pays en France, en Europe et dans le monde, au travers de 200 agences ou centres de travaux et plus de 1200 bureaux.

Cegelec est une société indépendante constituée à la suite du rachat, en juillet 2001, du secteur Contracting d'Alstom au travers d'un LMBO (Leverage Management Buy-Out). A la faveur d'un deuxième LMBO, LBO France est devenu le principal actionnaire (90%) de Cegelec en mars 2006 aux côtés du management et des collaborateurs de l'entreprise (10%).

→ Cegelec intervient dans 5 grands domaines

- ❑ Energie, Electricité (HT, MT, BT)
- ❑ Automatismes, Instrumentation et Contrôle
- ❑ Information & Communication
- ❑ Génie Climatique, Mécanique, Mécatronique
- ❑ Offre globale de service





**Amérique latine**

- Brésil
- Mexique

**Moyen-Orient**

- Emirats Arabes Unis
- Bahreïn
- Qatar

**Europe**

- Allemagne
- Autriche
- Belgique
- Espagne
- France et Dom Tom
- Italie
- Luxembourg
- Pays-Bas
- Pologne
- Portugal
- Rép. Tchèque
- Royaume-Uni
- Russie
- Slovaquie
- Suisse

**Afrique**

- Algérie
- Angola
- Gabon
- Congo
- Maroc

- Nigeria

**Asie**

- Indonésie
- Malaisie
- Singapour

# Direction Générale

## Organisation en 5 Business

26 000 Collaborateurs dans le monde



## 2)- Cegelec au Maroc :

### a)-Présentation Générale :

- ❑ Leader sur le marché de l'ingénierie électrique
- ❑ Prestataire fiable de solutions globales et de services multi techniques
- ❑ Partenaire historique de références solides

### Grâce aux structures de sa filiale Marocaine :

- ❑ Un effectif de 651 personnes dont 186 ingénieurs
- ❑ Un personnel de haut niveau Grâce à des programmes de formation adaptés aux métiers
- ❑ La certification ISO 9001 version 2008 de ses activités
- ❑ Réponse aux exigences de qualité des normes internationales
- ❑ Lancement du projet de certification OHSAS 18001
- ❑ Un chiffre d'affaires de plus d'1 Milliard de DH
- ❑ Une organisation optimale garantissant délais, qualité, compétences et efficacité

### Implantations régionales

#### Cegelec-Maroc :



Une implantation géographique dans différentes régions du Maroc pour un meilleur service de proximité

Figure 2: Implantations régionales de Cegelec-Maroc

b)-Fiche technique :

<b>Raison sociale</b>	Cegelec
<b>Date de création</b>	1 <sup>er</sup> octobre 1946
<b>Appartenance à un Groupe</b>	Oui
<b>Statut juridique</b>	SA
<b>Secteur d'activité</b>	Entreprise de Travaux Electriques
<b>Domaines d'activité</b>	Energie et électricité, automatismes, instrumentation et contrôle, Technologies d'information et de communication. Génie climatique, mécanique, maintenance et services
<b>Siège social – Adresse</b>	129, Bd Fouarat – 20 351 Casablanca
<b>Téléphone</b>	05 22 63 93 93
<b>Fax</b>	05 22 60 39 16

Tableau 1 : Fiche technique de Cegelec

c)-Données à caractère financier et social :

<b>Capital social</b>	<b>43 423 264</b>
-----------------------	-------------------

<b>Chiffre d'affaires (Exercice 2010)</b>	<b>1 036 806 KMAD</b>
<b>Total Effectif Employé</b>	<b>651</b>
<b>Cadres</b>	<b>188</b>
<b>Employés, Techniciens et agents de maîtrise (ETAM)</b>	<b>256</b>
<b>Ouvriers</b>	<b>207</b>

**Tableau 2 : Données financier et social**

## II)-Présentation de l'activité Télécom :

### 1)-Cegelec, une prestation globale :

- Réseaux fixes :
  - ⇒ Génie civil et câble
  - ⇒ Ingénierie et équipement tertiaire
  - ⇒ Pose et raccordement de la fibre optique



**Figure 3 : Armoire réseau électrique**

- Réseaux mobiles :
  - Recherche et négociation de site
  - Ingénierie, fabrication et montage pylônes
  - Ingénierie et intégration de shelters
  - Électrification des sites en réseau MT/BT
  - Fourniture et gestion des alimentations secourues

→ Génie climatique - Génie civil

→ Maintenance des sites



Figure 4 : Site GSM

## 2)-Organisation du département :

- Directeur de département
- Chef de service
- Chef de centre d'activité
- 5 ingénieurs chargés d'affaires
- 5 chefs de chantiers GC
- 5 chefs de chantiers Électrification
- Des équipes de construction : Monteurs / Électriciens Manœuvres
- Bureau d'études : Un ingénieur, 2 projeteurs et un dessinateur
- Un acheteur projets
- Contrôleur de gestion
- Équipe Comptabilité
- Équipe qualité /sécurité
- Audit interne deux fois par mois siège ( via le Service qualité sécurité CEGELEC) + 2 Visites sécurité par mois sur chantier (Chef de projet)

## 3)-Références :

**Projet 2004/2005 :**

**SIEMENS AG:** Réalisation de 21 sites GSM Réseau MEDITELECOM;

**ALCATEL:** Réalisation de 8 sites GSM Réseau MEDITELECOM

**MEDITELECOM** : Fourniture et installation de 25 pylônes GSM

**MEDITELECOM** : construction d'environ 100 sites GSM clé en main.

**AIC** : Fourniture de pylônes GSM .

**AMPER** : Fourniture et installation de pylônes GSM Réseau MEDITELECOM

**SISTEL S.A** : Fourniture de pylônes GSM

**NOKIA** : Construction de sites GSM clé en main

**CDG** : Mise en place d'un réseau Faisceau Hertzien clé en main entre leurs sites

**Projet Wana via Alcatel 2006 :**

Construction de 94 sites CDMA WANA pour le compte d'ALCATEL

PROJET DEPLOIEMENT RESEAU MEDITEL : construction de 30 sites GSM

**Projet 2007 :**

PROJET DEPLOIEMENT RESEAU ALCATEL : Construction de 35 sites CDMA WANA pour le compte d'ALCATEL.

Acquisition, construction et électrification de 46 sites dont 21 GF et 25 RT .

PROJET ELECTRIFICATION MT DES SITES ELOIGNES MEDITEL : Électrification MT de 25 sites GF

**Projet 2008 :**

PROJET DEPLOIEMENT RESEAU MEDITEL : Construction et électrification de 63 sites à fin juin (48 sites déploiement + 15 sites SU)

Configuration des 43 sites

### Projet 2009 :

Construction des sites GSM pour IAM

Une capacité de production de 30 pylônes par mois

- 25 sites GF / mois
- 20 sites RT / mois

### Projet 2010 :

110 sites pour le compte de Maroc Telecom

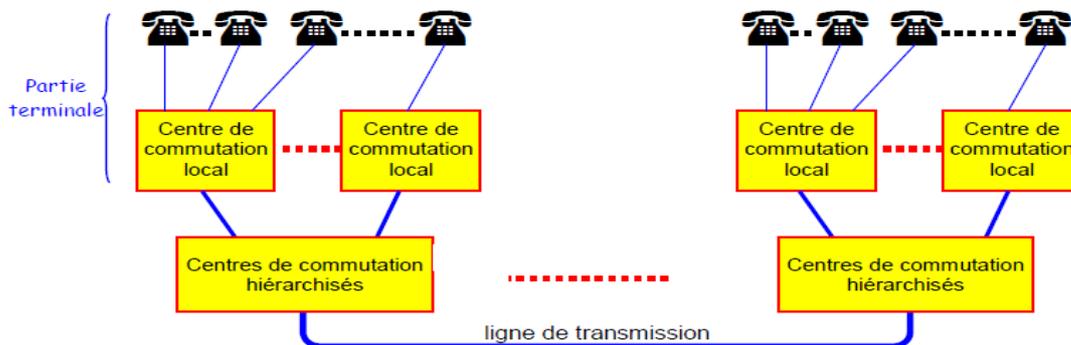
## Deuxième Partie :Etude de différentes technologies d'accès radio :

### A)-RTC:

#### **1)-Définition :**

Le Réseau Téléphonique Commuté (ou RTC) est le réseau du téléphone dans lequel un poste d'abonné est relié à un central téléphonique par une paire de fils alimentée en batterie centrale (la boucle locale).

Le RTC est composé de nœuds (commutateurs) s'échangeant des informations au moyen de protocoles de communications normalisés par les instances internationales.



**Figure 5 : Fonctionnement du RTC**

Les systèmes réalisant le RTC sont hétérogènes, ils proviennent de fabricants différents et utilisent des technologies différentes. Cette coexistence de technologies provient de la longue durée de vie de ces dispositifs, souvent supérieure à une vingtaine d'années.

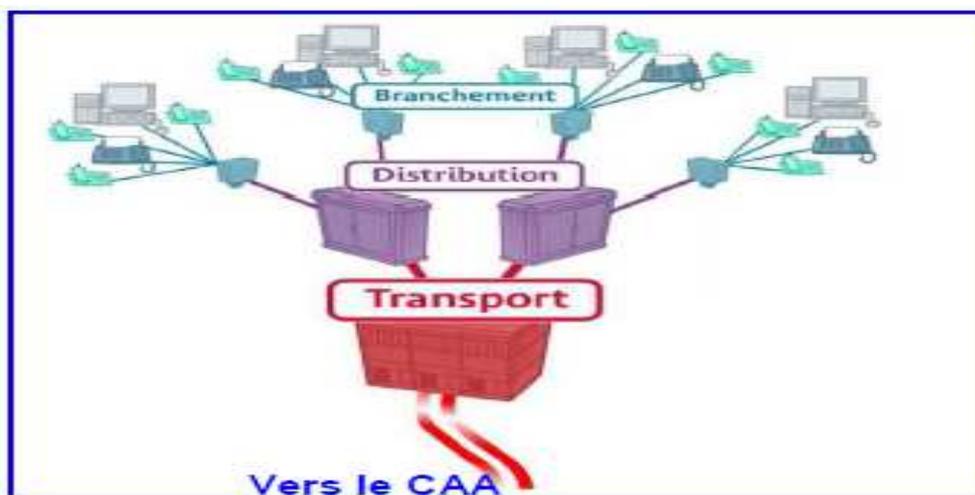
Chaque poste téléphonique est rattaché à une seule armoire de répartition connectée à un commutateur local (local switch) dont la distance peut aller de quelques centaines de mètres jusqu'à quelques kilomètres réduisant d'autant la bande passante des signaux transmis du fait de l'augmentation de l'atténuation.

La faible bande passante (300 Hz – 3400 Hz) du RTC et d'autre part son rapport signal/bruit (de l'ordre de 40 dB) limitent la qualité du signal analogique transmis (voix) et donc le débit du nombre de bits transmis (informatique).

## II)-La boucle locale, structure arborescente :

La boucle locale est la partie comprise entre le client et le centre local de rattachement du réseau. On distingue 3 zones essentielles :

- La partie "**Branchement**"
- La partie "**Distribution**"
- La partie "**Transport**"



**Figure 6 : La boucle locale**

### 1)-La partie "Branchement" :

C'est la partie reliant les clients aux points de raccordement. Ces liaisons sont réalisées avec des câbles en cuivre. Une ligne est composée d'une paire de fils transmettant la voix et les données sous forme de signaux électriques. La partie branchement développe le câblage en façade. Généralement, les logements particuliers et les petits immeubles accueillent une paire de fils de cuivre par ligne posée directement sur leur façade, tandis que la plupart des immeubles disposent d'une gaine technique chargée de recevoir les câbles de chaque résident et d'une armoire technique regroupant les connexions.

La connexion n'est pas toujours possible par câble. Par exemple, en zone montagneuse, on utilise la transmission radio. Des équipements émettent et reçoivent les communications par faisceau hertzien : c'est la boucle locale radio.

### 2)-La partie "Distribution" :

C'est la partie des câbles de moyenne capacité, qui relie les points de raccordement à un Sous-Répartiteur.

### 3)-La partie "Transport" :

La partie transport, est la partie qui connecte chaque Sous-Répartiteur à un Répartiteur via un câble de forte capacité. Chaque paire de cuivre correspondant à un client est reliée au répartiteur (jusqu'à une distance de quelques km). Le répartiteur reçoit l'ensemble des lignes d'utilisateur et les répartit sur les équipements d'utilisateur du central téléphonique grâce à une "jarretière", terme consacré du fait que la paire de fils est tendue entre deux points, l'un associé à l'adresse géographique, l'autre associé à un équipement téléphonique.

Le répartiteur est donc un dispositif passif de câblage centralisant les lignes de la zone de desserte du Centre à Autonomie d'Acheminement (CAA) et assurant la correspondance entre une ligne et un équipement téléphonique.

Les CAA sont capables de mettre eux-mêmes les clients en relation.

## B)-GSM :

Le réseau GSM est adéquat pour les communications téléphoniques de parole. En effet, il s'agit principalement d'un réseau commuté, à l'instar des lignes « fixes », et constitués de circuits, c'est-à-dire de ressources allouées pour la totalité de la durée de la conversation.

### I)-Caractéristiques de l'interface radio :

Le GSM utilise deux bandes de fréquences, l'une pour la voie montante (TX), l'autre pour la voie descendante (RX) plus un TS de signalisation, la puissance du signal est modulée selon la distance entre l'antenne et le GSM considéré, ce qui permet de déterminer dans la pratique la distance entre un utilisateur et l'antenne.

La bande 890-915 MHz est utilisée pour la voie montante, tandis que la bande 935-960 MHz est utilisée pour la voie descendante. Chacune de ces bandes comprend 124 porteuses (*canaux*) de 200 kHz chacune. La modulation utilisée sur ces porteuses est la GMSK, qui permet d'éviter les chevauchements des porteuses.

Chaque porteuse comporte huit *time slots* (TS). Ils durent environ 577  $\mu$ s. Les canaux physiques sont ces slots. Chaque porteuse a un débit brut de 271 kbit/s, tandis que les canaux physiques ont donc un débit brut de 33,8 kbit/s. Le débit utile est quant à lui de 24,7 kbit/s.

Le plan de fréquence GSM est assez complexe car il faut répartir les longueurs d'ondes utilisées entre les antennes de manière à éviter un effet de mise en résonance qui brouillerait les communications. Donc, la portée des antennes ainsi que la distribution des longueurs est un travail assez délicat afin que les cellules ne se brouillent pas entre elles (une cellule=la surface radiante d'une antenne).

## II)-Services :

Le réseau GSM permet plusieurs services :

- la voix ;
- les données (le WAP, le Fax ou bien comme un modem filaire classique) ;
- les messages écrits courts ou SMS ainsi que leur successeur, le MMS ou Multimedia Messaging Service ;
- le Cell Broadcast (diffusion dans les cellules), qui permet d'envoyer le même SMS à tous les abonnés à l'intérieur d'une zone géographique ;
- les services supplémentaires (renvois d'appels, présentation du numéro, etc.) ;
- les services à valeur ajoutée comme par exemple les services de localisation (Location Based Services), d'information à la demande (météo, horoscope), de banque (consultation de compte, recharges de compte prépayées).

## III)-Principe de fonctionnement du GSM:

L'émission des stations fixes s'effectuent sur la bande de fréquence de 935 à 960 MHz (en longueur d'onde: 0,321 m et 0,312 m) avec une puissance d'émission minimum de 40 W jusqu'à 400 W, et une antenne inclinée vers le bas à  $+11^\circ$ . La méthode actuelle des opérateurs consistent à utiliser des émetteurs le plus puissant possible en orientant les antennes directives vers le bas dans les rues et face aux autres immeubles. Le but est de faire en sorte que les ondes pénètrent jusqu'au coeur des immeubles, afin que les utilisateurs puissent utiliser leur portable de n'importe où. Les opérateurs se moquent donc de savoir si les habitants de ces immeubles subiront **une irradiation permanente qui sera nocive pour leur santé à la longue. On estime que la distance de sécurité devrait être de 80 mètres au minimum, mais elle n'est pas respectée** le plus souvent, surtout dans les villes.

Les GSM portables utilisent la bande de 890 à 915 MHz (soit: 0,337 m et 0,328 m) avec une puissance maximum de 2 W.

Pour augmenter le nombre de canaux de communication on utilise 2 techniques simultanément:

**AMRT:** le multiplexage temporel, Accès Multiple à Répartition dans le Temps. Une trame de 4,615 ms est divisée en 8 intervalles de temps égaux de 577  $\mu$ s, soit 156,25 bit/s. Chaque intervalle respectif de chaque trame constituera 1 canal. On peut ainsi faire passer 8 communications différentes.

**AMRF:** le multiplexage fréquentiel, Accès Multiple à Répartition de fréquence. Les bandes utilisées dans le sens fixe/mobile et mobile/fixe sont divisés en 124 sous-bandes, correspondant aux 124 fréquences centrales des 124 canaux de communications simultanées de 200 kHz de largeur chacun. Ce qui nous donne donc 1 fréquence centrale et 7 sous-porteuses différentes, dans un sens et dans l'autre, détail qui a son importance. Cela veut dire en effet que l'infrastructure GSM fonctionne en réalité en mode pulsé modulé, puisque pour chaque canal de communication nous utilisons en réalité un cycle de 8

fréquences dans un sens et dans l'autre. Or comme nous le verrons plus loin, les fréquences pulsées représentent un danger, et peuvent interférer avec le spectre cérébral.

<b>Canal de com n°</b>	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Fréquence n°</b>	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
<b>Intervalle (IT) n°</b>	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT8
<b>Durée de chaque IT</b>	577µs	577µs	577µs	577µs	577µs	577µs	577µs	577µs
<b>Durée totale</b>	1 trame = 4,615 ms = 577 µs x 8							
<b>1 SECONDE =</b>	environ: 217 TRAMES (1000 ms / 4,615 mS = 216,68)							

**Tableau 3 : Les 8 fréquences pulsées**

Le découpage est le suivant:

1 trame = 8 IT de 577 µs

multitrame 26 : 26 trames de 4,615 ms

multitrame 51 : 51 trames

supertrame 26 : 26 multitrames 51 = 1326 trames

supertrame 51 : 51 multitrames 26 = 1326 trames

hypertrame : 2048 supertrames = 2.715.648 trames = 03 h 28 mn 53 s 760 ms

216,68 trames x 8 IT de 577 µs = 1733,47 IT ou impulsions par seconde (d'une durée de 577 µs), ou changements de fréquence par seconde. Cela veut dire qu'en réalité **on change environ 1733 fois** de fréquence par seconde, et que nous avons **8 fréquences différentes, que l'on peut qualifier de pulsées**, émises chacune 216,68 fois dans la même seconde. Ce qui veut dire qu'un simple générateur UHF réglé sur 217 Hz ne permet pas de simuler une émission GSM. Il faut donc des générateurs ou carrément des bancs de mesure GSM qui permettent de simuler le changement de fréquence 1733 fois par seconde sur 8 fréquences, pour être dans la réalité. Chaque fréquence va occuper 1/8 de temps dans une seconde.

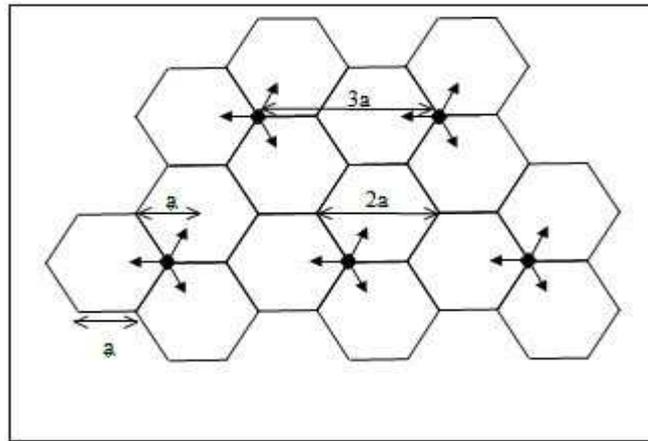
#### **IV)-Le concept cellulaire :**

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. Evidemment, 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.

L'hexagone est la forme régulière qui ressemble le plus au cercle et que l'on peut juxtaposer sans laisser de zones vides. Toutefois, la réalité du terrain est bien différente de ce modèle théorique, notamment en zone urbaine où de nombreux obstacles empêchent une propagation linéaire.

La grille hexagonale permet de respecter les conditions suivantes :

- Taille de cellules identique, donc couverture homogène et répartition à priori homogène du trafic sur chacune des cellules.
- Meilleure couverture et qualité de service (par exemple, un service Indoor Deep peut être obtenu au centre ville en resserrant les distances inter-site).
- Application d'un motif de réutilisation de fréquences régulier, ceci afin de garantir un meilleur C/I (rapport puissance utile du signal de la station de base sur puissance totale des interférences) en fonction des distances de réutilisation.
- Pour cette même contrainte des fréquences réutilisés les sites tri sectoriels sont préférés aux configurations omnidirectionnelles. Le schéma ci-dessous présente les données géométriques classiques relatives aux sites tri sectoriels.



*Exemple d'un réseau maillé*

**Figure 7 : Concept cellulaire**

On a :

$a$  : Rayon d'une cellule

$2a$  : Portée d'une cellule (portée utile)

$3a$  : Distance inter-site

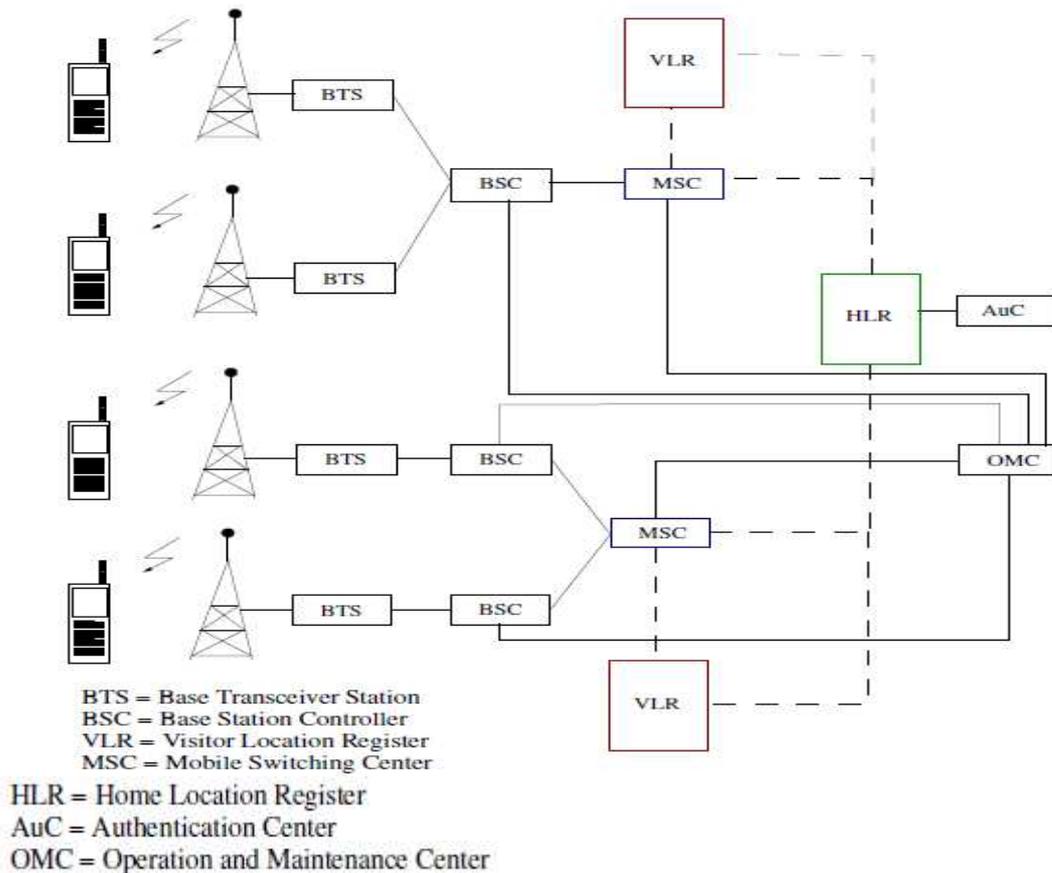
$\frac{3\sqrt{3}}{2} a^2$  : Surface d'une cellule

$\sqrt{3Na}$  : Distance de réutilisation (N représente la taille du motif de réutilisation, pour un motif 4/12 par exemple (motif de 4 sites et 12 groupes de fréquences), N vaut 12)

## V)-Architecture du réseau GSM :

L'architecture d'un réseau GSM peut être divisée en *trois* sous-systèmes :

1. Le sous-système radio contenant la station mobile, la station de base et son contrôleur.
2. Le sous-système réseau ou d'acheminement.
3. Le sous-système opérationnel ou d'exploitation et de maintenance.



**Figure 8 : Architecture du GSM**

### 1) Le sous-système radio :

Le sous-système radio gère la transmission radio. Il est constitué de plusieurs entités dont le *mobile*, la *station de base*

(BTS, *Base Transceiver Station*) et un *contrôleur de station de base* (BSC, *Base Station Controller*).

#### a) Le mobile

Le téléphone et la carte SIM (*Subscriber Identity Module*) sont les deux seuls éléments auxquels un utilisateur a directement accès. Ces deux éléments suffisent à réaliser l'ensemble des fonctionnalités nécessaires à la transmission et à la gestion des déplacements.

La principale fonction de la carte SIM est de contenir et de gérer une série d'informations. Elle se comporte donc comme une mini-base de données dont les principaux champs sont fournis dans le tableau ci-dessous :

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

**Tableau 4 : Les composantes de la carte SIM**

L'identification d'un utilisateur est réalisée par un numéro unique (IMSI, *International Mobile Subscriber Identity*) différent du numéro de téléphone connu de l'utilisateur (MSISDN, *Mobile Station ISDN Number*), tous deux étant incrustés dans la carte SIM.

#### **b) La station de base (BTS) :**

La station de base est l'élément central, que l'on pourrait définir comme un ensemble émetteur/récepteur pilotant une ou plusieurs cellules. Dans le réseau GSM, chaque cellule principale au centre de laquelle se situe une station base peut-être divisée, grâce à des antennes directionnelles, en plus petites cellules qui sont des portions de celle de départ et qui utilisent des fréquences porteuses différentes. Au Maroc, il est fréquent d'avoir des antennes tri-sectorielles, qui couvrent un peu plus de 120 degrés. Ces antennes ont l'allure de paires de segments verticaux, disposées en triangle.



**Figure 9 : Pylône**

C'est la station de base qui fait le relais entre le mobile et le sous-système réseau. Comme le multiplexage temporel est limité à 8 intervalles de temps, une station de base peut gérer tout au plus huit connections simultanées par cellule. Elle réalise les fonctions de la couche physique et de la couche liaison de données.

En cas de besoin, on peut exploiter une station de base localement ou par télécommande à travers son contrôleur de station de base.

### **c) Le contrôleur de station de base (BSC) :**

Le contrôleur de station de base gère une ou plusieurs stations de base et communique avec elles par le biais de l'interface A-bis. Ce contrôleur remplit différentes fonctions tant au niveau de la communication qu'au niveau de l'exploitation.

Pour les fonctions des communications des signaux en provenance des stations de base, le BSC agit comme un **concentrateur** puisqu'il transfère les communications provenant des différentes stations de base vers une sortie unique.

Dans l'autre sens, le contrôleur commute les données en les dirigeant vers la bonne station de base.

Dans le même temps, le BSC remplit le rôle de relais pour les différents signaux d'alarme destinés au centre d'exploitation et de maintenance. Il alimente aussi la base de données des stations de base. Enfin, une dernière fonctionnalité importante est la gestion des ressources radio pour la zone couverte par les différentes stations de base qui y sont connectées. En effet, le contrôleur gère les transferts intercellulaires des utilisateurs dans sa zone de couverture, c'est-à-dire quand une station mobile passe d'une cellule dans une autre. Il doit alors communiquer avec la station de base qui va prendre en charge l'abonné et lui communiquer les informations nécessaires tout en avertissant la base de données locale **VLR** (*Visitor Location Register*) de la nouvelle localisation de l'abonné.

C'est donc un maillon très important de la chaîne de communication et il est, de plus, le seul équipement de ce sous système à être directement gérable (via l'interface **X25** qui le relie au sous-système d'exploitation et de maintenance).

### **2) Le sous-système réseau :**

Le sous-système réseau, appelé *Network Switching Center* (**NSS**), joue un rôle essentiel dans un réseau mobile. Alors que le sous-réseau radio gère l'accès radio, les éléments du NSS prennent en charge toutes les fonctions de contrôle et d'analyse d'informations contenues dans des bases de données nécessaires à

l'établissement de connexions utilisant une ou plusieurs des fonctions suivantes : **chiffrement**, **authentification** ou **roaming**.

Le NSS est constitué de :

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

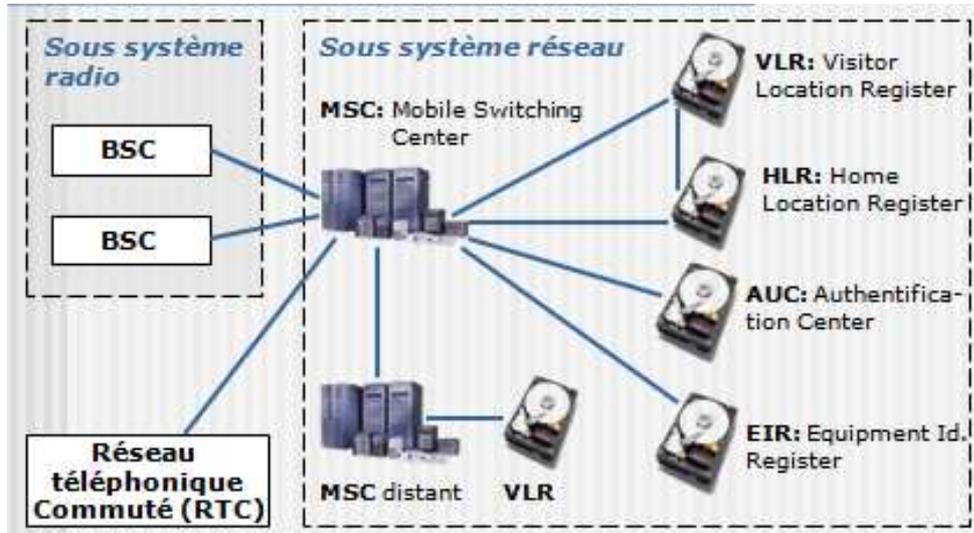


Figure 10 : fonctionnement du NSS

#### a) Le centre de commutation mobile (MSC) :

Le centre de commutation mobile est relié au sous-système radio via l'interface A. Son rôle principal est d'assurer la commutation entre les abonnés du réseau mobile et ceux du réseau commuté public (RTC) ou de son équivalent numérique, le réseau **RNIS (ISDN en anglais)**. D'un point de vue fonctionnel, il est semblable à un commutateur de réseau ISDN, mis à part quelques modifications nécessaires pour un réseau mobile.

De plus, il participe à la fourniture des différents services aux abonnés tels que la téléphonie, les services supplémentaires et les services de messagerie. Il permet encore de mettre à jour les différentes bases de données (HLR et VLR) qui donnent toutes les informations concernant les abonnés et leur localisation dans le réseau.

Les commutateurs MSC d'un opérateur sont reliés entre eux pour la commutation interne des informations. Des MSC servant de passerelle (*Gateway Mobile Switching Center, GMSC*) sont placées en périphérie du réseau d'un opérateur de manière à assurer une inter-opérabilité entre réseaux d'opérateurs.

#### Les registres de localisation des visiteurs (VLR) :

Le VLR est une base de données reliée à un MSC qui stocke temporairement les informations concernant chaque mobile dans la zone de travail du MSC, (identité de l'abonné, sa dernière zone de localisation, les services complémentaires souscrits par celui-ci, les éventuelles restrictions ou interdictions d'établissement de la communication).

#### Le registre de localisation principal (HLR) :

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

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

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

### EIR (Equipment Identity Register)

Il empêche l'accès au réseau aux terminaux non autorisés (terminaux volés).

A chaque terminal correspond un numéro d'identification: le IMEI (International Mobile Equipment Identity). A chaque appel, le MSC contacte le EIR et vérifie la validité du IMEI .

### AUC (Authentication Center)

Il contrôle l'identité des abonnés et assure les fonctions de cryptage. Authentification de l'abonné: Subscriber Identity Module (carte SIM) contient plusieurs clés secrètes  
Cryptage des données au niveau du terminal.

## C)-GPRS :

### I)-Définition :

Le General Packet Radio Service ou **GPRS** est une norme pour la téléphonie mobile dérivée du GSM permettant un débit de données plus élevé. On le qualifie souvent de 2,5G. C'est une technologie à mi-chemin entre le GSM (2<sup>e</sup> génération) et l'UMTS (3<sup>e</sup> génération).

Le **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.

### II)-Principales caractéristiques du GPRS :

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

### 1)- Spectre des fréquences :

Le 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.

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

### 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 des 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.

### 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.

## III)-Trois domaines d'application :

### 1)-Un débit supérieur au réseau filaire standard :

Aujourd'hui, le débit d'un réseau GSM standard en mode "connecté" ne dépasse pas 9,6 kbit/s, voire 14,4 kbit/s par implantation de logiciels spécifiques. Il est cinq fois moins rapide que celui du réseau filaire standard, qui autorise 56 kbit/s avec un modem V90.

Avec le GPRS, on dispose d'un débit compris entre 40 et 115 kbit/s. Tout dépend du

nombre de canaux virtuels ou "time slots" utilisés, et du schéma de codage (CS1 à CS4). Ce dernier agit sur la compression des données comme un multiplicateur de débit. En mode multi slots 3+1 (trois slots pour la transmission dans le sens réseau vers portable, et un slot pour le sens portable vers réseau), on atteint un débit de 40 kbit/s avec un schéma de codage CS2. En multi slots (8+1) avec le mode de codage CS4, on atteint en pratique 115 kbit/s (en théorie 175 kbit/s). Si, comme cela semble être la volonté actuelle des opérateurs, on réutilise l'infrastructure GSM existante, en conservant notamment le réseau des stations de base (BTS) actuelles, mises à niveau par logiciel, seules les versions CS1 et CS2 seront implantées. Pour les versions CS3 et CS4, des transformations importantes de l'infrastructure devront être réutilisées.

## 2)-L'accès immédiat et fiable :

Le GPRS offre un accès immédiat. Le mode de fonctionnement du GPRS et son mode de facturation au volume de données transmises, permet de laisser le canal de transmission ouvert en permanence. Ainsi, pour télécharger un e-mail par GPRS on économise, par rapport à une connexion par GSM ou RTC, lors de la première connexion, le temps d'initialisation du modem, soit 30 secondes environ. Sur les autres e-mails, l'avantage est encore plus flagrant, les téléchargements se font immédiatement, sans numérotation préalable alors qu'en GSM il faut recommencer la procédure de numérotation pour chaque consultation. Parmi les évolutions possibles du GPRS, figure la voix sur IP. On peut imaginer le transport de la voix après codage comme une donnée, ce qui ouvre des applications de téléphonie par Internet.

## IV)- Fonctionnement et avantages :

### 1)- Mode connecté ou accès virtuel :

Le premier avantage du GPRS est de permettre une meilleure utilisation des ressources radio et techniques. Alors que le GSM actuel fonctionne en mode "connecté", appelé également mode "circuit", le GPRS utilise pour sa part le mode de connexion virtuel. En mode "virtuel", les ressources sont partagées. Le canal de transmission n'est jamais affecté à un utilisateur unique, mais partagé entre un certain nombre d'utilisateurs. Chaque utilisateur en dispose lorsqu'il en a besoin et uniquement dans ce cas. Le reste du temps elles sont disponibles. Le mode "connecté" quant à lui correspond au fonctionnement d'une ligne GSM ou encore d'une ligne téléphonique standard. Il consiste à établir un lien physique entre deux points ou deux correspondants. Une fois le numéro d'appel composé, un circuit est affecté en permanence à la communication, sans aucun partage avec les autres clients. Ce mode de fonctionnement qui ne tient pas compte des périodes de silence, lorsqu'aucune donnée n'est transmise, n'optimise pas au mieux les ressources radio.

De plus ce mode de fonctionnement entraîne une facturation à la durée. Chaque communication est comptée (et facturée) du décroché, jusqu'au raccroché. Le mode d'allocation dynamique des ressources présente donc également l'avantage de permettre

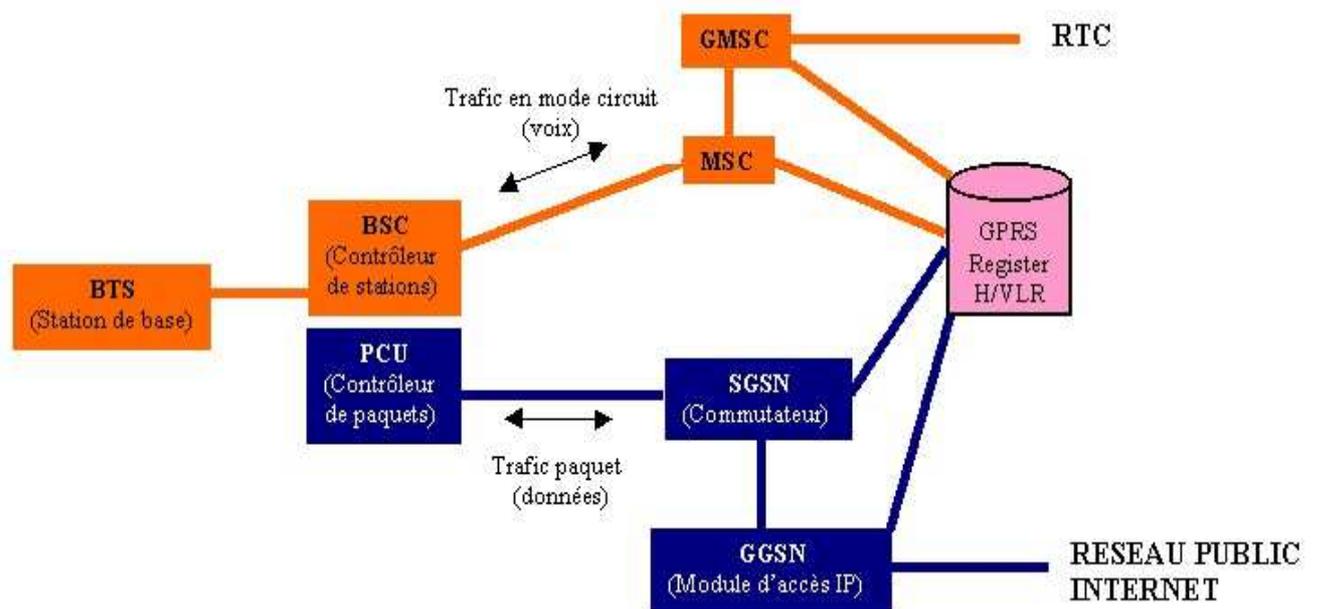
une facturation calculée à partir du volume des informations (paquets) échangées et non plus à partir de la durée de la communication. Lors d'une session de consultation sur Internet par exemple, seul le volume des données échangées sert pour l'élaboration de la facture et la durée de la communication n'intervient pas. Ceci revient à dire que l'utilisateur peut consulter les pages reçues sans coût supplémentaire. Précisons que ce mode de tarification, qui s'apparente à celui du réseau Transpac, n'est pas proposé sur le réseau public commuté.

## 2)-Le GPRS s'installe sur le réseau GSM existant :

L'implantation du GPRS peut être effectuée sur un réseau GSM existant. Les stations de base ne subissent aucune modification si ce n'est l'adjonction d'un logiciel spécifique, qui peut être installé par téléchargement.

Plus en amont, le contrôleur de stations de base doit être doublé par un contrôleur de paquets (PCU pour Paquets Controler Unit). Vient ensuite, la chaîne destinée aux données par paquets, constituée du commutateur (SGSN) ou Switch spécifique GPRS, équivalent du Mobile Switch Controler (MSC), contrôleur qui a pour fonction de vérifier l'enregistrement des abonnés, de les authentifier et d'autoriser les communications, et du module d'accès (GGSN) au monde IP (Internet ou Intranet).

Le GGSN et le SGSN sont expliqués dans la partie suivante.



**Figure 11 :Structure d'un réseau GPRS**

Ces modifications mineures de l'infrastructure soulèvent deux remarques :  
 → La première est que, comme nous l'avons déjà signalé, sans licence GSM (ce qui revient à dire sans réseau GSM), il n'est pas possible d'installer un réseau GPRS.

→La deuxième remarque concerne l'UMTS, le réseau de troisième génération qui suivra le GPRS. Il pourra réutiliser une partie du réseau GSM, notamment la partie qui permet l'accès au monde IP.

## D)-EDGE :

### I)-Définition :

EDGE (ou E-GPRS) est une évolution du standard de téléphonie mobile GPRS. L'architecture générale d'un réseau EDGE est identique à celle d'un réseau GPRS, seules quelques modifications sont à réaliser concernant le sous-système radio.

### II)-Les gains de la technologie EDGE :

Les taux de transfert plus élevés autorisent un plus grand confort d'utilisation de son terminal mobile. Les téléchargements et envois de données (sonneries, jeux, MMS, e-mails, messagerie instantanée), ainsi que l'accès aux contenus WAP et i-mode sont plus rapides. En outre, il est plus facile d'accéder à de nouveaux types de services multimédias comme la vidéo (clips ou télévision en direct) ou la musique en *streaming*... Les professionnels nomades, quant à eux, pourront exploiter la fonction modem d'un téléphone EDGE ou bien opter pour une PC Card, afin de connecter leur PC portable à l'internet (et à des débits corrects) en situation de mobilité, là où la 3G et le Wi-Fi ne sont pas présents.

### III)-Caractéristiques du EDGE :

#### 1)-Débit théorique:

Le débit maximum théorique de EDGE est de 473.6 Kbits/s. Cependant, ce débit varie selon le type de codage canal utilisé (protection des données contre les erreurs de transmission) et le nombre de time-slots radio utilisés (1 à 8). Le débit maximum théorique correspond un débit obtenu en utilisant 8 time-slots(trame TDMA) et un schéma de codage MSC-9 offrant la moins bonne protection. En pratique, le débit descendant atteint est de l'ordre de 120 Kbits/s. Des recherches sont en cours pour améliorer le débit: Lire l'article(net économie du 19 novembre 2003).

#### 2)-Zone de couverture:

Zones couvertes par le réseau GSM (avec les modifications nécessaires pour l'utilisation de EDGE).

#### 3)-Bande de Fréquences:

La norme EDGE aura l'avantage de pouvoir rapidement s'intégrer au réseau GSM existant. En émission, un mobile EDGE – à l'instar d'un GSM – émettra donc dans une bande qui s'étend de 890 à 915 MHz (Uplink). En réception, la bande sera 935 à 960 MHz (Downlink). Ainsi, pour une communication, il y aura 45 MHz de séparation entre le canal d'émission et le canal de réception (Duplex separation).

Ces bandes de fréquences sont divisées en portions de 200 kHz (RF carrier spacing) chacune ; ce sont les canaux de transmission. Il y en a donc au total 125 qui sont répartis

entre les opérateurs. Chaque canal peut accueillir jusqu'à 8 transmissions simultanées en temps partagé.

#### 4)-Avantages :

EDGE permet une augmentation importante du débit par rapport au GPRS (120 Kbits/s au lieu de 54 Kbits/s).

#### IV)-Débit et codage :

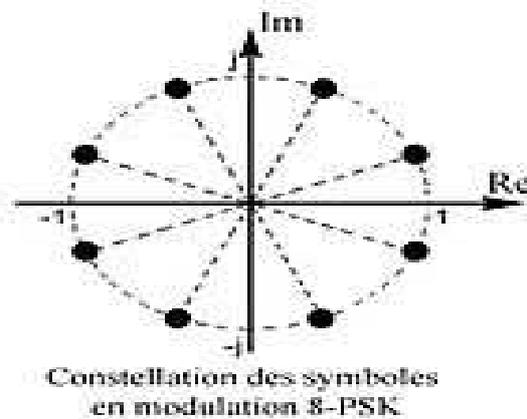
Le débit maximal a été fixé à 384 kbit/s par l'ITU (International Telecommunication Union) dans le but de respecter la norme IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000). Chaque bloc de transmission composé de quatre séquences est analysé et la probabilité d'erreur est estimée. En cas de problème, une adaptation automatique de la modulation et du schéma de codage (donc du débit) est effectuée.

EDGE est quatre fois plus efficace que le GPRS. GPRS utilise quatre méthodes de codage (CS-1 à 4) quand EDGE utilise neuf modulations et méthode de codage (MCS-1 à 9).

<b>Coding and modulation scheme (MCS)</b>	<b>Bit Rate (kbit/s/slot)</b>	<b><u>Modulation</u></b>
MCS-1	8.80	GMSK
MCS-2	11.2	GMSK
MCS-3	14.8	GMSK
MCS-4	17.6	GMSK
MCS-5	22.4	8-PSK
MCS-6	29.6	8-PSK
MCS-7	44.8	8-PSK
MCS-8	54.4	8-PSK
MCS-9	59.2	8-PSK

**Tableau 5 : méthode de codage (MCS-1 à 9)**

Les 4 premiers schémas de modulations utilisent la modulation GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) alors que les 5 derniers utilisent la modulation 8-PSK.



**Figure 12 :Modulation 8-PSK**

Dans 8-PSK (Phase-shift keying), 3 bits consécutifs sont représentés dans 1 symbole. Chaque symbole est situé à égale distance sur le cercle complexe.

Ainsi, le nombre de symboles transmis dans une certaine période est le même que pour le GPRS mais cette fois, chaque symbole transmis contient 3 bits donc le débit est accru.

Cependant, la contrepartie est que la distance entre symbole est moindre qu'avec le GPRS. Le risque d'interférence inter-symbole s'en trouve accru. Si les conditions de réception sont bonnes, cela ne pose pas de problèmes mais dans le cas contraire, il y aura des erreurs. Des bits supplémentaires seront utilisés pour ajouter plus de codes de corrections d'erreurs afin de recouvrer les données.

Notons par ailleurs que – à l'instar d'un réseau GPRS – le réseau EDGE a la possibilité d'utiliser plusieurs canaux simultanément, offrant ainsi une plus grande bande passante à l'utilisateur.

### V)-Accès multiple :

L'EDGE utilise aussi l'Accès Multiple à Répartition dans le Temps (AMRT) ; il s'agit d'un multiplexage temporel.

Tous les utilisateurs utilisent la bande passante mais un espace temporel est affecté à chacun. Ainsi, l'AMRT consiste à diviser le temps, en petits intervalles, et à attribuer un intervalle de temps donné à chaque canal. Notons qu'un intervalle de sécurité doit être intégré entre chaque canal.

## E)-UMTS (3G) :

### I)-Définition :

Abréviation de *Universal Mobile Telecommunications System*, l'UMTS désigne une nouvelle norme de téléphonie mobile. On parle plus généralement de téléphonie de troisième génération ou 3G. Les puristes préfèrent utiliser le terme W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) qui reprend le nom de la technologie déployée en Europe et par certains opérateurs asiatiques. Son principe : exploiter une bande de fréquences plus large pour faire transiter davantage de données et donc obtenir un débit plus important. En théorie, il peut atteindre deux mégabits par seconde, soit une vitesse de transmission équivalente à celle proposée pour l'internet "très haut débit" permis par l'ADSL ou le câble.

### II)-Technologie et fréquences :

L'UMTS repose sur la technique d'accès multiple W-CDMA, une technique dite à étalement de spectre, alors que l'accès multiple pour le GSM se fait par une combinaison de division temporelle TDMA et de division fréquentielle FDMA.

- Duplex temporel TDD : 1 885,00 à 1 920,00 MHz (bande de 35 MHz) et 2 010,00 à 2 025,00 MHz (bande de 15 MHz) ;
- Duplex fréquentiel FDD : 1 920,00 à 1 980,00 MHz (*uplink* de 60 MHz) et 2 110,00 à 2 170,00 MHz (*downlink* de 60 MHz) ;
- Bandes satellites : 1 980,00 à 2 010,00 MHz (*uplink* de 30 MHz) et 2 170,00 à 2 200,00 MHz (*downlink* de 30 MHz).

La bande passante d'un canal est de 5 MHz avec une largeur spectrale réelle de 4,685 MHz.

### III)-Débit :

L'UMTS permet théoriquement des débits de transfert de 6,9 Mbs, mais fin 2004 les débits offerts par les opérateurs dépassent rarement 384 kbs. Néanmoins, cette vitesse est nettement supérieure au débit de base GSM qui est de 9,6 kbs.

Le débit est différent suivant le lieu d'utilisation et la vitesse de déplacement de l'utilisateur :

- en zone rurale : 144 kbs pour une utilisation mobile (voiture, train, etc.) ;
- en zone urbaine : 384 kbs pour une utilisation piétonne ;
- dans un bâtiment : 2 000 kbs depuis un point fixe.

### VI)-Applications et services :

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

Initialement, on a pu croire que les nouveaux services concernent surtout l'aspect vidéo : Visiophonie, MMS Vidéo, Vidéo à la demande, Télévision. S'il est encore tôt pour dire s'ils vont éclore dans le futur, la 3G a en fait été principalement colonisée par une utilisation de type Internet, et ce principalement depuis l'explosion du marché des smartphones et des réseaux sociaux.

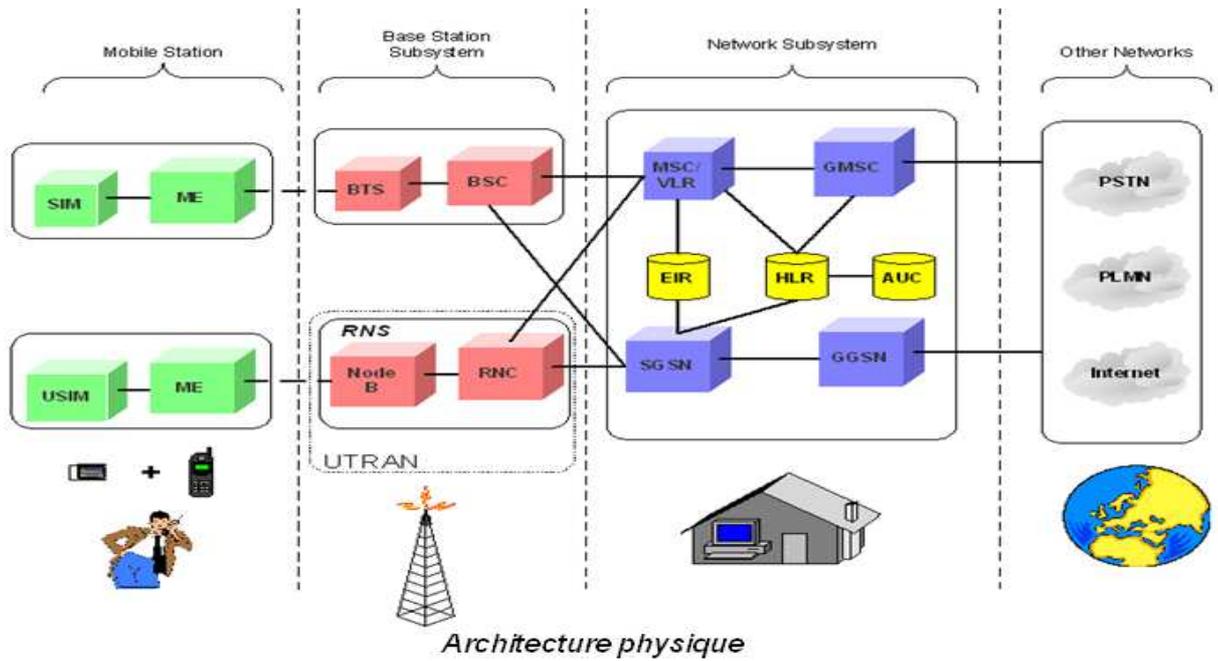
## V)-UMTS : Haut débit mobile :

La norme UMTS exploite le nouveau protocole de communication W-CDMA et de nouvelles bandes de fréquences situées entre 1900 et 2200 MHz. À la différence du GSM qui fait passer les données par une cellule (antenne) divisée en canaux de fréquences différentes, elles-mêmes réparties selon des créneaux de temps, le W-CDMA permet d'envoyer simultanément toutes les données, par paquets et dans le désordre (sur n'importe quelle fréquence), reste au téléphone à réceptionner les paquets de données et les rassembler.

L'UMTS présente des avantages qui s'appliquent autant aux communications vocales qu'aux transferts de données. Comme la technologie exploite une bande de fréquences plus large, elle permet de passer trois fois plus d'appels. En théorie, l'UMTS devrait donc remédier à la saturation des réseaux existants et proposer des services de meilleure qualité. Le débit cinq à dix fois plus rapide laisse apparaître le développement de nouvelles applications, notamment dans le domaine du multimédia (visiophonie, diffusion de contenu vidéo et audio, MMS vidéo ou audio, etc.). Le haut débit mobile facilite aussi l'accès aux données, web et e-mails, en situation de mobilité.

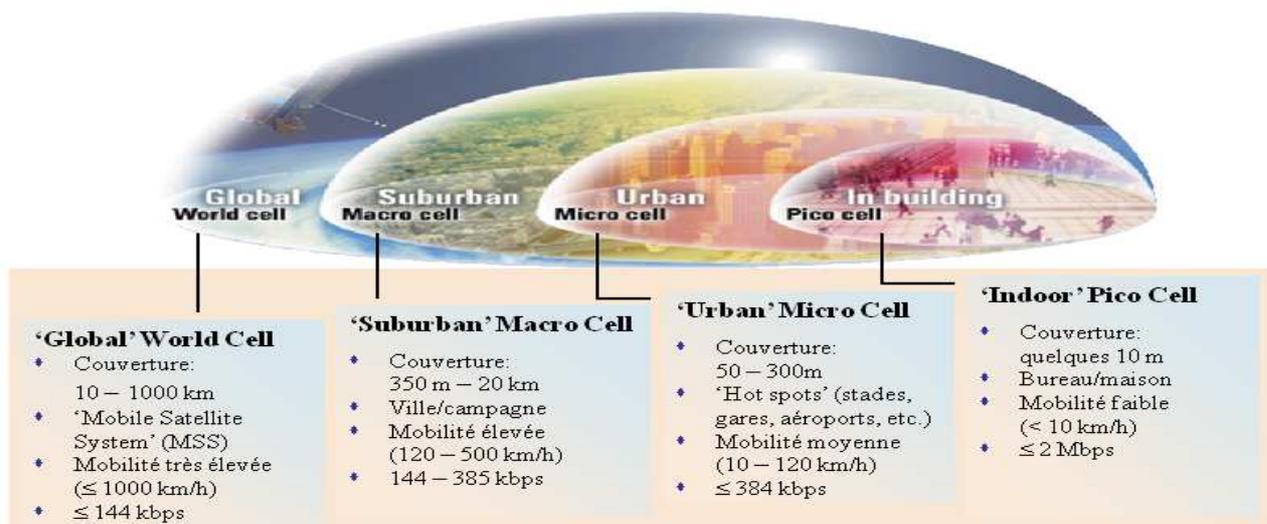
## VI)-Architecture de l'UMTS :

### 1)-Architecture physique :



**Figure 13 : Architecture physique de l'UMTS**

## Environnement 3G et terminaux multi-mode (UMTS Forum)



**Figure 14 : Environnement 3G**

--> **Pourquoi la composante satellitaire?**

Les segments de marché potentiels « verticaux » sont:

- **Mobiles embarqués**: voiture haute gamme avec ordinateur de bord (communication, navigation,...) et interface PC, souvent hors couverture,
- **Véhicules commerciaux**: légers et lourds souvent en roaming hors couverture,
- **Industrie primaire**: pétrole, gaz et minerais ... impliquant des sites reculés,
- **Maritime**: pêche, commerce, plaisance ayant besoin de service multimédia,
- **Aéronautique**: service multimédia aux passagers et à l'équipage,
- **Média**: journalistes souvent en déplacement,
- **Santé**: administration des premiers soins dans une ambulance (télémédecine),
- **Support large bande de secours**: lorsque le réseau fixe n'est pas disponible (pour multimédia)

## 2)-Domaine de l'infrastructure :

a)-Le domaine réseau d'accès (UTRAN) : propose les fonctions permettant d'acheminer les informations (trafic de données et trafic de signalisation) depuis l'utilisateur jusqu'au réseau cœur. Fournir à l'équipement usager les ressources radio et les mécanismes nécessaires pour accéder au cœur du réseau (CN)

b)- Le domaine du réseau cœur (CN: Core Network) : regroupe les fonctions permettant:

-La gestion des appels.

- L'itinérance (roaming): c'est le passage du réseau d'un opérateur à un autre: décrit la faculté de pouvoir appeler ou être appelé quelle que soit sa position géographique .

- La sécurité.

- La communication avec les réseaux externes (Internet, RTP, RTMP,...).

## V)-Tableau récapitulatif :

Standard	Génération	Bande fréquence
		

<p><u>GSM</u></p> <hr/>	<p>2G</p> <hr/>	<p>Permet transfert voix ou données numériq de fa volume.</p> <hr/>
<p><u>GPRS</u></p> <hr/>	<p>2.5G</p> <hr/>	<p>Permet transfert voix ou données numériq de vol modéré.</p> <hr/>
<p><u>EDGE</u></p> <hr/>	<p>2.75G</p> <hr/>	<p>Permet transfert simultan de voix de donn numériq</p> <hr/>
<p><u>UMTS</u></p> <hr/>	<p>3G</p> <hr/>	<p>Permet transfert simultan de voix de donn numériq à l débit.</p> <hr/>

Tableau 6 : Tableau récapitulatif

## F) LTE - 4G :

### I)-Introduction :

Actuellement, les différents opérateurs de téléphonie dans le monde se sont retrouvés face à un problème : la saturation de leurs réseaux GSM, à base de la technologie dite « 3G/3G+ ».

Pour faire face à cette explosion d'abonnements, qui n'est pas prête de s'arrêter, un nouveau réseau appelé LTE (Long Term Evolution) a été mis au point. Depuis 2009/2010, il permet à cette nouvelle génération de faire passer les débits aux alentours de 40 Mbit/s à partir de 2009-2010, 80 Mbit/s et peut être plus à plus long terme. La cible de débit maximum de la technologie Advanced LTE est de 1Gbit/s.

### II)-Définition :

Son nom la définit comme étant la quatrième génération de réseau mobile. Elle succède à la 3G (UMTS) et ses évolutions en 3G+ (HSDPA) et 3G++ (HSUPA). La 4G peut, elle, être découpée en deux normes : 3,9G (LTE) et 4G (LTE Advanced).

Comparée aux réseaux 3G actuels, la 4G offrira un débit largement supérieur pour la connexion Internet mobile afin de répondre aux développement important des services gourmand en données. Ce débit pourrait atteindre 1 gigabit/s en stationnaire et 100 Mbits/s en mouvement.

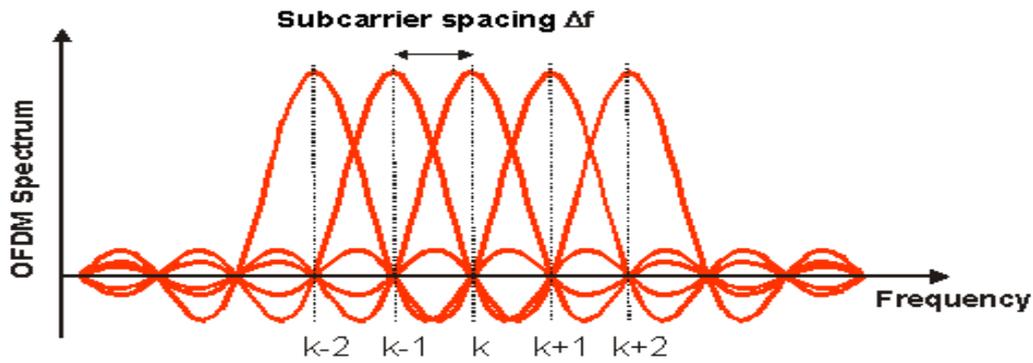
### III)-Caractéristiques du LTE :

Le LTE est un ensemble d'amélioration des technologies 3G préexistantes. Il offre un débit crête sur la voix montante de 50 Mbits/s, un débit minimum de 100 Mbits/s sur la voix descendante et un temps d'aller-retour de moins de 10 ms sur l'interface radio(RAN). Le LTE a une largeur de bande de 20 Mhz et supporte le duplexage temporel (TDD) et fréquentiel (FDD) ; la taille des cellules est de 5 km avec des performances optimales .

Toutes ces performances seront possibles grâce à l'utilisation d'antennes MIMO (Multiple Input Multiple Output) avec les techniques de transmission OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) :

#### 1)-OFDM :

L'OFDM est un procédé de codage numérique des signaux qui est utilisé entre autres pour les systèmes de transmissions mobiles à haut débit de données. L'OFDM est particulièrement bien adapté aux canaux de transmission radio sur longues distances sans transmissions d'onde multiples (échos), il permet alors de réduire sensiblement les interférences inter-symboles. Par contre il peut devenir inutilisable dans le cas où les échos sont forts, il faut alors utiliser COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) qui désignent le même principe (avec en plus un codage de l'information pour ce dernier).

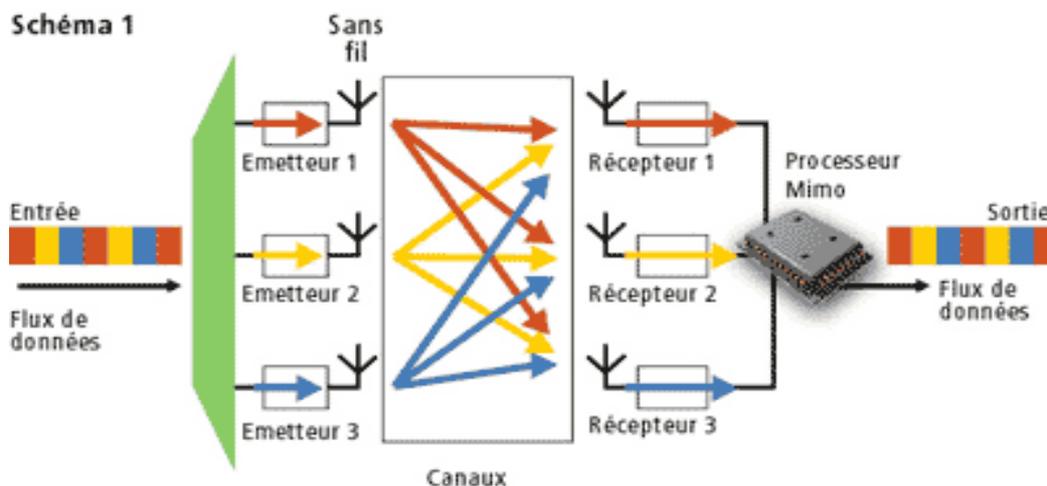


**Figure 15 : Signal de l'OFDM**

## 2)-MIMO :

Multiple-Input Multiple-Output ou MIMO (« entrées multiples, sorties multiples ») est une technique utilisée pour les réseaux sans fil et permettant des transferts de données à plus longue portée et à plus grande vitesse que la technique SISO (Single-Input Single-Output).

### Le principe de la technique MIMO



**Figure 16 : Fonctionnement de la technique MIMO**

Alors qu'une liaison Wi-Fi standard utilise une seule antenne au niveau de l'émetteur et du récepteur, MIMO utilise plusieurs antennes, tant au niveau de l'émetteur (par exemple un routeur) que du récepteur (par exemple un PC portable).



**Figure 17 :Antenne MIMO**

### 3)-100 Mb/s : pour quoi faire ?

L'essor du trafic data et des services riches sur mobile exigent de plus en plus de débits. 48% des utilisateurs de téléphones portables ont au moins un usage « pointu » en dehors des communications téléphoniques elles-mêmes (envoyer des MMS, télécharger des fonds d'écran, envoyer des mails,...). Et depuis mai 2007, le volume de données échangé sur les réseaux mobiles a dépassé celui de la voix.

## IV)-Lancement de la 4G :

### 1)-Les USA, les premiers !

Devançant de quelques mois les gros opérateurs, le petit acteur MetroPCS a été le premier à lancer un réseau **mobile** très haut débit LTE sur le sol des Etats-Unis, même s'il ne couvrait que quelques unes de ses grosses agglomérations. MetroPCS est aussi le premier opérateur mobile au monde à proposer un téléphone compatible LTE. L'opérateur nordique TeliaSonera, premier au monde à avoir lancé un réseau LTE, ne propose que des clés USB LTE ou des PC Cards. L'opérateur régional peut ainsi distribuer le Samsung Craft, plus communément connu sous le nom Samsung SCH-R900. Compatible WiFi, Bluetooth et doté d'un module A-GPS, il semble toutefois qu'il ne s'agisse finalement pas d'un smartphone mais plutôt d'un mobile avec OS Samsung propriétaire et interface TouchWiz.

### 2)-En Suisse :

Dès cette année 2011, la nouvelle génération de réseaux mobiles « 4G », va faire son apparition en Suisse. Le trafic de données mobiles double tous les 7 mois et les nouvelles évolutions serviront à d'autres usages que l'écoute de la radio en streaming.

### 3)-En Asie :

L'Asie figurera aussi en bonne place des pionniers des réseaux LTE ouverts en 2010, avec China Mobile (en Chine), NTT Docomo (au Japon), SK Telecom et KT (Corée du Sud).

### 4)-En Suède :

En Suède, deux services LTE distincts émanant des filiales suédoises de Tele2 et de Téliénor. Ces deux opérateurs se sont associés pour l'occasion dans une co-entreprise, baptisée Net4mobility, dont l'objet est le partage des fréquences 2,6 GHz et 900 MHz. La Finlande, qui a attribué 3 licences LTE en 2009, verra Teliasonera ouvrir son service fin 2010.

### 5)-En France :

En France, il faudra attendre encore avant de pouvoir profiter d'un réseau de téléphonie mobile 4G. Les licences ne seront attribuées que d'ici l'été 2011 et Orange devrait proposer.

### V) Mon téléphone sera-t-il compatible ?



**Figure 18 : Téléphone portable 4G ( Samsung Galaxy S II)**

Non, c'est bien là une chose qu'il faudra changer. Comme pour la 3G, la 4G utilisera une nouvelle puce compatible avec le réseau concerné. Dès lors, même un iPhone 4 ou le dernier Galaxy SII de Samsung seront obsolètes. Lors du lancement des premières offres 4G, il faudra simplement vérifier que le téléphone convoité est bien compatible 4G/LTE en bande 700 MHz, caractéristique inscrite sur la fiche technique.

## Troisième Partie : Télécom au Maroc :

### I)-Télécommunication: le Maroc, l'un des marchés les plus avancés en Afrique :

Le Maroc reste l'un des pays les plus avancés en Afrique en matière de télécommunication, avec un secteur majoritairement privatisé et une grande pénétration de la téléphonie mobile, indique l'entreprise "Research and Markets"(un leader mondial en matière de recherche et d'analyse des marchés internationaux et régionaux).

Le secteur des télécommunications marocain, qui reste majoritairement privatisé, est extrêmement rentable, précise la société dans son rapport 2007 sur le secteur des télécommunications en Afrique.

Le rapport, qui souligne que les tarifs de l'accès à Internet à haut débit sont parmi les plus bas en Afrique, ajoute que les deuxième et troisième opérateurs du téléphone fixe sont en passe de développer leur réseau WIMAX (Technologie sans fil de transmission à haut débit à large portée), ce qui permettra la convergence des services de Voix sur IP (VOIP) de nouvelle génération.

Le Maroc a été le premier pays africain ayant lancé un service commercial IPTV (Internet Protocol Télévision), ajoute le rapport, rappelant que les services de mobile troisième génération (3G) ont été introduits au Maroc en 2007.

Le marché marocain devra connaître une croissance spectaculaire qui permettra au Royaume de rivaliser avec certains marchés européens dans les cinq à dix années qui viennent.

### **II)-Les opérateurs nationaux :**

#### **1)- IAM (Maroc Telecom) :**



#### **a)-Présentation :**

**Maroc Télécom**, ou **IAM**, est la 1<sup>re</sup> société de télécommunications au Maroc. Privatisée par le royaume du Maroc à partir de 2001, elle devient une filiale du groupe français Vivendi.

#### **b)-Historique :**

- En 1999, L'ONPT, Office national des postes et télécommunications, est divisé en 2 entités séparés : La Poste Maroc et Maroc Télécom, cette dernière devient une société anonyme indépendante appartenant à 100% à l'État marocain.

- En décembre 1999, acquisition de 80% du capital de Casanet, l'un des premiers fournisseurs d'accès à Internet au Maroc, qui a créé en 1995 le site Menara.
- Le 20 février 2001, Vivendi a acquis 35% du capital de IAM, en obtenant l'appel d'offres international relatif à sa privatisation.
- Avril 2001 : Suite à l'appel d'offres international lancé par le gouvernement mauritanien, Maroc Télécom a acquis 54% du capital du groupe Mauritel, l'opérateur historique mauritanien, né en 1999.
- Le 17 octobre 2001, Casanet est devenue une filiale à 100% de Maroc Télécom.
- Décembre 2003, multiplication par 3 du chiffre d'affaires annuel de Casanet. Son activité est centrée sur des offres entreprises et la gestion de portails, dont le portail Menara.
- Novembre 2004 : Vivendi augmente sa participation à 51% du capital de IAM.
- Décembre 2004 : Maroc Télécom introduit une partie de son capital à la BVC de Casablanca et à la Bourse de Paris.
- Décembre 2007 : au terme d'un programme d'échange d'actions entre royaume du Maroc par l'intermédiaire de la Caisse de dépôt et de gestion du Maroc (CDG) et le Vivendi. ce dernier acquiert 2% supplémentaires, ce qui porte ainsi sa participation à 53% du capital contre 30% pour la CDG. les 17 % étant détenu par le public coté en bourse de Bourse de Paris et de Bourse de Casablanca (2<sup>e</sup> place boursière d'Afrique).

### c)-Activités :

Chiffres consolidés à fin septembre 2009 comprenant les marchés du Maroc, France, Belgique, Mauritanie, Burkina Faso, Gabon et Mali;

- Le parc mobile a atteint : plus de 23,031 millions de clients.
- Téléphonie fixe : plus de 1,534 million de clients.
- Internet : plus de 560 000 clients
- Internet Mobile 3G : plus de 435 000 clients

### d)-Filiales et Participations :

- Mauritel (52 %) - Mauritanie
- Onatel (51%) - Burkina Faso
- Gabon Télécom (51%) - Gabon
- Mobisud (MVNO) (66% et 16% détenu par SFR) - France, Belgique
- SOTELMA - Mali
- Medi 1 TV (télévision) (39%) - Maroc
- Casanet (FAI) (100%) - Maroc
- Menara Portail FAI (100%) - Maroc

### e)-Concurrence :

Avec plus de 22,615 milliards de Dhs de chiffres d'affaires en 2006, Maroc Télécom est le leader historique sur le marché des télécommunications au Maroc avec plus de 60% de part de marché dans la téléphonie mobile, et près de 90% de part de marché en ce qui concerne la téléphonie fixe et l'Internet.

### 2)-Méditel :



### a)-Histoire :

Meditelcom fut créée en 1999 suite à un partenariat entre des investisseurs marocains et les groupes Telefónica et Portugal Telecom qui en détenaient 32,18% chacun.

En septembre 2009, les groupes marocains Finance Com et CDG rachètent les parts de Telefónica et Portugal Telecom.

Le 21 septembre 2010, France Télécom confirme sa prise de participation dans Meditel pour un montant de 640 millions d'euros, soit 40 % du capital, dans le but d'être actionnaire à 49% d'ici 2015.

### b)-Indicateurs d'activité :

- Parc clients mobile GSM / UMTS (au 31 décembre 2010) : 10,789 millions (+12 9 %)
- Chiffre d'affaires (2008) : 5,2 milliards de MAD
- Résultat net (2009) : 5,338 millions de MAD
- Couverture réseau : 98 %
- Antennes-relais : 4 014 antennes BTS, Node B et Wimax

### c)-Actionnariat :

Le capital est composé de :

- Caisse de Dépôt et de Gestion : 30 %
- Finance Com : 30 %
- Orange : 40 %

### d)-Réseau de distributeurs :

Meditelcom possède un modèle de distribution externalisé s'appuyant sur un réseau des partenaires distributeurs

### 3)-INWI/WANA :



### a)-Présentation :

**Wana** (anciennement Maroc Connect) est depuis le premier janvier 2007 un opérateur de télécommunications global. Filiale du Groupe ONA, Wana est le troisième opérateur de téléphonie Mobile au Maroc. Elle commercialise ses produits sous la marque Inwi pour le mobile GSM et l'internet 3G et la marque Bayn pour le fixe a mobilité restreinte.

### b)-Histoire



- 1999 : Création de Maroc Connect en tant que deuxième Fournisseur d'accès à Internet au Maroc en partenariat avec Wanadoo.



- 2000 : Maroc Connect est le premier fournisseur en Afrique du Nord à lancer des solutions d'entreprise basés sur la technologie IP MPLS, il acquiert 80% du marché
- 2004 : Attijariwafa Bank et la Caisse de dépôt et de gestion (CDG) entrent dans le tour de table de Maroc Connect suite au désengagement de France Télécom.
- 2005 : Le Groupe ONA, premier groupe privé marocain, est devenu l'actionnaire de référence de Maroc Connect, par ailleurs un partenariat stratégique a été conclu avec l'Office national d'électricité dont le réseau de fibres optiques couvre la totalité du Maroc avec un accès direct sur l'Europe via l'Espagne
- 2006 : Maroc Connect décroche la troisième licence 3G au Maroc, en juillet 2006.
- 2007 : Maroc Connect devient Wana, troisième opérateur Fixe et Internet 3G au Maroc
- 2008 : Wana devient un opérateur avec plus de 1 000 000 de clients en mobilité restreinte CDMA
- 2009 : Wana décroche, sous sa marque Inwi, la troisième licence GSM au Maroc. L'opérateur koweïtien Zain contrôle 31% du capital d'Inwi.
- 2010 : Wana lance l'offre GSM Inwi et devient le troisième opérateur mobile au Maroc

### c)-Activités

- Téléphonie mobile (GSM), sous la marque Inwi (5 million de client en 2010)
- Téléphonie fixe (mobilité restreinte CDMA), sous la marque Bayn (2 million de client en 2010)
- Internet 3G (Technologie CDMA/1xEV-DO)
- Service de voIP (Bladibox)
- Offre *double play* pour les entreprises (WanaOne).

## 3)-Tableau récapitulatif :

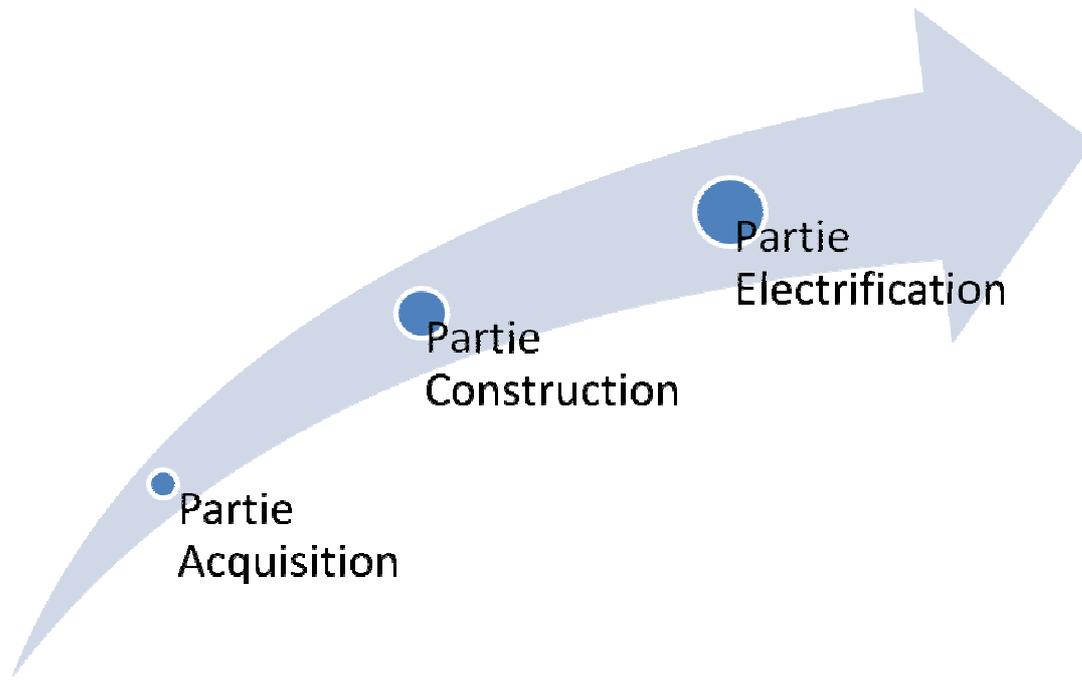
			
Fondateur(s)	ONPT	Telephonica et Portugal Telecom	Groupe ONA
Date de création	1999	1999	2007
Forme juridique	Société anonyme	Société anonyme	Société anonyme
Slogan(s)	« Un monde nouveau vous appelle »	« Connectés à l'avenir »	
Siège social	★ Rabat	★ Casablanca	★ Casablanca
Direction	★ <u>Abdeslam Ahizoune</u> (PDG)	★ <u>Mohamed Elmandjra</u> (PDG)	★ Mohammed El Amrani (P) <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Frédéric Debord (DG)
Action	MASI IAM	-	-
Actionnaires	Vivendi 53% <u>État marocain</u> (30%) <u>Flottant en bourse</u> (16,85%) Personnel (0,15%)	★ <u>Finance Com</u> ★ <u>CDG</u> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> <u>Orange</u> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> <u>France Telecom</u> (40%)	★ <u>Groupe ONA</u> ★ <u>SNI</u> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> <u>Zain</u> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> <u>Al Ajial Holding</u>
Activité(s)	Opérateur de	Opérateur de telecommunications	Opérateur de telecommunications

	telecommunications		
Filiale(s)	 <a href="#">Menara</a>  <a href="#">Casamet</a>  <a href="#">Médi 1 TV</a>  <a href="#">Mauritel</a>  <a href="#">Onatel</a>  <a href="#">Gabon Télécom</a>  <a href="#">Mobisud</a>  <a href="#">Sotelma</a>		
Produit(s)		Mobile / Fixe / Internet 3G	-
Effectif	11 212 (2006)	1 050 (2008)	-
Site Web	<a href="http://www.iam.ma">www.iam.ma</a>	<a href="http://www.meditel.ma">www.meditel.ma</a> <a href="http://www.portail.meditel.ma">www.portail.meditel.ma</a>	<a href="#">Site officiel de Inwi</a>
Chiffre d'affaires	▲31.8 milliard de <a href="#">MAD (2009)</a>	▲5,15 milliards de <a href="#">MAD (2008)</a>	▲1,616 milliard de <a href="#">MAD (2009)</a> 24%
Fonds propres	-	-	▲2,95 milliards de <a href="#">MAD (08)</a>
Résultat net	-	▲457 millions de <a href="#">MAD (2008)</a>	-

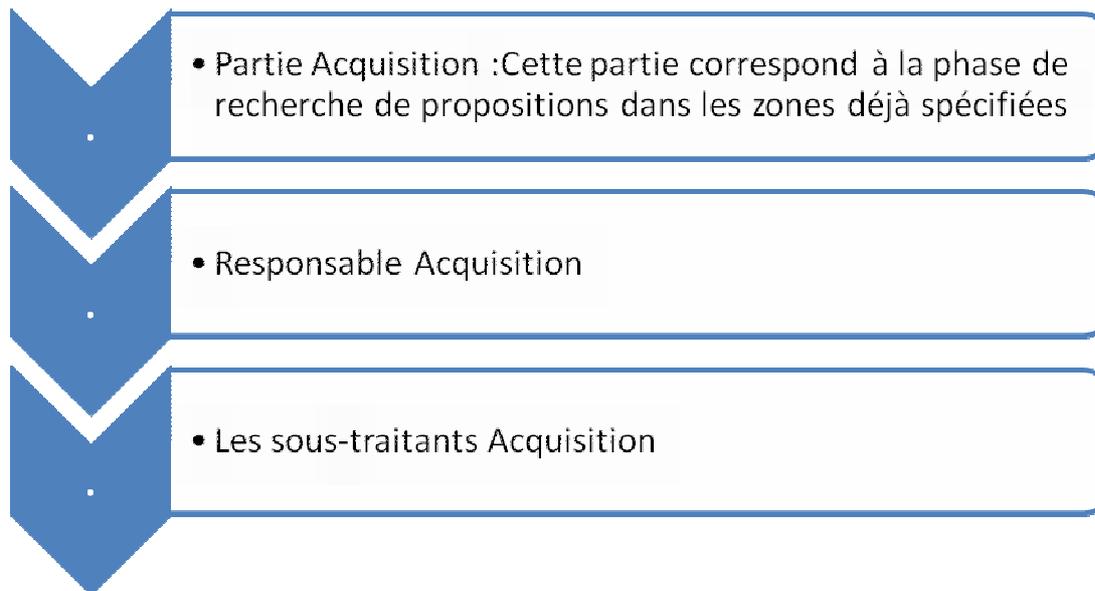
## Quatrième Partie : Phase d'acquisition et de construction d'une station GSM

CEGELEC- MAROC détient une place de marque aussi dans le domaine du télécom passif .

**Quelle est alors la démarche suivie ?**



**I)-Partie Acquisition :**



Pour cette partie , les travaux sont divisés en 3 phases distinctes :

### **1)-Phase I : Rapport de recherche et de négociation :**

Cette phase a pour objet de retenir un candidat final dans chaque position géographique :

- a)-Le contractant reçoit les coordonnées géographiques (SAF) du site fournies par Méditel , avec le nom et la référence du site .
- b)-Le contractant recherche trois candidats.
- c)-Le contractant propose trois candidatures avec trois rapports de recherche .
- d)-Le contractant et Méditel se déplacent sur le site et valident l'un des trois candidats (TR).
- e)-La présence d'un bureau d'étude est indispensable lors de cette visite .
- f)-Les parties présentes signent le P.V de validation et donnent nom et référence définitive au site .

**→ VOIR ANNEXE 1**

### **2)-Phase II : Avant projet sommaire :**

Le contractant insère dans l'APS les données techniques transmission et radio fournis par Méditel lors de la TR (Technical review).

Le contractant fournit dans le dossier APS les documents suivants :

- Contrat signé et légalisé par le propriétaire .

- Attestation de certificat de propriété.
- Copie de la CIN du propriétaire.
- Spécimens bancaires du propriétaire , syndicat, coopérative , etc.

Le contractant prépare un devis estimatif des ouvrages constructions et installations électriques.

## →VOIR ANNEXE 2

### 3)-Phase III : Avant projet détaillé :

L'APD constitue un dossier technique exécutable et réalisable , pour la construction et l'équipement du site.

L'adjudicataire doit fournir sur l'avant projet détaillé tous les plans ( planning détaillé des travaux de réalisation du site ,etc.) , documents ( données radio, propriétaire ,conditions ,etc.) et détails demandés par Méditel ainsi que le BOQ ( Bill Of Quality) valorisé des travaux à exécuter sur site.

## →VOIR ANNEXE 3

### II)-Partie Construction :

Les travaux effectués par les sous-traitants Construction doivent être réalisés conformément à l'APD déjà validé par Méditel.

#### 1)-Spécification des Pylônes :

##### a)-Les pylônes « Cegelec » :

Cegelec propose différentes hauteurs de pylônes. Les pylônes sont conçus pour être



### Figure 19 : pylône

#### **b)-Galvanisation à chaud :**

NF A.35.503 - A.91.121 - A.91122 Couche moyenne de

Zinc # 80 microns

#### **c)-Composition du pylône :**

- Un chemin horizontal capoté pour 17 guides d'ondes.
- Un chemin vertical jusqu'au sommet du pylône pour 12 guides d'ondes.
- Une échelle de montée avec crinoline de 0m au sommet du pylône .
- Des paliers de repos tous les 10m.
- Un paratonnerre de bonne qualité relié à la terre par une bande de cuivre de  $30*2\text{mm}^2$  et devant garantir une résistance inférieure à  $5 \Omega$ .
- Un système de balisage à cellule photo-électrique : 2 lampes de balisage installées au sommet du pylône pour les pylônes de hauteur 30m et plus , conforme aux normes du OACI.

#### **d)-Mise à la terre :**

Elle sera réalisée par une bande de cuivre de  $30*2\text{mm}^2$  , le long du pylône entre le paratonnerre et la terre. La prise de la terre devra être  $\leq 5 \Omega$  et doit être coller par des colliers INOX 30-50 à la cadence d'un collier par m sur toute la hauteur du pylône et ne doit pas être percé.

#### **e)-Paratonnerre :**

Doit être de bonne qualité professionnelle , ne contenant aucun produit radioactif ; avoir les dimensions permettant la couverture complète du site GSM.

#### **f)-Peinture du pylône :**

- 1ère couche : antirouille + couche au minimum de plomb ( Hempadur)
- 2ème couche : glycérophthalique à bandes alternes rouges et blanches

#### **g)-Génie-civil :**

- Résistances à des vents de vitesse de 180 Km/h

→ Résistance de sol de  $2\text{Kg}/\text{cm}^2$

→ L'étude du sol est à la charge du fournisseur

→ Le dosage du béton de la dalle de propriété  $\geq 300\text{Kg}/\text{m}^2$

→ Une forme de pente vers l'extérieur sera réalisée pour évacuer les eaux de pluie sur la dalle de propriété.

#### h)-Clôture grillagée :



Figure 20 : Shelter



Figure 21 :Pylône de 40m

→ La clôture entourera le périmètre du site

→ La clôture d'un site doit respecter les prescriptions définies dans le CPS

→ La clôture est de type grillage de hauteur 2,5m et porte grillagée de 3m à 2 vantaux avec fil barbelé (de 3 rangées) et constituée de :

- Une murette pour compteur électrique en agglos épaisseur de 0,20m de dimension minimale  $1,2*2\text{m}$  pour compteur et TGBT
- Les fondations et les masses de fixation en béton de la clôture et du portail devront permettre de résister à des vents de  $180\text{Km}/\text{h}$
- Le portail aura la même hauteur et sera constitué de 2 vantaux , avec ouverture vers l'extérieur et une largeur totale de 3m.
- Le portail sera à double vantaux grillagé maille  $50*50*3,2\text{mm}$  de dimension  $3*2\text{m}$  le cadre en tube carré , renforcé par des raidisseurs en diagonal et horizontal , adopté avec charnière réglable avec dispositifs anti-levage.

- Des charnières robustes pour supporter des actions violentes d'ouverture et fermeture.
- Terrassement , compactage et mise en place d'un dallage en béton ep.8 .
- La fermeture est assurée par cadenas à clés passe partout .

#### i)-Dallage en béton armé :

→Réalisation d'un dallage sur la totalité de la surface du site au sol :

- Décapage de la terre végétale.
- Mise en place d'une couche de sable de 10cm.
- Mise en place d'un film polyane 100 microns.
- Compactage du sol de fond.
- Fournitures et mise en place de 20cm d'hérissonage en pierres sèches.
- Mise à niveau à la cote définitive .

→Au dessus de l'hérissonage sera posé :

- Dalle en béton armé dosé 350Kg/m<sup>3</sup> de ciment CPJ45 , d'épaisseur de 20cm , et lissage de la dalle. Légèrement armé par un quadrillage en fer de diamètre 6 espacé de 20cm.
- Prévoir des joints de dilatation pour permettre les mouvements du béton et une pente pour l'évacuation des eaux pluviales.

## 2)-Système Qualité :

Il est très important aussi de noter que CEGELEC veille sur le respect de la qualité et de la sécurité . Ceci en établissant un service qui est à l'écoute aussi bien du client , des fournisseurs que de ses employés.

Le processus d'un projet Telecom se définit comme suit :

- Faire une offre qui répond aux exigences du client .
- Décrocher le marché.
- Réaliser les travaux suivant le contrat signé .
- Fidéliser le client .

## 3)-Sécurité et prévention :

### a)-Objet :

- Prévenir les risques liés à notre métier.
- Rechercher 0 accident.
- Veiller à l'intégrité physique des salariés.

### **b)-Prévention :**

La prévention de la sécurité vise à établir les documents internes et spécifiques aux chantiers afin de déterminer l'ensemble des dispositions à prendre pour principalement :

- L'accueil.
- La mise à disposition du matériel nécessaire.
- Besoin en formation .
- Sensibilisation des équipes.
- La veille réglementaire.
- L'élaboration des documents de prévention .

Le responsable chantier doit afficher sur le site :

- Adresses et téléphones des pompiers , la police, la gendarmerie, les hôpitaux et les cliniques les plus proches du chantier.
- Les affiches de sensibilisation sécurité.
- L'indicateur sécurité.

### **c)-Contrôle :**

Des visites sécurité sont réalisées afin de s'assurer que les dispositions établies soient respectées principalement au niveau :

- Documentaire.
- Moyen adoptés.
- Port des équipements de protection individuelle.
- Risques sur postes de travail maîtrisés.
- Salariés sensibilisés aux risques.

Un compte rendu permet de tracer les points forts et ceux à améliorer et de suivre l'implication des différents acteurs de l'entreprise.

## **III)-Partie Electrification :**

La partie électrification ne rentre pas dans l'activité de l'entreprise Cegelec , c'est les sous-traitants qui se chargent de cette opération .

## Conclusion :

Ce stage d'initiation de fin d'étude que j'ai effectué au sein de l'entreprise Cegelec , de huit semaines , m'a permis de mettre en évidence mes connaissances théoriques acquises durant ma formation d'une part , et d'autre part , il m'a permis de se confronter aux difficultés réelles du monde de travail et de management d'équipe .

Après ma rapide intégration dans l'équipe, j'ai eu l'occasion de réaliser plusieurs tâches qui ont constitué mon stage en télécommunication.

D'ailleurs ce secteur n'a cessé d'évoluer, permettant ainsi à l'utilisateur de bénéficier de nouvelles fonctionnalités, toujours plus innovantes.

L'étude des différentes technologies d'accès radio représente une évolution majeure de chaque génération par rapport à celle qui la précède, en commençant par la 1G ( RTC) jusqu'à la 4G.

Cette dernière génération a contribué davantage au développement de nombreux domaines , à savoir : la multiplication des modes de connectivité , la capacité de stockage , visionnage de vidéos et des chaînes télévisions et également dans le développement de l'internet mobile ....

Cette expérience m'a aussi offert l'occasion d'assister et de participer à l'un des plus grands projets du département Telecom : c'est la construction et l'installation d'une station GSM à la région Ksar El Kbir avec l'opérateur Méditel afin d'élargir la couverture réseau et assurer la bonne transmission de communication pour cette zone.

Ce stage constitue désormais pour moi une expérience professionnelle valorisante, enrichissante et complète qui conforte mon désir d'exercer mon futur métier dans ce domaine.

Enfin, je tiens à exprimer ma satisfaction d'avoir pu travailler dans de bonnes conditions matérielles et un environnement agréable avec l'équipe du département Telecom.

## Liste des figures et tableaux :

Tableau 1 : Fiche technique de Cegelec.....	9
Tableau 2 : Données financier et social.....	9
Tableau 3 : Les 8 fréquences pulsées.....	17
Tableau 4 : Les composantes de la carte SIM.....	20
Tableau 5 : méthode de codage (MCS-1 à 9).....	29
Tableau 6 : Tableau récapitulatif.....	35
Tableau 7 : les opérateurs nationaux.....	45
Figure 1 : Diagramme des domaines à Cegelec.....	5
Figure 2: Implantations régionales de Cegelec-Maroc.....	8
Figure 3 : Armoire réseau électrique.....	10
Figure 4 : Site GSM.....	10
Figure 5 : Fonctionnement du RTC.....	13
Figure 6 : La boucle locale.....	14
Figure 7 : Concept cellulaire.....	18
Figure 8 : Architecture du GSM.....	19
Figure 9 : Pylône .....	21
Figure 10 : fonctionnement du NSS.....	22
Figure 11 :Structure d'un réseau GPRS.....	27
Figure 12 :Modulation 8-PSK.....	30
Figure 13 : Architecture physique de l'UMTS.....	33
Figure 14 : Environnement 3G.....	34
Figure 15 : Signal de l'OFDM.....	36
Figure 16 : Fonctionnement de la technique MIMO.....	37
Figure 17 :Antenne MIMO.....	37
Figure 18 : Téléphone portable 4G ( Samsung Galaxy S II).....	39
Figure 19 : pylône.....	49
Figure 20 : Shelter.....	50
Figure 21 :Pylône de 40m .....	50

## Liste des acronymes :

### □ A :

AUC: authentication center  
AMRT: l'Accès Multiple à Répartition dans le Temps  
ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line  
A-GPS: Assisted Global Positioning System

### □ B :

BT: basse tension  
BTS:BASE TRANSCIEVER STATION  
BSC :BASE STATION CONTROLLER  
BOQ: bill of quality

### □ C :

CDMA: Code Division Multiple Access  
CAA : Centre à Autonomie d'Acheminement  
CN: core network (coeur du réseau)  
COFDM: Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing  
CDG: Caisse de dépôt et de gestion  
CPS: CAHIER DES PRESCRIPTIONS SPECIALES

### □ E :

EIR: Equipment Identity Register  
EDGE: Enhanced Data Rates for GSM Evolution

### □ F :

FDMA: Accès multiple par répartition en fréquence  
FDD: duplexage fréquentiel

### □ G :

GSM: Global System for Mobile Communications  
GMSK :Gaussian Minimum Shift Keying  
GMSC: Gateway Mobile Switching Center  
GPRS: General Packet Radio Service  
GGSN: Gateway GPRS Support Node

### □ H :

HT: haute tension  
HLR: home location register  
HSDPA: High Speed Downlink Packet Access  
HSUPA: High-Speed Uplink Packet Access

□ **I :**

IAM: itissalat al magherib

IMSI : International Mobile Subscriber Identity

IMEI: International Mobile Equipment Identity

IP: Internet Protocol

IPTV: Internet Protocol Télévision

□ **L :**

LTE: long term evolution

LMB: Leverage Management Buy-Out

□ **M :**

MT: moyenne tension

MMS :Multimedia Messaging Service

MSC: mobile switching center

MSISDN: Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network

MIMO: Multiple Input Multiple Output

□ **N :**

NSS :Network Switching Center

□ **O :**

OMC: operation and maintenance center

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

□ **P :**

PTP: point à point

PTM: point à multipoints

PCU: Paquets Controler Unit

PSK: Phase-shift keying

PSTN: Public Switched Telephone Network

PLMN: Public Land Mobile Network

□ **R :**

RTC: Réseau Téléphonique Commuté

RX : réception

RTCP: Real-time Transfert Control Protocole

RTMP: Real Time Messaging Protocol

□ **S :**

SMS: short message service

SIM : subscriber identity module

SGSN: Switch spécifique GPRS

SISO: Single-Input Single-Output

▣ **T :**

TX: émission ou transmission  
TS: time slots  
TDMA: Time Division Multiple Access  
TDD: duplexage temporel  
TR: technical review  
TGBT: Tableau Général Basse Tension

▣ **U :**

UHF: Ultra hautes fréquences  
UIT: Union Internationale des Télécommunications  
UMTS: Universal Mobile Telecommunications System  
UTRAN : UMTS terrestrial radio access network

▣ **V :**

VLR : Visitor location register  
VOIP: Voice over Internet Protocol

▣ **W :**

WAP :Wireless Application Protocol  
W-CDMA: Wideband Code Division Multiple Access  
WIMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access

## Webographie & bibliographie :

- ✓ Cours de GPRS de Romain David
- ✓ Cours de l'UMTS de Lasaad Elaabidi
- ✓ Cahier des charges pylônes 'Cegelec '
- ✓ Article de Ariel Gomez
- ✓ Cahier de charge technique Méditel
- ✓ La fourniture , le transport et l'installation des pylônes auto stables legers , lourds et esthétiques
- ✓ [www.wikipédia.org](http://www.wikipédia.org)
- ✓ [www.commentcamarche.net](http://www.commentcamarche.net)
- ✓ [www.lematin.ma](http://www.lematin.ma)
- ✓ [www.lopinion.ma](http://www.lopinion.ma)
- ✓ [www.reseaux-telecoms.net](http://www.reseaux-telecoms.net)
- ✓ [www.IAM.ma](http://www.IAM.ma)
- ✓ [www.Meditel.ma](http://www.Meditel.ma)
- ✓ [www.Wana.ma](http://www.Wana.ma)
- ✓ [www.wanadoo.ma](http://www.wanadoo.ma)
- ✓ [www.jeunefrique.com](http://www.jeunefrique.com)
- ✓ [www.businessmobile.fr](http://www.businessmobile.fr)
- ✓ <http://www.girodon.com/telech/telcos/telcworld.htm>

## Visite du chantier :



Traçage des fouilles selon les plans validés par Bureau d'étude



Lancement des travaux d'excavation (l'excavation prend en général 5 jours et selon la nature du terrain)



Fouilles en-cours ou (excavation en-cours) la profondeur est définie par les plans de fondation validés par BE



Pose ferrailage et réglage des embases pylônes par gabarit (la confection du ferrailage prend 2 jours de travail et se fait en parallèle avec les fouilles la pose et le réglage des embases prennent 1 demi journée)



Gabarit en place prêt pour coulage béton dosé à  $350\text{Kg}/\text{M}^3$  (le gabarit c'est la partie non galvanisé de la structure sur photo)



Coulage du béton (le coulage du béton se fait en 2 heures le durcissement prend 4 jours après ça suit le remblayage et le montage pylône)



Coulage du béton dosé à  $350\text{Kg}/\text{M}^3$  (utilisation des coffrages en bois)



Fin de coulage et décoffrage (enlèvement coffrages en bois)



Montage pylône achevé et peinture en-cours (le montage pylône prend 6 jours, la peinture 1 journée et demi)



Peinture pylône terminée (étape suivante : installation accessoires (balisage, mise à la terre..) puis nettoyage du site : 1 journée)