



REPUBLIQUE TUNISIENNE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

*Université Virtuelle de Tunis*

Projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Licence Appliquée en  
Sciences et Techniques de l'Information et de Communications (LASTIC)

**Développement d'un outil d'aide à la gestion des  
capacités des équipements BSS en MapBasic sous le  
SIG MapInfo**

Organisme d'accueil



Encadré par M. MISSAOUI Fahmi  
Réalisé par M. MESSAOUI Mohamed

*Année universitaire 2010/2011*

### **Dédicaces**

*A mes chers parents*

*pour leur soutien moral durant mes études,*

*à ma jeune famille, ma femme Wassila e mon fils Adam tpour leurs encouragements,*

*à mon frère et encadreur Fahmi pour son aide précieuse et ma sœur Jibéne.*

### **Remerciements**

A tous le Staff scientifique et administratif de l'UVT

# Sommaire

## Chapitre I : Technologies mobiles et evolutions

Sommaire .....	3
I- Introduction : .....	6
II- Principe de base d'un réseau mobile .....	6
III- Les technologies mobiles .....	7
1- Réseaux 1G .....	7
2- Réseaux 2G .....	7
3- Réseaux GSM .....	7
3.1- Standards GSM .....	7
3.2- Réseaux GPRS (2.5 G) .....	7
3.3- Réseaux EDGE (2.75 G) .....	8
4- Réseaux 3G .....	8
4.1- UMTS .....	8
4.2- Débit de transmission .....	9
4.3- Applications et services .....	9
4.4- Réseaux 3.9G .....	9
5- Réseaux 4G .....	10
IV- Architecture des réseaux GSM .....	11
1- Terminal mobile .....	11
2- La carte SIM .....	12
3- Le sous-système radio BSS (Base Station Sub-system) .....	13
4- La station de base BTS (Base Transceiver Station) .....	13
5- Le sous-système réseau NSS (Network Station Sub-system) .....	14
5.1- MSC .....	14
5.2 HLR (Home Location Register) .....	15
5.3- VLR (Visitor Location Register) .....	16
5.4- L'AuC (Authentication Center) .....	17
6- OSS : Sous-système Opérationnel (Operating Sub-System) .....	17
6.1 Les interfaces .....	18
a. L'interface Um .....	18
b. L'interface Abis .....	18

c. L'interface A.....	18
V Réseaux 3G.....	18
1. Présentation générale.....	18
2. L'architecture physique.....	18
3. L'architecture fonctionnelle.....	20
3.1- La strate d'accès.....	20
3.2- La strate de non-accès.....	20
4. UTRAN.....	21
4.1- L'architecture de l'UTRAN.....	21
4.2- Le sous-système du réseau radio (RNS).....	21
4.3- Le Node B.....	21
4.4- Contrôleur du réseau radio (RNC).....	22
4.5- La gestion de la mobilité.....	22
4.6- Les fonctions réalisées par l'UTRAN en résumé.....	22
IV. Présentation de l'organisme d'accueil.....	23
I. Introduction.....	25
1. Contraintes radio.....	25
1.1 Rapports signal à bruit C/N.....	25
1.2 Rapport signal à bruit C/I.....	27
2. Contraintes de trafic.....	28
3. Dimensionnement du réseau GSM.....	29
3.1 Définition des zones de service.....	29
3.2 Facteur de réutilisation des ressources.....	31
4. Planification du réseau.....	33
5. Prédiction de couverture radio.....	33
I Nécessité d'un outil de visualisation des emplacements des BTS et BSC.....	35
II Définition du Système d'Information Géographique.....	35
1. Les composants d'un SIG.....	36
2. Objectifs d'un SIG.....	37
3. Les limites du SIG.....	37
4. Liste de quelques logiciels SIG.....	37
4.1. Logiciels libres :.....	37
4.2. Logiciels commerciaux.....	38
5. Géo localisation et système de coordonnées.....	40

5.1 Les systèmes de coordonnées.....	40
5.2 Système géodésique.....	40
a. Système de référence terrestre (SRT) et coordonnées.....	40
b. Coordonnées associées à un SRT .....	40
c. Les coordonnées géographiques : longitude, latitude, hauteur ( $\lambda$ , $\phi$ , h).....	41
d. Les coordonnées planes : Easting, Northing (abscisse et ordonnée : E,N) .....	41
5.3 Système de référence verticale (SRV) et altitude.....	42
5.4 Système de référence de coordonnées (SRC) .....	42
5.5. Transformation de coordonnées.....	42
5.6. Système de coordonnées UMT(Universal Terrestrial Mercator) .....	43
Présentation de la solution .....	46
I- Introduction.....	46
II- Logiciels et matériel utilisés .....	46
III- Description des fonctionnalités.....	46
1- Le menu principal comprend les fonctionnalités suivantes : .....	46
2- Illustration en capture d'écrans .....	47
a- Menu Gestion des tables.....	47
a. Ouverture des tables .....	47
3- Menu analyse thématique .....	48
a- Création de point.....	48
a. Carte thématique .....	49
4- Statistiques .....	50
IV- Conclusion et évolutions .....	50

# Chapitre I

---

## Technologies mobile et évolution

---



### I- Introduction :

La téléphonie mobile est fondée sur la transmission de la voix à l'aide d'onde radioélectrique (fréquences dans la bande des 900 et 1 800 MHz) entre une base relais qui couvre une zone de plusieurs dizaines de kilomètres de rayon et le téléphone mobile de l'utilisateur.

Les premiers systèmes mobiles fonctionnaient en mode analogique. Les terminaux étaient de taille importante, seulement utilisables dans les automobiles vu la contrainte de volume et de masse qui ne permet pas leurs transport sur soit, et aussi puisqu'ils avaient besoin de source d'énergie considérable, c'est pour cela qu'ils étaient installés dans les véhicules où ils occupaient une partie du coffre et profitaient de l'alimentation électrique de celui-ci.

Par la suite, et grâce aux efforts de miniaturisation des composants électroniques, et aussi le progrès technologique qui permettait l'échantillonnage, la taille des terminaux s'est vue grandement réduite, jusqu'à tenir dans une poche.

Les avantages des systèmes numériques sont la baisse des prix des terminaux, l'augmentation des services, l'augmentation du nombre d'abonnés et enfin une meilleure qualité de réception de la voix.

### II- Principe de base d'un réseau mobile

Le principe de fonctionnement du réseau mobile est basé sur un système cellulaire, c'est-à-dire que les stations de bases sont réparties sur le territoire selon un schéma qui permet à une cellule d'utiliser plusieurs fréquences qui seront différentes de celles des cellules voisines, ces mêmes fréquences seront réutilisées par des cellules suffisamment éloignées de façon à éviter les interférences.

Les systèmes mobiles sont standardisés pour être compatibles entre les réseaux des différents pays et s'interconnecter avec les réseaux de téléphonie fixe. Il existe dans le monde deux grands standards de systèmes mobiles, le standard IS41 d'origine américaine (norme ANSI-41) et le standard GSM, défini dans l'Europe par l'ETSI qui est le plus répandu.[1]

### III- Les technologies mobiles

Les technologies de réseaux mobiles sont classées par « Génération », le passage d'une génération à une autre caractérise un changement dans la technologie de transmission radio mobile et/ou la technique d'accès ainsi que la fréquence.

#### 1- Réseaux 1G

La première génération connue sous l'abréviation 1G qui se basait sur une technologie analogique selon différents standards tels que l'AMPS (Advanced Mobile Phone System) apparue aux États-Unis en 1976

La version européenne de ce standard est le TACS (Total Access Communication System) qui utilisait la bande de fréquence 900 MHz, qui était utilisée largement en Angleterre et en Asie (Japon et Hong Kong)

ETACS est l'extension du TACS développée par le Royaume-Uni qui utilisait un nombre plus important de canaux de communications [2]

#### 2- Réseaux 2G

La seconde génération des réseaux mobiles a vu un changement de technologie par rapport à la précédente en passant de la transmission analogique à la transmission numérique.

Les principaux standards des réseaux 2G sont : le GSM, GPRS, et l'EDGE. Réseaux.

#### 3- Réseaux GSM

Le GSM (Global System for Mobile communications), est le standard le plus utilisé en Europe dans les années 1990 et supporté aux États-Unis. Ce standard utilise les bandes de fréquences 900 MHz et 1800 MHz en Europe. Aux États-Unis par contre, la bande de fréquence utilisée est la bande 1900 MHz (850 MHz).

##### 3.1- Standards GSM

Le standard GSM utilise deux techniques de communication entre le terminal sans fil et la station de base à savoir le CDMA et le TDMA

**CDMA** (Code Division Multiple Access), utilisant une technique d'étalement de spectre permettant de diffuser un signal radio sur une grande gamme de fréquences.

**TDMA** (Time Division Multiple Access), utilisant une technique de découpage temporel des canaux de communication, afin d'augmenter le volume de données transmises simultanément. La technologie TDMA est principalement utilisée sur le continent américain, en Nouvelle Zélande et en Asie Pacifique.

##### 3.2- Réseaux GPRS (2.5G)

Le GPRS est une extension du protocole GSM (On le qualifie souvent de **2.5G**): il ajoute par rapport à ce dernier la transmission par paquets. Cette méthode est plus adaptée à la transmission des données. En effet, les ressources ne sont allouées que

lorsque des données sont échangées, contrairement au mode « circuit » en GSM où un circuit est établi – et les ressources associées – pour toute la durée de la communication.

Contrairement à une communication vocale où un – et un seul – intervalle temporel (time slot) (TS) est alloué pour la transmission de la voix, dans une liaison GPRS, le nombre de TS peut varier, entre un minimum fixé à 2 et le maximum à 8 TS par canal, en fonction de la saturation ou de la disponibilité de la BTS. Le débit de chaque TS est déterminé par le mode de codage (coding scheme) (CS), qui caractérise la qualité de la transmission radio :

- CS1 = 9,05 kbit/s (équivalent du GSM « voix ») ;
- CS2 = 13,4 kbit/s ;
- CS3 = 15,6 kbit/s ;
- CS4 = 21,4 kbit/s (cas optimal du mobile à l'arrêt, au pied de l'antenne et seul dans le secteur couvert par l'antenne).

Le débit théorique maximal est de  $8 \text{ TS} \times \text{CS4} = 171,2 \text{ kbit/s}$ . Mais en pratique le débit maximal est d'environ 50 kbit/s.

Le débit usuel de  $2 \text{ TS} \times \text{CS2} \times 2/3 = 17,9 \text{ kbit/s}$ , soit environ 2 ko/s.

### 3.3- Réseaux EDGE (2.75 G)

L'EDGE (Enhanced Data Rates for GPRS Evolution) est une norme de téléphonie mobile, c'est une évolution du GPRS. Elle est considérée comme une technologie **pré-3G** (parfois connue comme **2.75 G**) et fait partie des solutions 3G de l'UIT. L'EDGE se révèle être un complément d'un réseau UMTS pour offrir des services à haut débit à d'avantage d'utilisateurs en zone rurale ou zone suburbaine non dense qu'à ceux en zone urbaine, et, d'autre part, elle peut être considérée comme une étape en vue du lancement d'un réseau 3G qui est une meilleure solution pour les utilisateurs en zone urbaine dense[3]

## 4- Réseaux 3G

La troisième génération des réseaux mobiles se base sur la technologie UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems) appelé aussi 3GSM pour signifier l'interopérabilité avec les réseaux GSM, mais connue comme étant simplement 3G.

Son lancement prévu pour le début du siècle s'est vu retardé à cause de son coût de déploiement ainsi que de l'explosion de la bulle Internet [4] qui a touché le secteur des télécommunications.

### 4.1- UMTS

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.



Lors de la CAMR de 1992 organisée par l'UIT à Torre Molinos (province de Málaga en Espagne), les bandes suivantes avaient été désignées pour le système IMT-2000 (Connu sous le nom UMTS) :

- 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.

#### **4.2- Débit de transmission**

L'UMTS permet théoriquement des débits de transfert de 1,920 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.

#### **4.3- 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 vont tirer l'UMTS vers l'avant, ce qui tarde à arriver, à l'inverse, accès mobile à Internet semble plus intéressant pour les utilisateurs, et ce principalement depuis l'explosion du marché des Smartphones et des réseaux sociaux et dernièrement des tablettes tactiles.[4]

#### **4.4- Réseaux 3.9G**

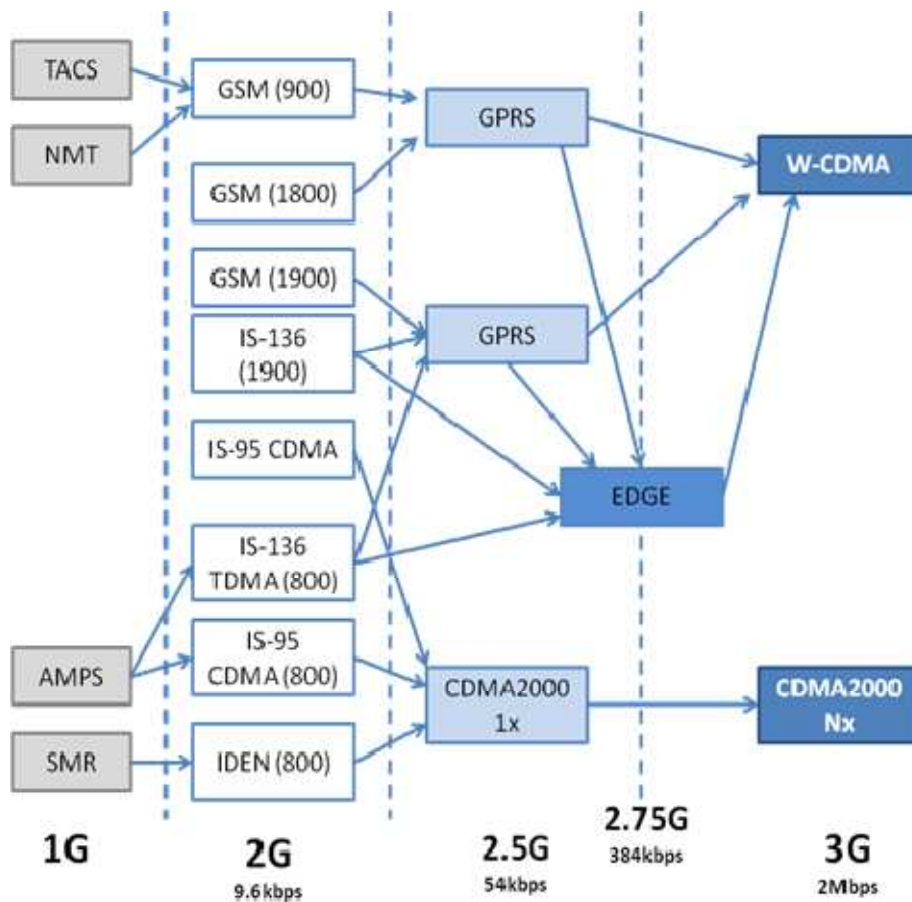
Les réseaux mobiles de troisième génération actuels s'appuient sur le standard UMTS, dont les performances ont évolué depuis 2002 pour atteindre dans un premier temps des débits moyens de l'ordre de 250 kbit/s. Avec la technologie HSDPA (High Speed Downlink Packet Access), évolution de l'UMTS, le débit crête théorique atteint 14 Mbit/s.

La LTE (3.9G) est une norme qui va préparer l'arrivée des réseaux 4G en augmentant le débit à 100 Mbps en downlink et 50 Mbps en Uplink et en supportant les techniques FDD et TDD. [5]

## 5- Réseaux 4G

LTE-Advanced est un réseau mobile de 4e génération, faisant partie des technologies réseau retenues pour entrer dans le pool IMT-Advanced ( avec le Gigabit WiMAX ) représentant la " vraie " 4G. LTE signifie « Long Term Evolution ».

Premier véritable réseau 4G, le LTE-Advanced devra être capable de fournir des débits de 1 Gbps à l'arrêt et de 100 Mbps en mouvement grâce à des technologies réseau intelligentes qui permettront de maintenir les débits en tout point de la cellule ( alors qu'ils s'effondrent en bordure de cellule actuellement) [5]



[9] Schéma récapitulatif de l'évolution réseaux mobiles jusqu'à la 3G

## IV- Architecture des réseaux GSM

Un réseau GSM est constitué de trois sous-systèmes :

- le sous-système Radio BSS Base Station Sub-system
- le sous-système Réseau NSS Network and Switching Sub-system
- le sous-système d'exploitation OSS Operation Support Sub-system

Ainsi, on peut ainsi représenter schématiquement un réseau radiomobile de la manière suivante :

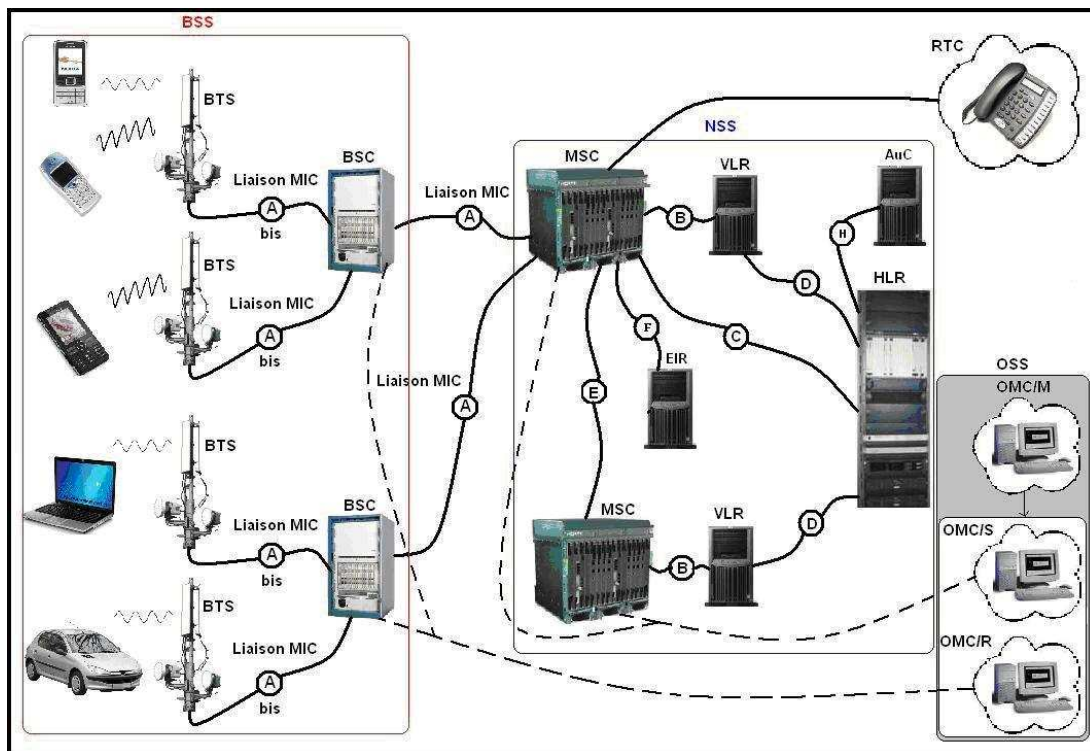


Schéma général de l'architecture d'un réseau GSM[11]

### 1- Terminal mobile

Le terminal mobile (MS) est composée du Mobile Equipment (le terminal GSM) et du Subscriber Identity Module (SIM), une petite carte douée de mémoire et de microprocesseur, qui sert à identifier l'abonné indépendamment du terminal employé; il est donc possible de continuer à recevoir et à émettre des appels et d'utiliser tous ces services simplement grâce à l'insertion de la carte SIM dans un terminal quelconque.

Le Mobile Equipment est identifié (exclusivement) à l'intérieur de n'importe quel réseau GSM par l'International Mobile Equipment Identity (IMEI).

L'IMEI est un numéro à 15 chiffres qui présente la structure suivante: IMEI = TAC / FAC / SNR / sp

Où:

- TAC = Type Approval Code, déterminé par le corps central du GSM (6 chiffres)
- FAC = Final Assembly Code, identifie le constructeur (2 chiffres)
- SNR = Serial Number (6 chiffres)
- SP = Chiffre supplémentaire de réserve (1 chiffre)

Les terminaux GSM sont divisés en cinq classes en fonction de leur puissance maximale de transmission sur le canal radio, qui varie entre un maximum de 20 Watt et un minimum de 0.8 Watt. Le tableau suivant résume les caractéristiques de ces cinq classes.

Classe	Puissance maximale	Type
1	20	Véhiculaire
2	8	Portable
3	5	Palmaire
4	2	Palmaire
5	0.8	Palmaire

La puissance de la MS détermine la capacité de cette dernière de s'éloigner des stations d'émission /réception (BTS) du réseau tout en continuant d'utiliser le service.

Une particularité de la MS consiste en la capacité de changer la puissance d'émission du signal sur le canal radio de façon dynamique sur 18 niveaux et ceci pour pouvoir conserver à tout instant la puissance de transmission optimale, en réduisant ainsi les interférences entre canaux, qui interviennent sur les cellules adjacentes, et les dépenses du terminal. Ces deux derniers aspects sont potentialisés par le Discontinuous Transmit(DTX)qui bloque la transmission lorsque l'utilisateur n'est pas en conversation grâce à la fonction Voice Activity Detection (VAD), qui vérifie la présence ou l'absence d'activité vocale. L'augmentation ou la diminution de la puissance du signal est transmise à la MS par la BSS qui fait de façon constante le monitoring de la qualité de la communication.

## 2- La carte SIM

La carte SIM contient l'International Mobile Subscriber Identity (IMSI), qui sert à identifier l'abonné dans n'importe lequel des systèmes GSM, et les procédures de cryptographie qui sauvegardent le secret de l'information de l'utilisateur ainsi que d'autres données telles que, par exemple, la mémoire alphanumérique du téléphone et la mémoire relative aux messages de texte (SMS) et enfin les mots de passe qui empêchent l'utilisation interdite de la carte et l'accès à d'autres fonctions supplémentaires.

L'IMSI présente la structure suivante: MCC / MNC / MSIN

Où:

- MCC = Mobile Country Code (2 ou 3 chiffres, pour la France 33)
- MNC = Mobile Network Code (2 chiffres, en France 06)
- MSIN = Mobile Station Identification Number (maximum 10 chiffres)

### 3- Le sous-système radio BSS (Base Station Sub-system)

Sa fonction principale est la gestion de l'attribution des ressources radio, indépendamment des abonnés, de leur identité ou de leur communication. On distingue dans le BSS :

### 4- La station de base BTS (Base Transceiver Station)

La Base Transceiver Station contient tous les émetteurs-récepteurs appelés TRX reliés à la cellule et dont la fonction est de transmettre et recevoir des informations sur le canal radio en proposant une interface physique entre la Mobile Station et le BSC. La BTS exerce une série de fonctions décrites ci-après :

- Mesures des interférences sur les canaux non alloués à des communications (idle channels).
- Mesures sur la liaison montante (uplink), servant à l'algorithme de décision du handover.
- Calcul du Timing Advance (avance de temps) pour la synchronisation temporelle, selon la distance qui sépare la BTS du mobile.
- Détection des demandes d'accès des mobiles reçus sur le canal de contrôle commun (RACH).
- Détection des messages de handover access (HO ACCESS).
- La capacité de gérer les canaux Full Rate et Half Rate.
- La gestion de la Diversité d'Antennes, autrement dit l'utilisation de deux antennes de réception afin d'améliorer la qualité de signal reçu; les deux antennes reçoivent le même signal, indépendamment l'une de l'autre et sont atteintes différemment par le fading: la probabilité qu'elles soient atteintes en même temps par un fading important est presque nulle.
- La supervision du Rapport des Ondes Statiques (ROS) en antenne.
- Le « Frequency Hopping » (FH): la variation de fréquence utilisée dans un canal radio à des intervalles réguliers, afin d'améliorer la qualité du service à travers la diversité dans la fréquence.
- « Discontinuous Transmission » (DTX) soit dans le « uplink » que dans le « downlink ».
- Le Contrôle Dynamique de la Puissance (DPC) de la MS et des BTS: le BSC détermine la puissance optimale avec laquelle la MS et le BTS effectuent la transmission sur le canal radio
- (grâce à l'exploitation des relevés effectués par le MS et le BTS), dans le but d'améliorer l'efficacité du spectre.
- La gestion des algorithmes de chiffrement: l'information de l'utilisateur est cryptographiée afin de garantir à l'abonné une certaine réserve sur le canal du trafic et sur celui de codage. Le processus de cryptographie des données doit être mis en œuvre par le BTS sur les informations transmises sur le canal radio; l'algorithme de cryptographie qui doit être utilisé est transmis au BTS par le BSC sur la base des indications reçues par le MSC et la clé cryptographique est unique pour chaque utilisateur. Le standard GSM Phase II supporte 8 algorithmes de chiffrement.

- La surveillance (monitoring) de la connexion radio se fait en relevant les signaux radiofréquences, ces relevés sont ensuite envoyés au BSC pour l'élaboration afin d'assurer un haut niveau de qualité à la communication radio.

Le contrôleur de station gère les ressources radio pour une ou plusieurs BTS, à travers la surveillance de la connexion entre la BTS et les MSC (il s'agit de centrales de commutation qui offrent la liaison au réseau fixe ou à d'autres réseaux), et, aussi, à travers les canaux radio, le codage, le frequency hopping et les handovers. Il permet plus précisément :

- La gestion et la configuration du canal radio : il doit choisir pour chaque appel la cellule la mieux adaptée et doit sélectionner à l'intérieur de celle-ci le canal radio le plus adapté à la mise en route de la communication.
- La gestion de handover intra BSC : il décide, sur la base des relevés reçus par la BTS, le moment pour effectuer le handover, autrement dit, le changement de cellule lors des déplacements de l'utilisateur pendant une conversation, à l'intérieur de la surface de couverture de sa compétence.
- Les fonctions de décodage des canaux radio Full Rate (16 kbps) ou Half Rate (8 kbps) pour des canaux à 64 kbps.

## 5- Le sous-système réseau NSS (Network Station Sub-system)

Il assure principalement les fonctions de commutation et de routage. C'est donc lui qui permet l'accès au réseau public RTCP ou RNIS. En plus des fonctions indispensables de commutation, on y retrouve les fonctions de gestion de la mobilité, de la sécurité et de la confidentialité qui sont implantées dans la norme GSM.

### 5.1- MSC

Le Mobile Switching Centre (MSC) est l'élément central du NSS. Il gère grâce aux informations reçues par le HLR et le VLR, la mise en route et la gestion du codage de tous les appels directs et en provenance de différents types de réseau tels que PSTN, ISDN, PLMN et PDN. Il développe aussi la fonctionnalité du gateway face aux autres composants du système et de la gestion des processus de handover, et il assure la commutation des appels en cours entre des BSC différents ou vers un autre MSC.

A l'intérieur de la surface de service on peut retrouver plusieurs MSC et chacun d'entre eux est responsable de la gestion du trafic d'un ou de plusieurs BSS et à partir du moment où les usagers se déplacent sur toute la surface de couverture, les MSC doivent être capables de gérer un nombre d'utilisateurs variables quant à la typologie et à la quantité et être capables d'assurer à chacun un niveau de service constant.

D'autres fonctions fondamentales du MSC sont décrites ci-après :

- L'authentification de l'auteur de l'appel: l'identification de la MS à l'origine de l'appel est nécessaire pour déterminer si l'utilisateur est en droit de bénéficier du service.

- La discrétion quant à l'identité de l'utilisateur, pour pouvoir garantir la réserve sur son identité sur le canal radio, même si toutes les informations sont cryptographiées, le système se garde toujours de transmettre l'IMSI attribué lors de la signature du contrat par l'utilisateur; par contre l'on attribue le Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI), au moment de l'appel car il ne présente qu'une utilité temporaire : le MSC a aussi pour mission de mettre en relation le TMSI

et le IMSI et lorsque le mobile se déplace sur l'aire de location contrôlée par un autre MSC, il doit lui attribuer un nouveau TMSI.

- Le processus de handover: Un utilisateur peut, sur le réseau GSM, continuer d'utiliser le service même quand, pendant une conversation, il franchit les limites de la cellule dans laquelle il se trouve. Il peut se présenter deux cas:

1. La MS se déplace dans une cellule contrôlée toujours par le même MSC; dans ce cas le processus de handover est géré par le même MSC.

2. La nouvelle cellule dans laquelle la MS évolue, est sous le contrôle d'un autre MSC; dans le cas présent le processus de handover est effectué par deux MSC sur la base des relevés du signal effectués par les BTS récepteurs de la MS.

## 5.2 HLR (Home Location Register)

Lorsqu'un utilisateur souscrit à un nouvel abonnement au réseau GSM, toutes les informations qui concernent son identification sont mémorisées sur le HLR. Il a pour mission de communiquer au VLR quelques données relatives aux abonnés, à partir du moment où ces derniers se déplacent d'une location area à une autre. A l'intérieur du HLR les abonnés sont identifiés comme suit : MSISDN = CC / NDC / SN

Où :

- CC = Country Code, indicatif international (le CC français est 33)
- NDC = National Destination Code, indicatif national de l'abonné sans le zéro
- SN = Subscriber Number, numéro qui identifie l'utilisateur mobile

L'Home Location Register (HLR) est une base de données qui peut être soit unique pour tout le réseau soit distribuée dans le système; il peut ainsi y avoir des MSC privés de HLR, mais connectés à celle d'autres MSC. Dans le cas où il existe plusieurs HLR, chacun d'eux se voit attribuer une aire de numérotation c'est à dire un ensemble de Mobile Station ISDN Number

(MSISDN). Le MSISDN identifie exclusivement un abonnement d'un téléphone mobile sur le plan de numérotation du réseau public international commuté.

Le HLR, comme toutes les autres bases des données que l'on va examiner par la suite, est inséré dans des stations de travail dont les services (mémoire, processeurs, capacité des disques) peuvent être mis à jour au fur et à mesure de l'augmentation du nombre d'abonnés. Il contient toutes les données relatives aux abonnés et ses informations détaillées :

Les informations de type permanent :

- L'International Mobile Subscriber Identity (IMSI), information qu'identifie exclusivement l'abonné à l'intérieur de tout réseau GSM et qui se trouve aussi bien dans la carte SIM.
- Le Mobile Station ISDN Number (MSISDN).
- Tous les services auxquels l'abonné a souscrit et auxquels il est capable d'accéder (voix, service de données, SMS, éventuels verrouillages des appels internationaux, et d'autres services complémentaires).

Les informations de type dynamique :

- La position courante de la station mobile MS, autrement dit l'adresse de VLR sur lequel elle a été enregistrée.
- Eventuellement la situation d'un certain nombre de services auxiliaires.

Si l'on veut résumer, les fonctions exercées par le HLR sont :

- La sécurité : dialogue avec l'AUC et le VLR.
- L'enregistrement de la position : dialogue avec le VLR et avec le MSC.
- La gestion des données relatives à l'abonné : dialogue avec l'OMC et le VLR.

### **5.3- VLR (Visitor Location Register)**

Le Visitor Location Register (VLR) est une base de données qui mémorise de façon temporaire les données concernant tous les abonnés qui appartiennent à la surface géographique qu'elle contrôle. Ces données sont réclamées à l'HLR auquel l'abonné appartient. Généralement pour simplifier les données réclamées et ainsi la structure du système, les constructeurs installent le VLR et le MSC côte à côte, de telle sorte que la surface géographique contrôlée par le MSC et celle contrôlée par le VLR correspondent.

Plus précisément il contient les informations suivantes :

- Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI), il est employé comme garant de la sécurité du
- IMSI, et il est attribué à chaque changement de LA.
- La condition de la MS (en veille, occupée, éteinte)
- L'état des services complémentaires comme Call Waiting, Call Divert, Call Barring, etc.



- Les types de services auxquels l'abonné à souscrit et auxquels il a droit d'accès (voix, service de données, SMS, d'autres services auxiliaires).
- La Location Area Identity (LAI) qui comprend la MS faisant partie du groupe contrôlé par le MSC/VLR.

#### **5.4- L'AuC (Authentication Center)**

Le Centre d'authentification est une fonction du système qui a pour but de vérifier si le service est demandé par un abonné autorisé, et ceci en fournissant soit les codes pour l'authentification que pour le chiffage.

Le mécanisme d'authentification vérifie la légitimité de la SIM sans transmettre, pour autant, sur le canal radio les informations personnelles de l'abonné, telles le IMSI et la clef de chiffage dans le but de vérifier si l'abonné qui essaye d'accéder au service est autorisé et n'est pas abusif; le chiffage par contre génère quelques codes secrets qui serviront pour cryptographier tous les échanges qui ont lieu sur le canal radio. Les codes d'authentification et de chiffage sont obtenus par hasard pour chaque abonné grâce à quelques ensembles d'algorithmes définis par le standard et sont mémorisés soit sur l'AUC que sur la SIM.

L'authentification se fait de façon systématique chaque fois que la MS se connecte au réseau et plus précisément dans les cas suivants :

- 6- Chaque fois que la MS reçoit ou émet un appel.
- 7- A chaque mise à jour de la position de la MS (location updating).
- 8- A chaque demande de mise en activité, de cessation d'activité ou de l'utilisation des services supplémentaires.

L'AUC peut être installé aussi comme une application différente dans la même station de travail qui contient l'HLR, qui est le seul élément du système avec lequel il est relié et peut échanger, et qui plus est, il ne peut pas être géré de loin pour de raisons de sécurité.

### **6- OSS : Sous-système Opérationnel (Operating Sub-System)**

Il assure la gestion et la supervision du réseau. C'est la fonction dont l'implémentation est laissée avec le plus de liberté dans la norme GSM. La supervision du réseau intervient à de nombreux niveaux :

- Détection de pannes.
- Mise en service de sites.
- Modification de paramétrage.
- Réalisation de statistiques.

Dans les OMC (Operation and Maintenance Center), on distingue l'OMC/R (Radio) qui est relié à toutes les entités du BSS, à travers les BSC, l'OMC/S (System) qui est relié au sous système NSS à travers les MSC. Enfin l'OMC/M (Maintenance) contrôle l'OMC/R et l'OMC/S.

## **6.1 Les interfaces**

### **a. L'interface Um**

C'est l'interface entre les deux sous systèmes MS et la BTS. On la nomme couramment "interface radio" ou "interface air".

### **b. L'interface Abis**

C'est l'interface entre les deux composants du sous système BSS: la BTS (BaseStation Transceiver) et le BSC (Base Station Controller).

### **c. L'interface A**

C'est l'interface entre les deux sous systèmes BSS (Base Station Sub System) et le NSS (NetworkSub System). [6]

## **V Réseaux 3G**

### **1. Présentation générale**

Ceux qui caractérisent l'UMTS sont ses performances radio liées à la nouvelle technologie radio utilisée l'UTRAN, un réseau de services mobiles complexes et une architecture flexible et modulaire permettant l'évolutivité de la technologie et sa compatibilité avec les différents systèmes de deuxième et troisième générations.

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

### **2. L'architecture physique.**

Pour modéliser l'architecture physique, le concept de domaine est utilisé. Il permet d'introduire les équipements composant ce réseau ainsi que la façon de les délimiter.

Cette architecture se compose de deux domaines principaux, le domaine de l'équipement usager et le domaine de l'infrastructure, ce dernier se subdivisant en deux sous-domaines, le domaine du réseau d'accès et le domaine du réseau cœur.

Le domaine de l'équipement usager comprend tous les équipements terminaux, il peut être également divisé en deux sous-domaines, l'équipement mobile et le module d'identité des services de l'usager USIM (Universal Subscriber Identity Module). Évidemment les mobiles UMTS ne seront plus de simples téléphones, mais des terminaux multimédias capables d'offrir simultanément des services de transmissions de données, d'audio et de vidéo en tout lieu et en tout moment.

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

Le réseau d'accès propose les fonctions permettant d'acheminer les informations (trafic de données et trafic de signalisation) depuis l'utilisateur jusqu'au réseau cœur. C'est

l'UTRAN qui est utilisée pour ce domaine. Elle fournit à l'équipement usager les ressources radio et les mécanismes nécessaires pour accéder au cœur du réseau. C'est la plus importante innovation de l'UMTS (c'est une des raisons du coup élevé de sa mise en place) et nous en parlerons donc de façon plus approfondie dans la deuxième partie.

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

L'évolution de l'UMTS va se faire également par phases comme cela fut le cas pour le GSM. Sa phase 1 a pour consigne de garder une compatibilité technique maximale avec l'infrastructure déployée pour la phase 2+ du GSM. Un même réseau UMTS pourra à la fois s'interconnecter avec des réseaux par commutation de circuits permettant l'accès à des réseaux de type RNIS et avec des réseaux par commutation de paquets pour accéder à Internet.

Ce qui va différencier l'UMTS phase 1 du GSM phase 2+ est l'introduction de l'UTRAN. C'est cela la véritable révolution de l'UMTS. EN effet, la technologie d'accès radio est maintenant le CDMA, la technologie de transport à l'intérieur du réseau est maintenant l'ATM et donc les équipements et protocoles utilisés seront nouveaux également au sein du domaine de réseau d'accès. Pour le réseau cœur UMTS, seront conservés pour cette phase 1 la plupart des équipements déjà installés pour le GSM phase 2+.

	<b>GSM</b>	<b>UTRA/FDD</b>	<b>UTRA/TDD</b>
<b>Technique d'accès multiple</b>	FDMA/TDMA	FDMA/CDMA	TDMA/CDMA
<b>Mode de duplexage</b>	FDD	FDD	TDD
<b>Séparation entre porteuses (kHz)</b>	200	5000	5000
<b>Spectres de fréquences (MHz)</b>	925-960 (VD) 880-915 (VM) 1805-1880 (VD) 1720-1785 (VM) 1850-1910 (VD) 1930-1990 (VM)	2110-2170 (VD) 1920-1980 (VM)	1900-1920 (VM et VD) 2010-2025 (VM et VD)
<b>Type de modulation de données.</b>	GMSK	BPSK(VM)QPSK (VD)	QPSK
<b>Périodicité du contrôle</b>	2 Hz	1500 Hz	100 à 750 Hz

<b>puissance</b>			
<b>Durée d'une trame</b>	4,615 ms	10 ms	10 ms
<b>Durée d'un slot</b>	0,577 ms	0,667	0,667
<b>Débit chip</b>		3,84 Mcps	3,84 Mcps
<b>Synchronisation entre stations de base</b>	Asynchrone	Asynchrone Synchrone (optionnelle)	Synchrone

### 3. L'architecture fonctionnelle.

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

#### 3.1- La strate d'accès.

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

#### 3.2- La strate de non-access.

Cette strate représente l'ensemble des protocoles qui permet l'échange d'information entre l'équipement usager et le réseau cœur indépendamment du réseau d'accès radio utilisé. [7]

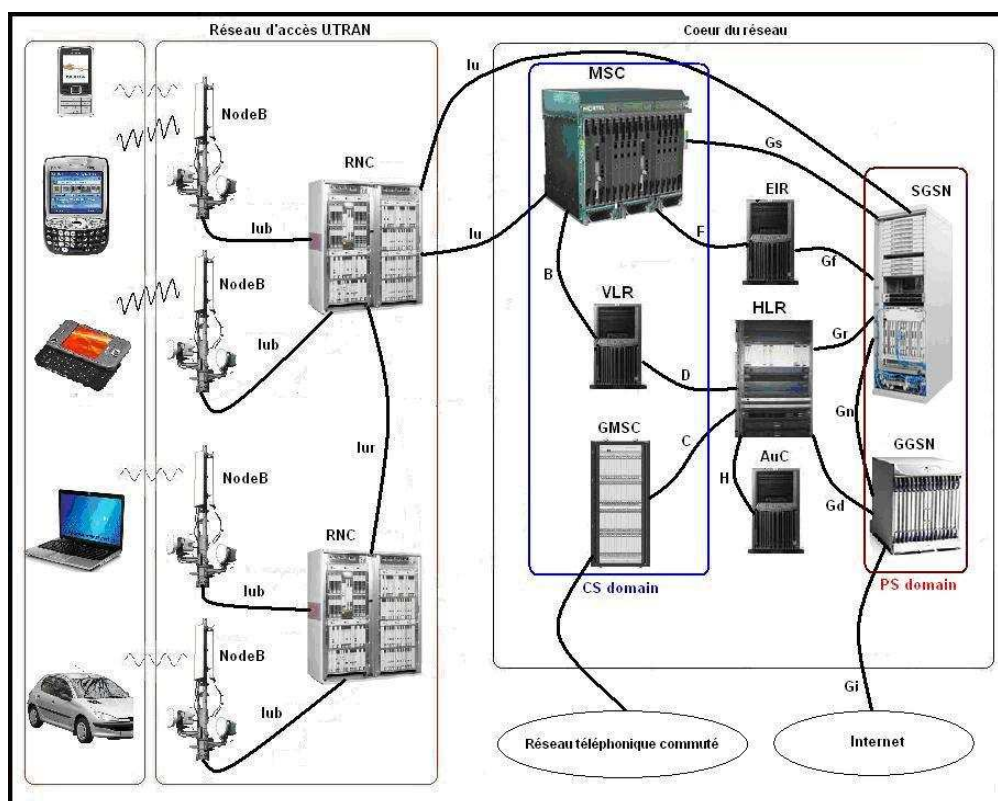
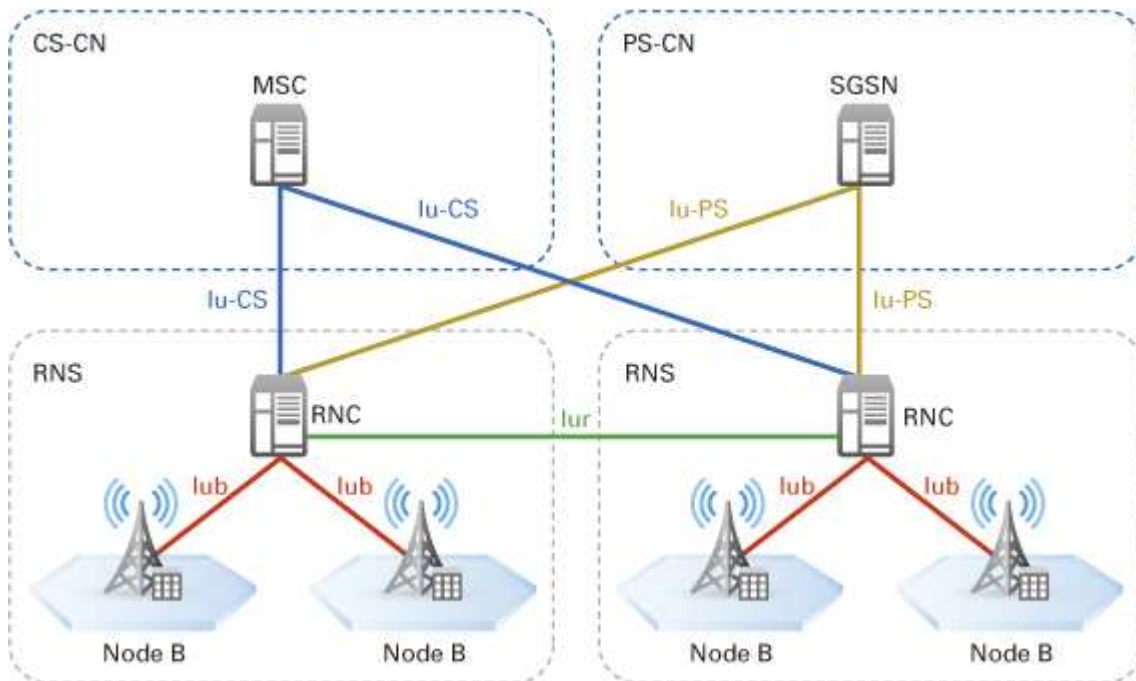


Schéma général de l'architecture d'un réseau UMTS [11]

## 4. UTRAN

L'UTRAN qui signifie réseau d'accès radio terrestre universel est en charge du contrôle et de la gestion des ressources radio et permet l'échange d'informations entre le terminal mobile et le réseau cœur. Dans cette partie nous allons nous focaliser sur son architecture et les innovations qu'elle apporte par rapport au GSM.

### 4.1- L'architecture de l'UTRAN.



### 4.2- Le sous-système du réseau radio (RNS).

Le RNS se compose d'un ou plusieurs nœuds B (Stations de base) et du RNC (Radio Network Controller).

### 4.3- Le Node B.

Il assure la communication radio entre les équipements usagers et l'UTRAN. Les fonctions de ce nœud B sont principalement des tâches de niveau couche physique. C'est le nœud B qui va s'occuper entre autres de l'entrelacement, du codage et décodage canal pour la correction d'erreurs, de l'adaptation du débit et de la modulation QPSK. Il va permettre notamment :

- Le contrôle de puissance. Lors de celui-ci il, le nœud B va prélever quelques mesures sur le signal reçu et va envoyer une commande pour que l'UE adapte sa puissance. Cela permet une meilleure autonomie pour l'équipement usager ainsi qu'une limitation des interférences dans une même cellule. Cette limitation des interférences est particulièrement importante car les performances du CDMA y sont directement liées.
- Du point de vue du handover (changement de canal physique lorsqu'on se déplace) le nœud B joue un rôle actif. Il envoie les mesures nécessaires au RNC pour que celui-ci détermine le besoin d'un handover. Grâce au CDMA en UMTS, plusieurs cellules

adjacentes peuvent utiliser la même fréquence porteuse et donc contrairement au GSM, lors du passage d'une cellule à l'autre il n'y a plus aucune interruption de la communication. C'est ce qu'on appelle le soft-handover (en GSM c'est du hard Handover). Notre UE pourra communiquer simultanément avec plusieurs nœuds B, c'est ce qu'on appelle la macro diversité. La macro diversité permet d'augmenter significativement la qualité lors des communications et permet ce soft-handover.

#### **4.4- Contrôleur du réseau radio (RNC).**

Il regroupe les fonctionnalités de niveau 2 et 3 du modèle OSI :

- Le contrôle de puissance en boucle externe.
- Le contrôle du handover.
- Le contrôle de l'admission des mobiles au réseau et la gestion de la charge.
- L'allocation de codes CDMA.
- Le séquençement de la transmission de données en mode paquet.
- La combinaison/distribution des signaux provenant ou allant vers différents nœuds B dans une situation de macro diversité.

Selon son rôle fonctionnel, le RNC est dénommé CRNC (Controlling), SRNC (Serving) ou DRNC (Drift). En général un même équipement RNC peut réaliser ces trois rôles.

#### **4.5- La gestion de la mobilité.**

Lorsque la connexion est établie entre L'UTRAN et l'UE, la gestion de la mobilité ne revient plus au réseau cœur, mais au SRNC. C'est lui qui va suivre les déplacements de l'UE à la cellule prés. Cependant lorsque cet UE change trop souvent de cellule, le SRNC peut le placer dans un autre état radio, celui de l'URA, une zone de localisation de plusieurs cellules qui n'est pas connue du réseau cœur. Pour identifier les données émises par un UE et gérer sa mobilité, l'UTRAN utilise des identificateurs (trois identificateurs pour associer un UE à un SRNC, CRNC et DRNC unique et un identificateur pour l'identifier de façon unique dans l'UTRAN).

#### **4.6- Les fonctions réalisées par l'UTRAN en résumé.**

Voici la liste exhaustive des fonctions principales réalisées par l'UTRAN :

- Le transfert des données générées par l'utilisateur, fonction principale de l'UTRAN. Il sert de passerelle entre UE et réseau cœur et ce grâce aux interfaces Uu et lu.
- Les fonctions liées à l'accès au réseau. Elles permettent de gérer l'admission au réseau, le contrôle de la congestion du réseau et de la diffusion des informations système.
- Fonctions liées à la sécurité. Elles gèrent la confidentialité et la protection des informations échangées par l'interface radio en appliquant les algorithmes de chiffrement et d'intégrité.
- Fonctions liées à la mobilité. Elles regroupent tout ce qui est handover, relocalisation du SRNS, estimation de la position géographique.
- Fonctions liées à la gestion des ressources radio. Cela concerne les fonctions d'allocation et de maintien des ressources radio nécessaires à la communication.
- Synchronisation. L'UTRAN est en charge du maintien de la base de temps de référence dans chaque cellule sur laquelle tout terminal mobile doit s'aligner pour transmettre et recevoir des informations.[7]



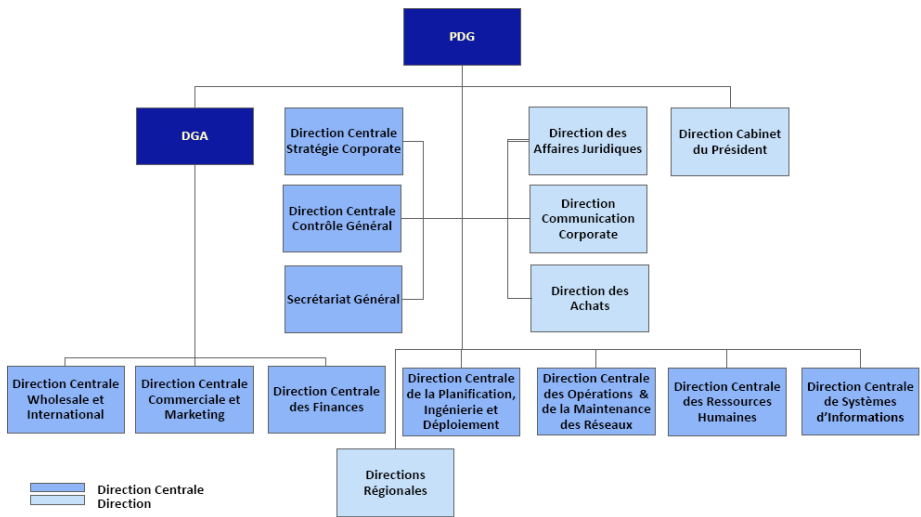
اتصالات تونس  
GROUPE TUNISIE TELECOM

المستقبل يناديك | Le futur vous appelle

## IV. Présentation de l'organisme d'accueil

- L'office national des télécommunications est créé suite à la promulgation de la loi N°36 du 17 avril 1995. L'office a ensuite changé de statut juridique, en vertu du décret N°30 du 5 avril 2004, pour devenir une société anonyme dénommée « Tunisie Telecom ».
- En juillet 2006, il a été procédé à l'ouverture du capital de Tunisie Telecom à hauteur de 35% en faveur du consortium émirati TeCom-DIG. Cette opération vise à améliorer la rentabilité de Tunisie Telecom et à lui permettre de se hisser parmi les grands opérateurs internationaux.
- Depuis sa création, Tunisie Telecom œuvre à consolider l'infrastructure des télécoms en Tunisie, à améliorer le taux de couverture et à renforcer sa compétitivité. Elle contribue également activement à la promotion de l'usage des TIC et au développement des sociétés innovantes dans le domaine des télécoms.
- Pionnière du secteur des télécoms en Tunisie, Tunisie Telecom a établi un ensemble de valeurs définitives qui place le client au centre de ses priorités. L'adoption de ces valeurs se traduit en particulier par une amélioration continue des standards de l'entreprise et de la qualité des services.
- Tunisie Telecom compte dans ses rangs plus de 6 millions abonnés dans la téléphonie fixe et mobile, en Tunisie et à l'étranger. Elle joue en outre un rôle important dans l'amélioration du taux de pénétration de l'Internet en Tunisie, ce qui lui permis d'atteindre le nombre 140 mille abonnés à la toile à la fin du mois d'avril 2008.
- Tunisie Telecom se compose de 24 directions régionales, de 80 Actels et points de vente et de plus de 13 mille points de vente privés. Elle emploie plus de 8000 agents.

### Organigramme



- 0 -



# Chapitre II

## Planification BSS

### I. Introduction

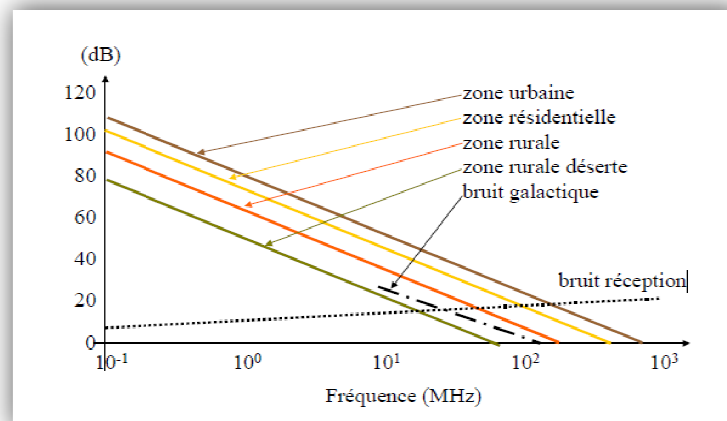
Le dimensionnement des réseaux mobiles est un problème complexe qui met en jeu à la fois des aspects théoriques et pratiques. Il s'agit de trouver la meilleure architecture cellulaire au regard de plusieurs critères que l'on peut résumer comme suit :

- Qualité de couverture : garantir un lien radio en tout point de la zone à couvrir.
- Absorption de la charge : le réseau doit être capable de fournir un nombre de canaux de communication adapté à la densité de trafic associée à chaque cellule.
- Mobilité : Faciliter le Handover lors des changements de cellules. Chaque station de base doit connaître ses voisines pour permettre à un utilisateur de se déplacer sans perte de communication.
- Evolutivité : un réseau cellulaire de type GSM est en perpétuelle évolution, intégrant de nouvelles stations de bases, ou simplement de nouveaux TRX associés à chaque station de base.
- Déploiement du réseau fixe via un ensemble de faisceaux hertziens pour interconnecter les stations de base.

#### 1. Contraintes radio

##### 1.1 Rapports signal à bruit C/N

Le premier objectif d'un déploiement cellulaire est de garantir un lien radio en tout point de la zone à couvrir. La qualité de ce lien est définie principalement par 2 paramètres : le rapport signal à bruit  $C/N = \text{canal} / \text{noise}$  et le rapport signal sur interférences  $C/I = \text{canal} / \text{interférences}$ .



Niveau de bruit électromagnétique relativement au bruit thermique minimal

### des systèmes de réception

Le rapport signal à bruit est donné par le rapport entre la puissance du signal reçu et la densité de puissance du bruit en réception. Comme le montre la Figure 3, dans la gamme de fréquences utilisées en GSM, le bruit en réception est majoritairement un bruit thermique (ou bruit Johnson) lié à l'échauffement des électrons dans le système de réception. Ce bruit a des propriétés bien spécifiques : il est blanc, à moyenne nulle, gaussien, additif.

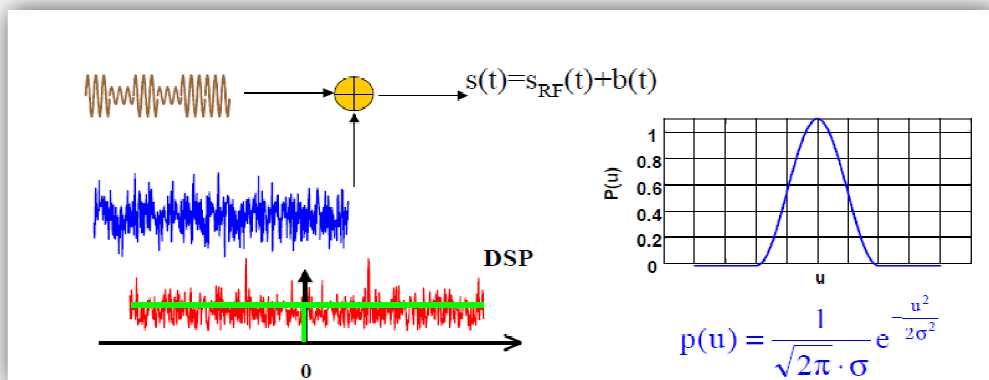
- Blanc veut dire qu'il est réparti sur l'ensemble des fréquences de façon uniforme : sa densité spectrale de puissance (DSP) est donc uniforme sur toutes les fréquences (sauf pour une fréquence nulle où il est égal à 0).

- Moyenne nulle : il n'y a pas de composante continue. Si l'on fait la somme (ou l'intégration) du bruit au cours du temps, elle tend vers 0.

- Gaussien : Ce signal aléatoire, a une distribution d'amplitude bien particulière : la probabilité d'avoir un bruit d'amplitude est régie par une loi normale (forme gaussienne). L'écart-type de la distribution  $\sigma$  est le seul paramètre à connaître pour caractériser le niveau de bruit. La puissance moyenne de ce bruit que l'on nomme  $N_0$  est égale à la variance des échantillons :

$$\sigma^2 = N_0$$

Additif : un bruit additif est un bruit dont le niveau ne dépend pas de l'amplitude du signal reçu. Statistiquement, le bruit est indépendant du signal reçu, et le signal observé est la somme du signal reçu et du bruit



### Représentation du bruit AWGN (Additive White Gaussian Noise): aléatoire, additif, blanc et gaussien.

Le niveau de bruit en réception s'estime assez facilement à partir de la formule de Johnson :

$$N_0 = k \cdot T_k \text{ Watt/Hertz}$$

Où  $k$  est la constante de Boltzmann ( $1.38 \cdot 10^{-23}$  J/K) et  $T_k$  est la température en Kelvin ( $T_k = 290^\circ\text{K}$ , en référence). Finalement, comme le bruit est étalé sur tout le spectre, seule la partie qui est présente sur la bande spectrale utilisée par la transmission interfère avec le signal transmis. La puissance du bruit après filtrage est égale à :

$$N = N_0 \cdot W = k \cdot T_k \text{ Watt}$$

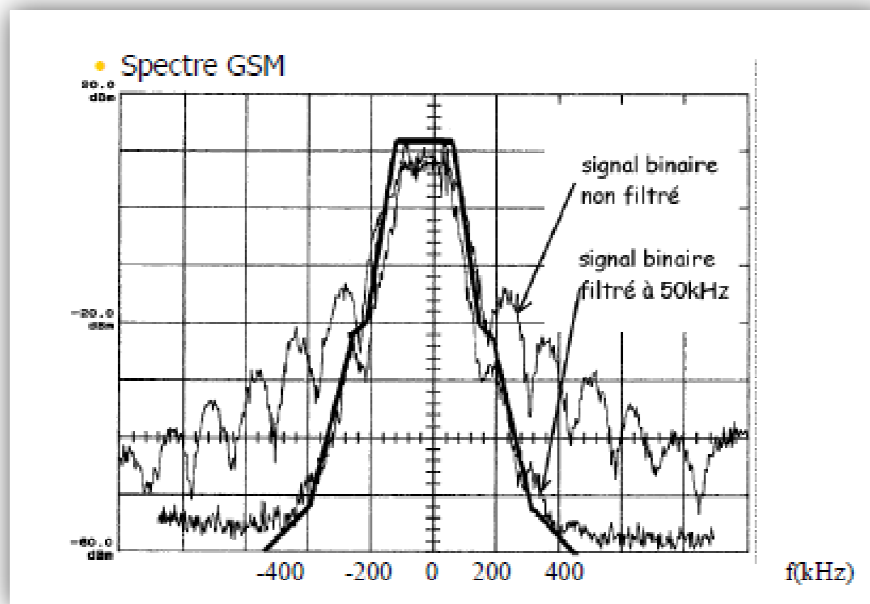
Où  $W$  est la bande passante utilisée par le système.

On peut alors estimer le bruit minimal pour un récepteur GSM mobile à 1 température moyenne de 290K. La bande utile d'un canal GSM est estimée à  $W=271\text{kHz}$  (c'est une approximation faite à partir de la vitesse de modulation, cf Figure 5) :

$$N \approx 10^{-15} \text{ Watt ; soit } N_{\text{dB}} \sim -120\text{dBm}$$

Cette approximation permet de quantifier le niveau de bruit dans le récepteur. Sachant alors que la norme GSM préconise en réception un rapport signal à bruit d'au moins 8dB, et en prenant une marge de protection de 1 à 3dB (pertes liées à la présence du corps humain, facteur de bruit de l'amplificateur en réception), on obtient un niveau minimal en réception de l'ordre de :

$$C_{\text{dB}} - N_{\text{dB}} > 10\text{dB (soit } (C/N) > 0) \text{ soit } C_{\text{dB}} > -110 \text{ dBm}$$



### DSP d'un signal GSM.

#### 1.2 Rapport signal à bruit C/I

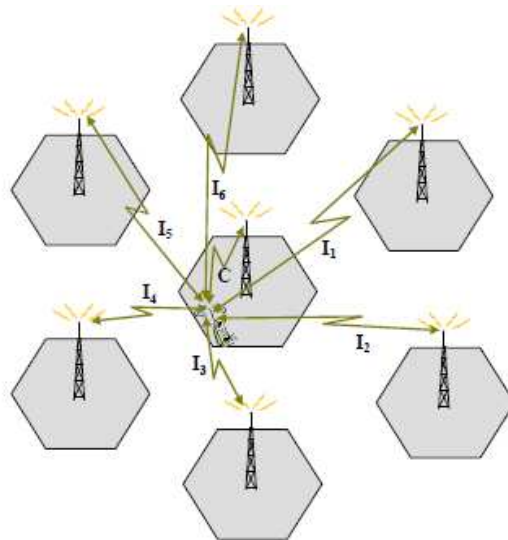
Les interférences sont de 3 types : les interférences inter-symboles (IIS), les interférences inter fréquences (IIF, encore appelées interférences canaux-adjacents), et les interférences co canal (ICC).

Les interférences inter-symboles caractérisent les interférences entre les impulsions successives d'une même source : lorsqu'un bit est émis, le récepteur en reçoit plusieurs échos étalés dans le temps à cause de la différence de temps de parcours entre les différents chemins Emetteur-Récepteur.

Ces interférences (IIS), sont combattues par des techniques d'égalisation (l'égaliseur de Viterbi en GSM) et de codage canal et ne sont pas prises en compte dans la phase de planification. Les interférences co-canal (ICC) sont forcément importantes en GSM et sont directement liées à la norme elle-même.

Le choix d'un partage de ressources de type FTMA (Frequency and Time Division Multiple Access) impose une répartition des ressources en temps et en fréquence. Sur un canal en fréquence, on peut avoir jusqu'à 8 voix multiplexées en temps (8slots par trame) pour augmenter la capacité globale d'un système, les fréquences sont réparties entre les cellules, avec un certain facteur de réutilisation.

Ainsi, toutes les cellules et les stations de base associées qui utilisent un même canal en fréquence sont susceptibles d'interférer entre elles. Le rapport  $C/ICC$  est donné par le rapport entre la puissance utile du signal reçu par un mobile en provenance de la station de base (BTS) à laquelle il est associé, et la somme des puissances des signaux reçus par le même mobile en provenance de toutes les BTS utilisant la même fréquence (cf. Figure ci après).



### Interférences entre cellules voisines réutilisant la même fréquence sur un modèle hexagonal

canaux adjacents (IIF) sont liées à la réutilisation de canaux de fréquences adjacents. En effet la largeur réelle des canaux est supérieure aux 200kHz utilisés pour répartir les canaux en fréquence (cf. Figure 5). Ainsi, à puissance identique, 2 canaux voisins ( $f_i$  et  $f_{i+1}$ ) ont un rapport  $C/I$  d'environ 18dB, 2 canaux ( $f_i$  et  $f_{i+2}$ ) un  $C/I$  de 50dB, et 2 canaux ( $f_i$  et  $f_{i+3}$ ) un  $C/I$  de 58dB. Pour garantir un  $C/I$  total supérieur à 9dB, la norme GSM définit un rapport de protection pour 2 canaux voisins, donné par le tableau suivant :

Interférences co-canal ( $f_0$ )	$C/I_c$	9dB
Interférences 1er canal adjacent	$C/I_{a_1}$	9dB
Interférences 2ième canal adjacent	$C/I_{a_2}$	41dB
Interférences 3ième canal adjacent	$C/I_{a_3}$	49dB

## 2. Contraintes de trafic

Dans un réseau GSM, il ne s'agit cependant pas seulement de garantir un lien radio, mais également de garantir un certain trafic. Le trafic est estimé statistiquement à partir de la densité de population et du type d'activité associée à chaque région. Par exemple, la probabilité d'appel dans une zone à forte densité d'habitation est très différente de la probabilité d'appel dans une zone à forte densité d'activité professionnelle.

Les lois d'Erlang sont utilisées pour caractériser le taux d'appels téléphoniques. Cette loi est paramétrée par 2 paramètres : le taux d'appel  $m$ , et la durée moyenne d'appel  $H$ . L'intensité de trafic par utilisateur s'exprime par :

$$A_U = m \cdot H \text{ erlang}$$

Connaissant la densité de population associée à une zone géographique, il est facile de déterminer la densité de trafic par le produit :

$$A = A_U \cdot d_H \text{ erlang/Km}^2$$

où  $d_H$  est la densité de population par  $\text{km}^2$ .

Enfin, si l'on est capable de prédire la zone couverte par une cellule, il est alors possible d'estimer le trafic que la cellule doit absorber :

$$A_{\text{tot}} = A \cdot S \text{ erlang}$$

où  $S$  est la superficie de la cellule.

Les lois d'Erlang permettent alors de déterminer le nombre de canaux nécessaires pour absorber ce trafic statistique avec un taux d'échec donné :

La loi d'Erlang B est donnée par la formule suivante :

$$P_c = \frac{A_{\text{tot}}^{N_c} \frac{1}{N_c!}}{\sum_{n=0}^{N_c} A^n \frac{1}{n!}}$$

Où  $N_c$  est le nombre de canaux voix.

Ainsi, à partir de la connaissance de la densité de trafic et de la surface couverte par un émetteur, il est possible de prédire le nombre de canaux à affecter à une cellule pour garantir un taux de blocage inférieur à un certain pourcentage (par exemple 1%).

On comprend bien alors que le déploiement d'un réseau GSM ne repose pas seulement sur une couverture radio mais sur une répartition intelligente des ressources radio sur un ensemble de stations de base.

### 3. Dimensionnement du réseau GSM

#### 3.1 Définition des zones de service

Le dimensionnement doit prendre en compte les contraintes radio et les contraintes de trafic. Il est possible, dans un premier temps, pour une zone géographique donnée, d'estimer la capacité globale d'un système GSM, en exploitant le modèle hexagonal théorique. Soit un système avec  $S$  canaux disponibles. Le nombre de canaux voix disponibles n'est pas égal au nombre de canaux en fréquences. Pour chaque cellule, il faut réserver une voix balise qui contient les canaux de synchronisation (FCH SCH, BCCH) : ces canaux permettent aux mobiles de détecter la présence des stations de base. Lors de l'attribution d'un certain nombre de fréquences à une station de base, il faut donc éliminer une des fréquences pour compter les ressources radios.

CH (chaque trame contient 8 slots multiplexés) : le nombre total de canaux est donc égal à 8 fois le nombre de canaux en fréquence. Cependant, certains canaux communs, et en particulier la voix balise, nécessitent des ressources. On considère en général, qu'1/8ième des ressources est utilisé pour les canaux communs (y compris la voix balise). Ainsi, pour  $N$  canaux attribués à une station de base, le nombre de TCH est donné par :

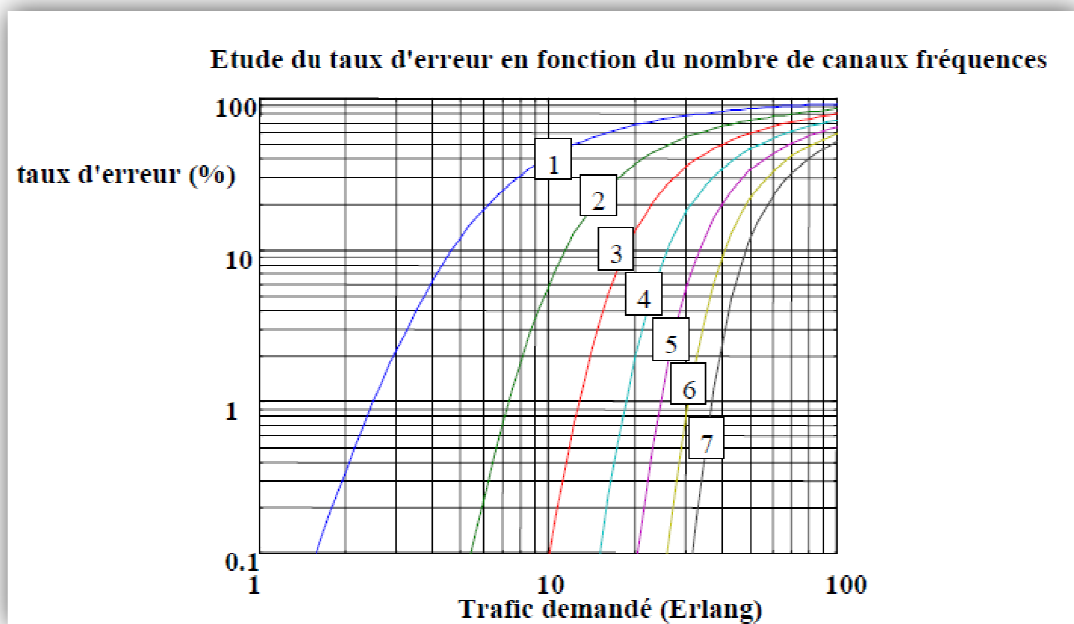
$$NTCH = N \cdot 7/8$$

Si  $N_f$  est le nombre de porteuses attribuées, alors le nombre de canaux physiques TCH disponibles est de :

$$N_c = 7 \cdot N_f$$

Nb	fréquences	1	2	3	4	5	6	7	8
Canaux	physiques	8	16	24	32	40	48	56	64
Nb	TCH	7	14	21	28	35	42	49	56

La figure ci-dessous représente le taux de rejet d'appel en fonction de la densité de trafic demandée, et pour un nombre de porteuses allant de 1 à 7.

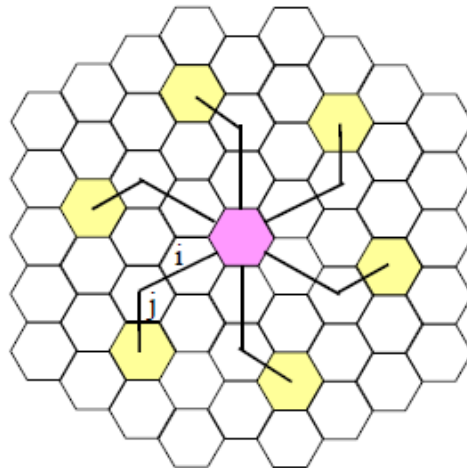


### 3.2 Facteur de réutilisation des ressources

Pour dimensionner un réseau cellulaire, on peut partir d'un modèle théorique hexagonal régulier. Dans ce cas, on cherche à répartir les ressources de façon régulière et optimale, minimisant les interférences. La théorie des graphes offre des résultats intéressants. Un graphe est un ensemble de nœuds et d'arêtes reliant ces nœuds. Dans notre cas, chaque nœud représente une cellule GSM, et les arrêtes correspondent à une contrainte de non interférence.

Le coloriage de graphe consiste à colorier les sommets du graphe avec un minimum de couleurs, sous la contrainte que 2 sommets voisins ne soient jamais de la même couleur. Dans notre cas, il s'agit donc de colorier les cellules. La notion de voisinage ne se résume pas uniquement aux cellules voisines géométriquement (qui ont un bord commun). On peut fixer une contrainte plus stricte de réutilisation des ressources afin de réduire les interférences.

On appelle distance de réutilisation la distance entre les cellules co-canales, telles qu'illustrées à la figure suivante :



#### Représentation des cellules co-canal

On peut montrer que chacune des cellules du voisinage de la cellule centrale peut être coloriée avec une couleur différente, et que chaque cellule aura 6 premières voisines co-canales, comme sur le schéma. Ces 6 co-canales sont déterminées par les paramètres  $i$  et  $j$ , qui représente le nombre de cellules que l'on traverse en 2 sauts comme illustré.

La théorie des graphes montre que le nombre de couleurs nécessaire au coloriage complet de ce schéma est donné par la formule suivante :  $N = i^2 + i.j + j^2$

$$N = i^2 + i.j + j^2$$

$j \backslash i$	1	2	3	4
1	3	7	13	21
2	7	12	19	28

3	13	19	27	37
4	21	28	37	48

On appelle  $Q=D/R$  le facteur de réutilisation, où  $D$  est la distance entre 2 cellules co-canales, et  $R$  le rayon des cellules. Il est à peu près égal à :

$$Q \approx \sqrt{3 \cdot N}$$

On va maintenant calculer le rapport  $C/I$  en fonction de ce facteur de réutilisation. On tient compte ici uniquement des interférences co-canales. Le rapport  $C/I$  est alors donné par :

$$\frac{C}{I} = \frac{C}{\sum_i I_i}$$

Considérons un mobile en limite de cellule. La puissance utile reçue, est donnée par :

$$C = P_0 \left( \frac{R}{d_0} \right)^{-n},$$

La puissance en provenance de chacun des interférents peut être approchée par la distance entre les 2 stations de bases, soit la distance  $D$ . on a alors :

$$\sum_i I_i = 6P_0 \left( \frac{D}{d_0} \right)^{-n},$$

Ce qui permet d'estimer le  $C/I$  par :

$$\frac{C}{I} = \frac{Q^n}{6} = \frac{\sqrt{3N}^n}{6}$$



#### 4. Planification du réseau

Dans la pratique, le déploiement d'un réseau GSM nécessite l'optimisation du placement des sites, sous les 2 contraintes de type radio et trafic. Il s'agit de tester, en fonction du type d'antenne, de sa puissance d'émission et de son orientation, la zone couverte par l'émetteur.

Une approche pas à pas permet progressivement de faire converger le réseau vers une bonne configuration.

Le principe est le:

- répartir les émetteurs sur le terrain
- établir les zones de couverture, et les adapter en déplaçant les sites, en modifiant les puissances d'émission, en choisissant les orientations.

- Une fois la couverture assurée, il faut rechercher une répartition des fréquences en analysant les sites qui sont voisins.

- Il faut alors rechercher une répartition des fréquences entre les sites. On commencera par positionner les fréquences BCCH, puis les canaux de données.

- Dans le cas où la planification n'arrive pas à converger, il faut alors densifier le réseau :

Soit rajouter des sites, soit remplacer des émetteurs omnidirectionnels par des émetteurs tri-sectoriels.

Notons qu'en cours d'exploitation, l'augmentation du nombre d'abonnés impose à l'opérateur de faire évoluer son réseau, en tenant compte de l'évolution probable du nombre d'abonnés et des taux d'appel.

#### 5. Prédiction de couverture radio

Il est impossible d'envisager le déploiement complet en phase de tests, et les opérateurs sont amenés à utiliser des logiciels de simulation qui permettent de prédire la couverture radio associée à chaque émetteur.

En effet, la prédiction de couverture est fondamentale car elle conditionne à la fois les critères radios (on peut prédire le taux d'interférence et le niveau de signal) et les critères trafic (dimensionnement du nombre de canaux).

Les méthodes de prédiction de couverture aujourd'hui utilisées mixent avantageusement les approches empiriques et déterministes. Les méthodes empiriques, telle la méthode d'Okumura-Hata, utilise des résultats expérimentaux pour estimer la couverture radio. Elles nécessitent de grandes campagnes de mesure, et ne tiennent que très peu compte de la réalité géographique de terrain. Au contraire, les méthodes déterministes intègrent les effets de relief (au niveau macro), sans tenir compte des propriétés locales.

Les méthodes utilisées (voir dans le logiciel) intègrent en général les 2 approches.- Les méthodes empiriques intègrent en général la prise en compte des effets de masque et de diffraction sur le profil entre émetteur et récepteur, puis pondèrent ces prédictions par des coefficients déterminées par les formules empiriques d'Okumura et al, ou autres dérivées.

- Les méthodes déterministes procèdent soit par profil (comme pour les méthodes empiriques), et dans ce cas négligent l'effet des chemins latéraux et les effets liés à l'environnement 'micro' (immeubles, forêts,...) ; soit par des approches semblables au lancer de rayon mais avec dans ce cas un coût de calcul assez prohibitif.

Notons que ces prédictions nécessitent plusieurs types d'information : relief et type de terrain...

Les opérateurs doivent donc acquérir ces bases de données. Les données de terrain proviennent en général des images satellites qui permettent aujourd'hui d'estimer l'élévation locale de terrain avec une résolution de l'ordre de 3m. Ces données coûtent relativement cher.

D'autre part l'affectation des zones (forêt, zone urbaine, etc...) est effectuée manuellement à partir des cartographies conventionnelles. **[8]**

# Chapitre III

---

## Outil de visualisation et SIG

---



### I Nécessité d'un outil de visualisation de localisation des équipements BSS.

Pour l'opérateur téléphonique il est primordial d'avoir une couverture réseau optimale qui touche tout le pays sans pour autant avoir plus d'équipement qu'il n'en faut.

Donc c'est un fin équilibre entre couverture, qualité de service et investissement, d'autre part les besoins des clients évoluent et généralement augmentent en demande de ressources, poussés par la vulgarisation de l'utilisation des équipements mobiles de différents types et qui évoluent technologiquement, puisque les utilisateurs ne font pas que des appels téléphoniques sur les réseaux mobiles mais aussi se connecter à internet pour naviguer, consulter leurs courriers électroniques, et la prolifération des services mobiles à valeurs ajoutées tels que la navigation routière par exemple, et aussi l'arrivée de la technologie de troisième génération qui permet entre autre la visiophonie et l'accès haut débit à l'Internet.

La solution proposée est un outil qui permet de positionner sur une carte géographique les positions des équipements radio à partir de leurs coordonnées GPS d'une part, d'autre part les liens entre les équipements radio et le réseau cœur d'autre part ainsi qu'une étude thématique pour représenter la charge pour chaque équipement en vue de prévoir l'extension de la capacité ou planifier leur remplacement.

Outils nécessaires

S'agissant de traiter des informations liées à des portions géographiques, le choix doit se porter sur un logiciel de système d'information géographique SIG

### II Définition du Système d'Information Géographique

Un système d'information géographique (SIG) est un système d'information capable d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, ainsi que de produire des plans et des cartes. Ses usages couvrent les activités géomatiques de traitement et diffusion de l'information géographique. La représentation est généralement en deux dimensions, mais un rendu 3D ou une animation présentant des variations temporelles sur un territoire sont possibles.

Incluant le matériel, l'immatériel et l'idéal, les acteurs, les objets et l'environnement, l'espace et la spatialité, le logiciel offre les fonctions utiles à la création d'un Système d'Information Géographique, S.I.G.

L'usage courant du système d'information géographique est la représentation plus ou moins réaliste de l'environnement spatial en se basant sur des primitives géométriques : points, des vecteurs (arcs), des polygones ou des maillages (raster). À ces primitives sont associées des informations attributaires telles que la nature (route, voie ferrée, forêt, etc.) ou toute autre information contextuelle (nombre d'habitants, type ou superficie d'une commune par ex.). Le domaine d'appartenance de ce type de systèmes d'information est celui des sciences de l'information géographique.

L'information géographique peut être définie comme l'ensemble de la description d'un objet et de sa position géographique à la surface de la Terre.

En France, où il existe un Conseil National de l'Information Géographique (CNIG, présidé par Jacques Lagardère), dans son acception courante, le terme fait référence aux outils logiciels. Cependant, le concept englobe : logiciels, données, matériel et les savoir-faire liés à l'utilisation de ces derniers. On peut aussi parler de système d'information à référence spatiale (SIRS) pour les données et leur structuration. L'acronyme SIT (système d'information sur le territoire) est aussi utilisé dans quelques pays francophones. Enfin, les sigles BDU (banque de données urbaine), voire BDT (banque de données sur le territoire), plus anciens, peuvent se rencontrer ici et là. [12]

## 1. Les composants d'un SIG

Un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs :

### Matériel

Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

### Logiciels

Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations.

- Principaux composants logiciel d'un SIG :
- Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques
- Système de gestion de base de données
- Outils géographiques de requête, analyse et visualisation.
- Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile

### Données

Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

### Utilisateurs

Un SIG étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence.

Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG

### Méthodes

La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.[13]

## 2. Objectifs d'un SIG

Un système d'information géographique doit répondre à cinq questions, quel que soit le domaine d'application :

- Où : où se situe le domaine d'étude et quelle est son étendue géographique ?
- Quoi : quels objets peut-on trouver sur l'espace étudié ?
- Comment : comment les objets sont-ils répartis dans l'espace étudié, et quelles sont leurs relations ? C'est l'analyse spatiale.
- Quand : quel est l'âge d'un objet ou d'un phénomène ? C'est l'analyse temporelle.
- Et si : que se passerait-il s'il se produisait tel événement ?

## 3. Les limites du SIG

Les systèmes d'information géographique ont comme limites la pertinence, la richesse, et l'occurrence de mise à jour de leurs bases de données, mais aussi parfois les restrictions d'accessibilité ainsi que les droits d'auteurs sur certaines données et informations qui peuvent empêcher la diffusion de cartes, ou empêcher leur réalisation pour les travaux partageant les données de plusieurs systèmes disparates. L'accessibilité peut également souffrir de mesures prises pour protéger des entités particulières lorsque la taille de l'échantillon est trop petite (secret statistique), ou par la présence sur une couche de données d'informations stratégiques et/ou protégées. Enfin certaines requêtes demandent un temps ou une puissance de calcul non disponible.

Une autre limite est la lisibilité : pour ne pas trop charger la carte, les croisements d'informations ne peuvent guère dépasser 3 ou 4 variables par carte. Au-delà, il faut faire plusieurs cartes, ou, si les variables sont nombreuses, et pour ne pas être submergé par une multitude de cartes, s'orienter vers des techniques de représentation sur un graphe unique comme l'iconographie des corrélations. [12]

## 4. Liste de quelques logiciels SIG

### 4.1. Logiciels libres :

<u>Logiciel</u>	<u>Description</u>
<u>Geoserver</u>	serveur open source écrit en Java qui permet aux utilisateurs de partager

	et modifier des données géo spatiales
<u>GeoTools</u>	un toolkit développé en Java qui implémente les spécifications de Open Geospatial Consortium
<u>GMT</u>	multiplate-forme, puissant mais à l'apprentissage délicat car fonctionnant tout en lignes de commandes
<u>GRASS GIS</u>	aussi connu pour avoir été le plus gros projet géomatique OpenSource. Il regroupe des fonctionnalités raster (en particulier des modules classiques de traitement et d'analyse d'images de télédétection) ainsi que de fonctionnalités vectrices (rappelons que GRASS est un SIG à base topologique). Disponible pour Linux, Mac OS X, Unix et Windows
<u>MapServer</u>	logiciel de publication de carte sur Internet. Il peut être utilisé pour réaliser des applications Web, mais également pour publier des services Web conformes aux recommandations de l'Open Geospatial Consortium (WMS, WFS, WCS)
<u>MapGuide</u>	serveur cartographique, récemment offert à la communauté OpenSource par Autodesk
<u>MapWindow GIS</u>	SIG extensible, utilisable à partir d'ActiveX sous Windows
<u>Openmap</u>	permet de développer des applets à intégrer dans des sites web basés sur les Javabeans
<u>OrbisGIS</u>	Permet d'afficher, de manipuler et de créer des données spatiales vecteur et raster. Il est complètement fait en Java et, pour ça, est multiplateforme
<u>PostGIS</u>	extension pour la base de données PostgreSQL qui permet de faire des requêtes spatiales
Quantum GIS	logiciel de cartographie basé sur la bibliothèque Qt. Il est disponible sous Linux (KDE), Mac OS X, ou Windows. Entre autres choses, il permet la visualisation "à la volée" des couches de données comme des shapefiles ainsi que leur modification. Il permet notamment l'élaboration de fichiers destinés à être publiés sur MapServer. Il présente une ergonomie aboutie qui le rend très simple à utiliser
<u>SAGA GIS</u>	logiciel SIG sous GPL pour Windows et Linux

#### 4.2. Logiciels commerciaux

Nom	Description	Editeur
<u>Active 3D</u>	Progiciel orienté base de données interactive avec viewer IFC et import auto des données IFC	Archimen
<u>Aigle Technologies</u>	Générateur d'applications SIG full web, Solutions métiers, Décisionnel avec GeoQlik pour QlikView et GeoBI pour Business Objects	Business Geografic

<u>ArcGIS</u> (ArcInfo, ArcView, ...)	leader historique du marché du SIG	ESRI
<u>AutoCAD Map 3D</u>	CAO, DAO, SIG suite	Autodesk
<u>Bentley GIS</u>		Bentley Systems
<u>cadwork GEP-SIT</u>		Cadwork
<u>CARIS GIS</u>		informatique
<u>Geocode</u>	Logiciel de géocodage	CARIS
<u>GeoConcept</u>		OPTI-TIME SA
<u>GeoMedia</u>		GeoConcept SA
<u>GeoMap GIS</u>		Intergraph
<u>Global Mapper</u>	Logiciel puissant et simple d'utilisation	GEOMAP
<u>MacMap SIG</u>		Carte Blanche
<u>Manifold GIS System</u>	produit tout en un particulièrement bon marché	Conseil
<u>MapInfo</u> , MapXtreme, MapMarker	leader mondial SIG et Géomarketing	manifold .net
<u>Oracle Spatial</u>	stockage d'informations géographiques et requêtes spatiales	Pitney Bowes
<u>Spatial Information System</u> (SIS)		Business Insight
<u>Smallworld Core Spatial Technology</u>	SIG complètement orienté objet - produit anglais	ORACLE
<u>Spaceyes GIS 3D</u>		Cadcorp
<u>TatukGIS</u>	SIG d'origine polonaise disponible en version Editor payante et en version Viewer gratuit avec accès à une multitude de formats du marché SIG et DAO	GE Power Systems
<u>TnTMips</u>	produit aux fonctions vecteur (topologiques), CAD et raster été conçues ensembles et intégrées	TatukGIS Company

## [15]

Parmi cette liste de logiciels les plus utilisés sont : Autocad, ArcGIS, MapInfo et GeoMedia

Pour les besoins de ce projet e fin d'études on va se focaliser sur Map Infi et ArcGIS

Map info de se définit comme un outil décisionnel ou qui aide à la décision pouvant donner une idée précise, visuelle sur l'état des lieux pour pouvoir planifier et faire face aux demandes grandissante en ressources, et permettant entre autre la superpositions de plusieurs couches métiers selon les besoins de l'utilisateur.

ArcGIS quant à lui permet de créer les cartes et gérer des données spatiales ainsi que la diffusion de ces informations sous forme de client serveurs en vu de son exploitation

## 5. Géolocalisation et système de coordonnées

En parlant de géolocalisation ce qu'on doit connaître en premier c'est dans quel système de coordonnées on va travailler ce qui en découle qu'on doit en savoir un peu plus

### 5.1 Les systèmes de coordonnées

Afin de localiser mathématiquement un objet sur la Terre d'une façon univoque, il faut définir un référentiel géodésique. Celui-ci est un repère affine dont le centre est proche du centre des masses de la Terre, ses deux premiers axes sont dans le plan de l'équateur et le troisième est proche de l'axe de rotation des pôles. Il est donc possible dans ce repère d'obtenir des coordonnées pour chaque point de la Terre. La réalisation concrète et numérique de ce référentiel s'appelle un système géodésique.

### 5.2 Système géodésique

Concrètement, un système géodésique est constitué de repères (Bornes, plaquettes scellées...) réparties régulièrement à la surface de la Terre. Chacun de ces repères a des coordonnées connues très précisément dans le système géodésique sous-jacent.

La réalisation concrète consiste à déterminer pour ces repères des coordonnées les plus précises possibles.[16]

#### a. Système de référence terrestre (SRT) et coordonnées

Un SRT est un repère cartésien tridimensionnel (OXYZ) que l'on positionne par rapport à la Terre de telle sorte que :

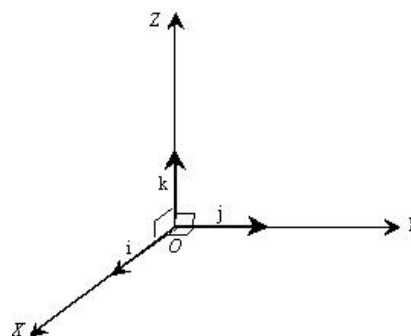
L'origine O : proche du centre de gravité de la Terre

L'axe OZ : proche de l'axe de rotation de la Terre

OXZ : plan méridien origine

OXY : plan de l'équateur

Un SRT est également appelé Système de Référence Géodésique ou Terrestrial Reference System



#### b. Coordonnées associées à un SRT

Les coordonnées cartésiennes géocentriques tridimensionnelles : X, Y, Z

Un point de la croûte terrestre est quasiment fixe dans un SRT. Cependant, la position varie à cause :

de mouvements globaux Tectonique des plaques (inférieur à 10 cm par an), rebond postglaciaire (quelques millimètres par an)...

de mouvements locaux Séismes, glissements de terrain...



de mouvements périodiques Marées terrestres (variations inférieure à 30 cm), surcharge océanique (variations inférieure à 20 cm), surcharges atmosphérique, hydrologique (variations centimétriques)

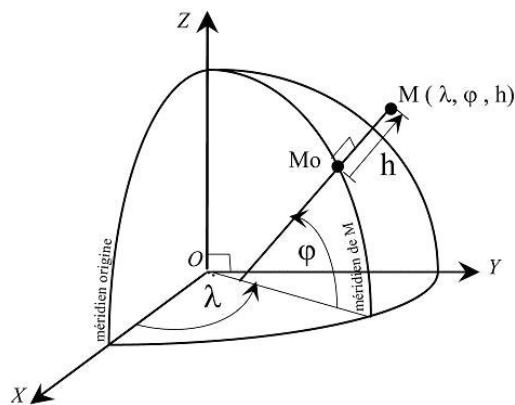
**c. Les coordonnées géographiques : longitude, latitude, hauteur ( $\lambda, \varphi, h$ )**

À un SRT est associé un ellipsoïde de révolution qui est un modèle mathématique de la Terre débarrassée de ses reliefs. Il s'agit approximativement d'une sphère aplatie aux pôles. L'ellipsoïde est centré en O. Son axe de révolution selon le petit axe de l'ellipse méridienne est OZ. Les coordonnées géographiques tridimensionnelles sont associées à l'ellipsoïde.

$\lambda$  : longitude géodésique

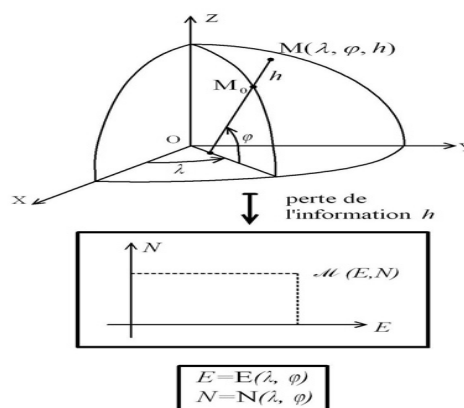
$\varphi$  : latitude géodésique

$h$  : hauteur au dessus de l'ellipsoïde



**d. Les coordonnées planes : Easting, Northing (abscisse et ordonnée : E,N)**

Les coordonnées planes sont utilisées sur les cartes et les plans, dont la réalisation nécessite un système de projection cartographique. Chaque point de la surface terrestre est d'abord projeté sur l'ellipsoïde selon la direction normale. Puis l'ellipsoïde est transformé en surface plane. Les coordonnées associées à cette surface plane sont des coordonnées cartésiennes bidimensionnelles : E (Easting) pour l'abscisse et N (Northing) pour l'ordonnée. Elles sont calculées en fonction de la longitude  $\lambda$  et de la latitude  $\varphi$ . Ces coordonnées sont également appelées coordonnées en projection ou coordonnées cartographiques.



### 5.3 Système de référence verticale (SRV) et altitude

L'altitude d'un point de la surface topographique est, de manière très approchée, la distance entre le point et une surface de référence appelée géoïde. Le géoïde est une équipotentielle du champ de pesanteur ( $W=W_0$ ) qui correspond approximativement au niveau moyen des mers. Plus rigoureusement l'altitude est définie par :

$$H(M) = 1 / \gamma \cdot \Sigma g \cdot dh$$

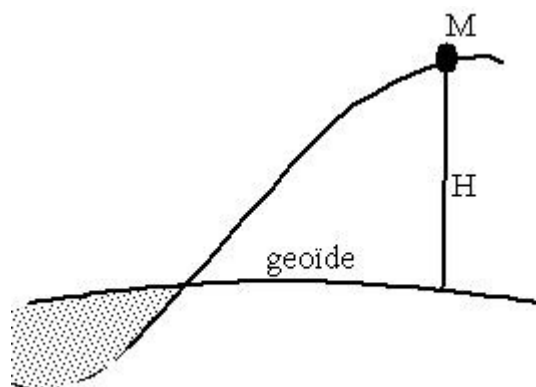
$\gamma$  : valeur moyenne conventionnelle de la pesanteur l'expression de  $\gamma$  définit le type d'altitude : dynamique, orthométrique ou normale)  $\Sigma g \cdot dh$  : quantité de travail pour aller du géoïde au point M

Un SRV est défini par :

Un point fondamental, souvent proche d'un marégraphe, auquel on a attribué une altitude conventionnelle, d'un type précis : cote géopotentielle, altitude dynamique, altitude orthométrique, altitude normale.

La réalisation d'un SRV se fait par technique de nivellement, en mesurant des dénivelées et en déterminant de proche en proche l'altitude de repères de nivellement qui constituent le réseau. On mesure aussi partiellement sur le réseau la valeur de la pesanteur par gravimétrie afin de calculer des différences de potentiel.

Exemples : SRV : IGN69, IGN78, EVRS RRV : NGF, REUN95, NIREF



### 5.4 Système de référence de coordonnées (SRC)

Il existe : De nombreux SRT dont les origines peuvent être à plusieurs centaines de mètres les uns des autres. ( NTF, ED50, RGF93, ITRS, ETRS89, WGS84)(voir liste). De nombreux ellipsoïdes dont les dimensions peuvent différer de plusieurs centaines de mètres (Clarke1880, Clarke1880IGN, HAYFORD1909, GRS80,WGS84). Enfin, de nombreuses représentations planes d'un l'ellipsoïde (UTM, Lambert-93, Conique Conforme 9 zones, Lambert Azimuthal Equal Area) ...

Aussi, pour identifier un jeu de coordonnées, on utilise des Systèmes de Références de Coordonnées (CRS: Coordinate Reference System) qui, selon le type de coordonnées, précisent les éléments de définition nécessaires.

Exemple de système de références de coordonnées : RIG, EPSG, EU\_CRS

### 5.5. Transformation de coordonnées

Transformer des coordonnées signifie passer d'un système de référence à un autre.

Si une transformation ne concerne que le passage d'un type de coordonnées à un autre du même système de référence terrestre, une expression mathématique permet de la réaliser : dans le schéma ci-dessous, il s'agit des transformations en vertical.

Mais, si un changement de système est nécessaire (transformations en horizontal), des paramètres de transition d'un système à l'autre doivent alors être utilisés. Ces paramètres peuvent être uniques pour assurer une transformation exacte et complète (par exemple : la transition entre coordonnées géographiques ne nécessite que la connaissance de deux paramètres d'ellipsoïde) ou peuvent au contraire varier avec le lieu. Des grilles de changements de systèmes (comme GR3DF97A) et de conversion altimétrique (comme ) sont alors nécessaires.

Il existe des logiciels, tels que Circé (référence en France) qui effectuent les transformations de coordonnées.[17]

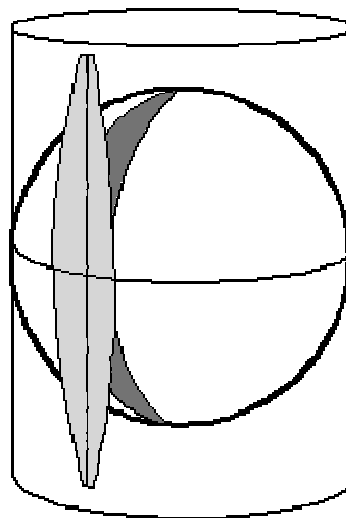
### 5.6. Système de coordonnées UTM(Universal Terrestrial Mercator)

Le système de coordonnées UTM utilisé par les GPS est la projection d'une sphère sur un cylindre qui la tangente à l'équateur. La sphère est découpée en 60 fuseaux de 6° chacun repérés de 1 à 60. Le premier fuseau étant celui aux antipodes ( 180° ) de Greenwich.

Ces coordonnées UTM sont caractérisées par 3 données qui sont :

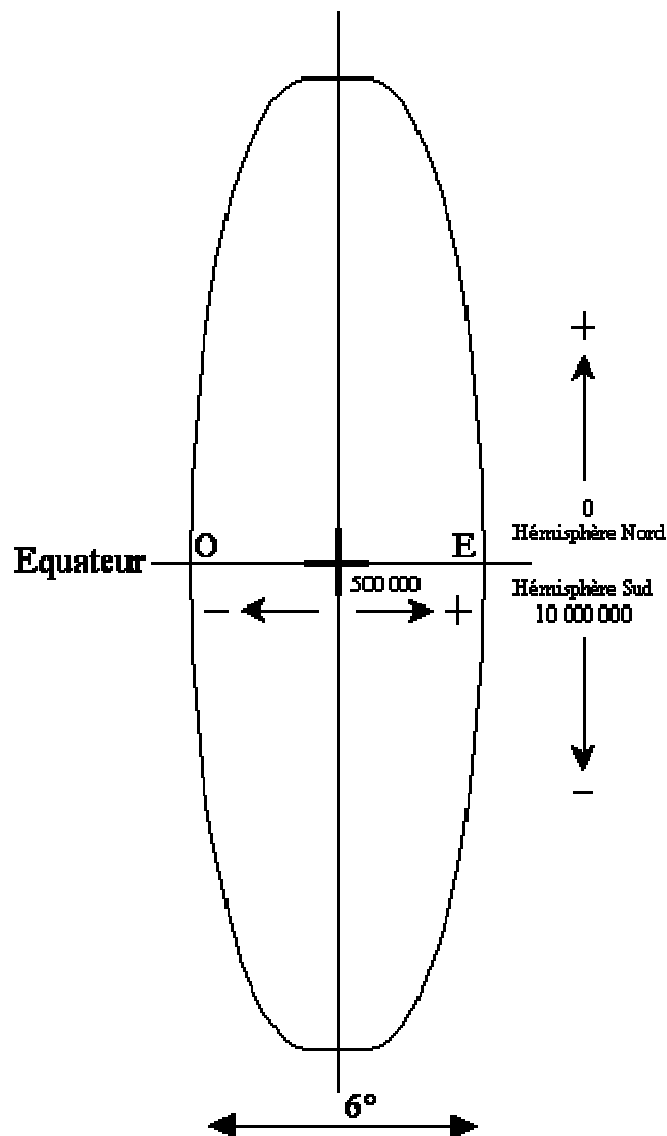
- Le N° de fuseau et l'hémisphère
- La coordonnée Est en mètre.
- La coordonnée Nord en mètre.

Ex : Notre Dame de la Garde à Marseille a pour coordonnées :  
31T E 0692375 N 4795090



Par convention, le centre de chaque fuseau a comme coordonnée Est : 500000 E. Les mètres augmentent en se déplaçant vers l'Est et diminuent vers l'ouest à partir du centre. Cette coordonnée ne peut être négative. Le bord du fuseau est donc théoriquement 0 E. Théoriquement seulement, car le nombre de fuseaux et la circonférence de la terre font que cette coordonnée n'est jamais représentée. Elle fait partie du fuseau précédent.

Pour l'hémisphère Nord, le 0 N est à l'équateur et les mètres augmentent vers le Nord.  
Pour l'hémisphère Sud, l'équateur à pour coordonnée 10 000 000 N et les mètres diminuent vers le pôle sud.

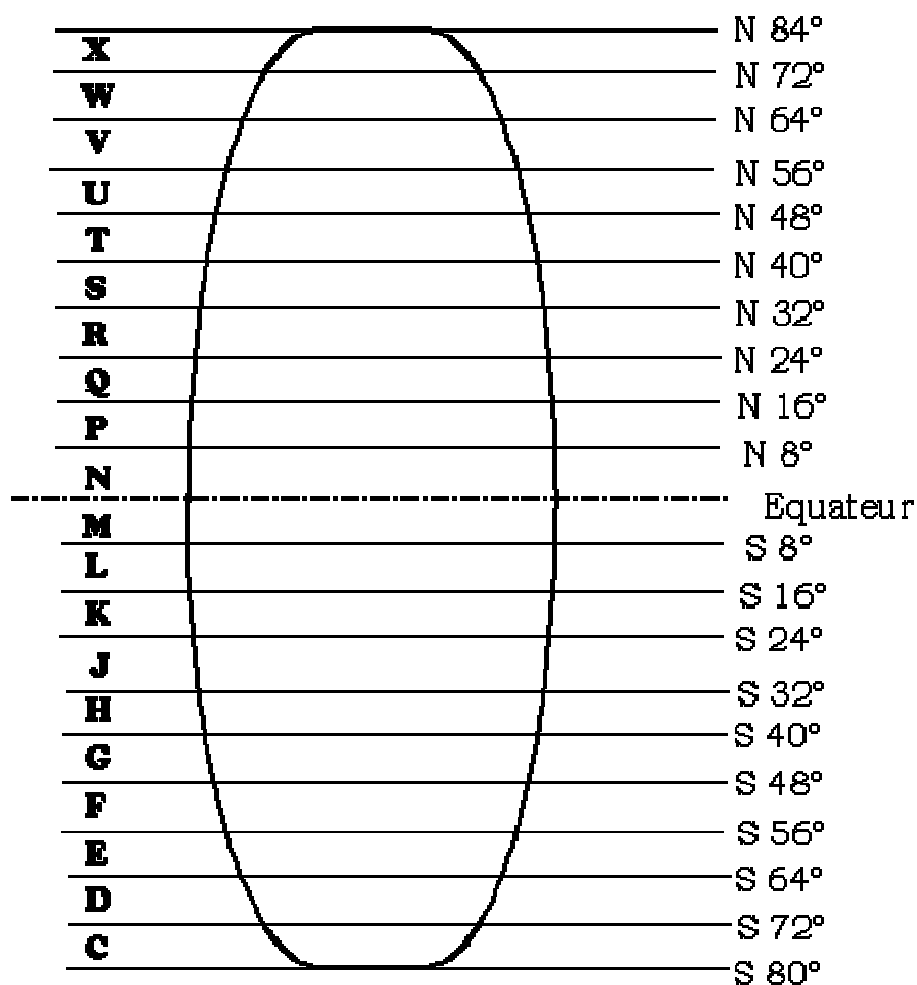


Certains GPS indiquent une lettre lorsque les coordonnées UTM sont rentrées, ou relevées. Ces lettres correspondent à la latitude du point. C à M pour l'hémisphère Sud, N à X pour l'hémisphère Nord. En France, pour Bordeaux qui est au 45<sup>ème</sup> degré Nord par exemple, la lettre sera "T" car cette ville est comprise entre le 40<sup>ème</sup> degré Nord et le 48<sup>ème</sup> degré Nord.

Il y a des lettres absentes de cette représentation qui sont A,B,I,O,Y & Z.

Les pôles de la terre ne sont pas pris en compte dans le système de représentation UTM pour les faits suivants :

- L'erreur de représentation est grande.
- Peu de gens y ont perdu quelque chose. Et puis il fait trop froid là bas!!!..



# Chapitre IV

---

## Présentation de la solution

---

### I- Introduction

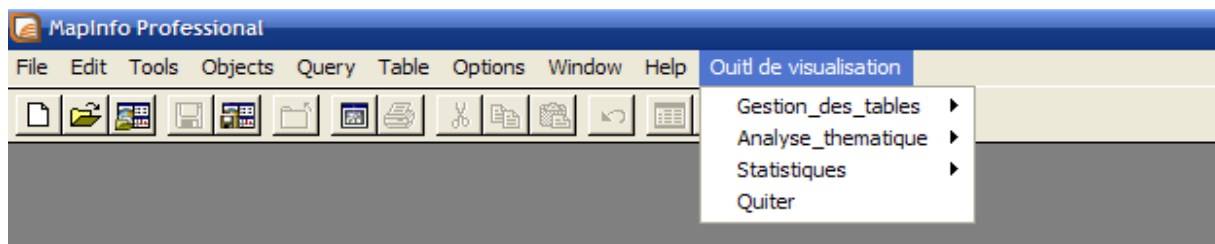
La solution de visualisation consiste à développer un menu dans l'interface de Map Info qui permettra d'ajouter un site, et de noter sa capacité et afficher les sites et différentes données s'y rattachant ainsi que la production de statistiques selon des critères bien déterminés

### II- Logiciels et matériel utilisés

Le matériel utilisé consiste en un ordinateur de bureau de performances courantes (pentium Core 2 Duo, 4 giga de ram et 500 gigas de disque dur

De point de vu logiciel, un Windows XP et le logiciel Map info 10 suffiront

### III- Description des fonctionnalités

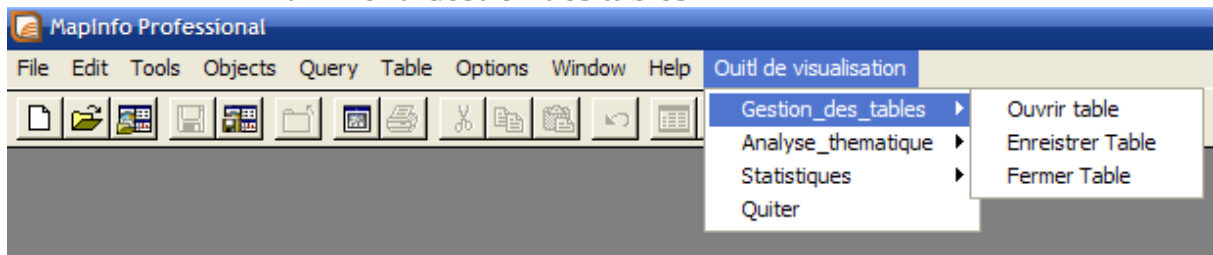


#### 1- Le menu principal comprend les fonctionnalités suivantes :

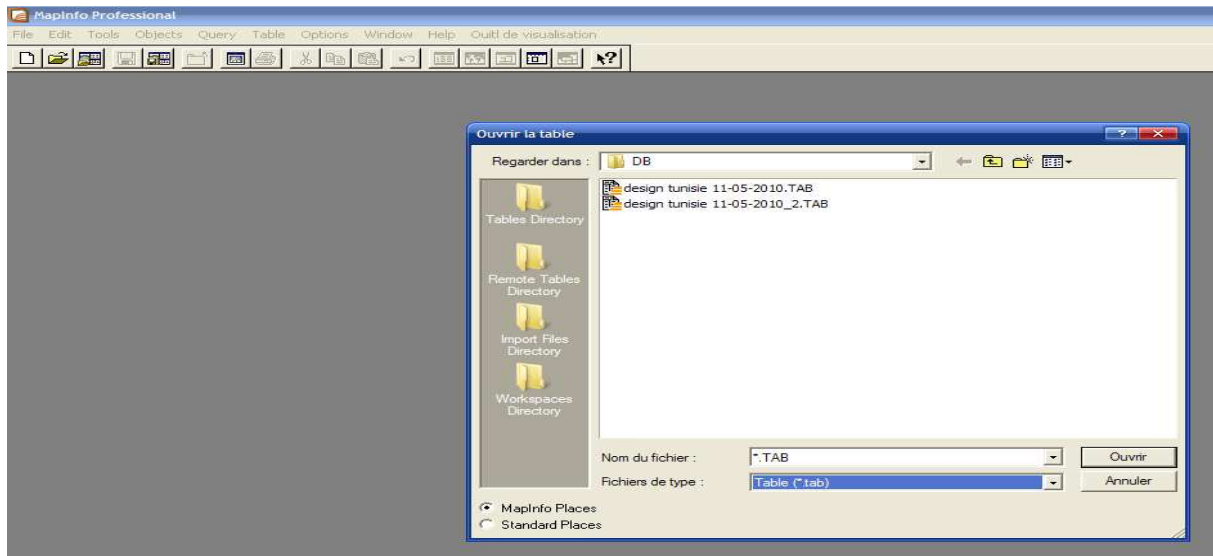
- Gestion des tables pour ouvrir, enregistrer et fermer proprement une table.
- Analyse thématique qui sert principalement à ajouter un point (des coordonnées et des attributs) à une table existante et ouvertes
- Etude statistique sur les tables dans ce cas ce sera des statistiques simples sur le colonnes des tables et affichage des résultats dans des boites de dialogues.

## 2- Illustration en capture d'écrans

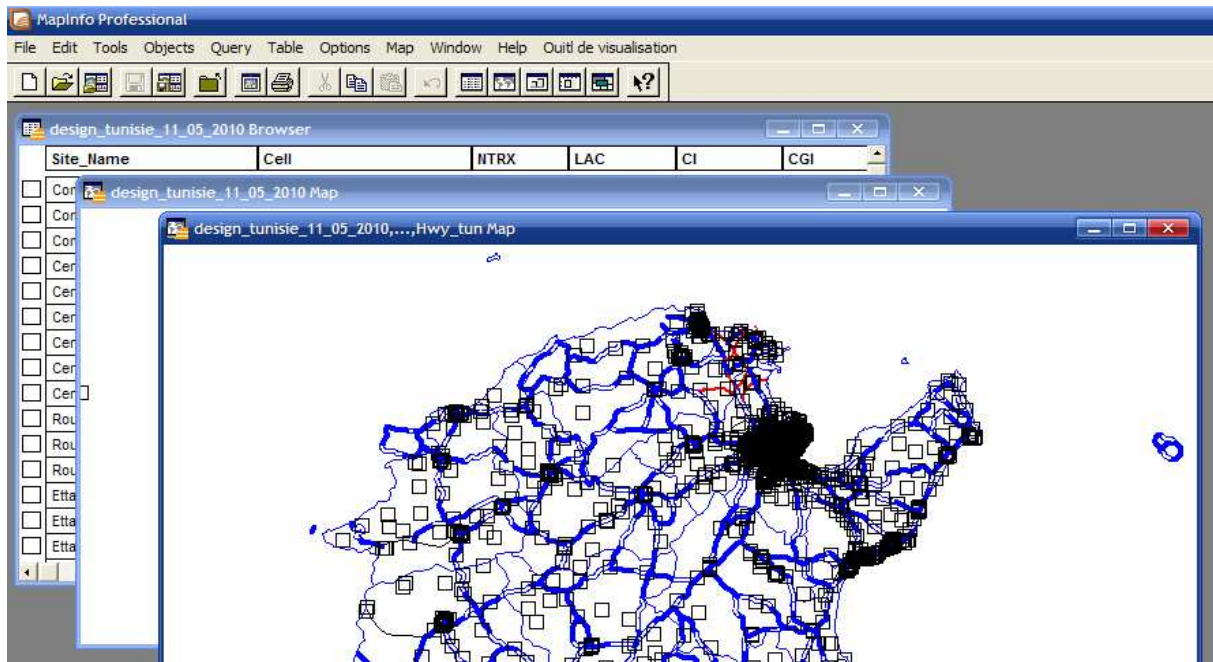
### a- Menu Gestion des tables



### a. Ouverture des tables

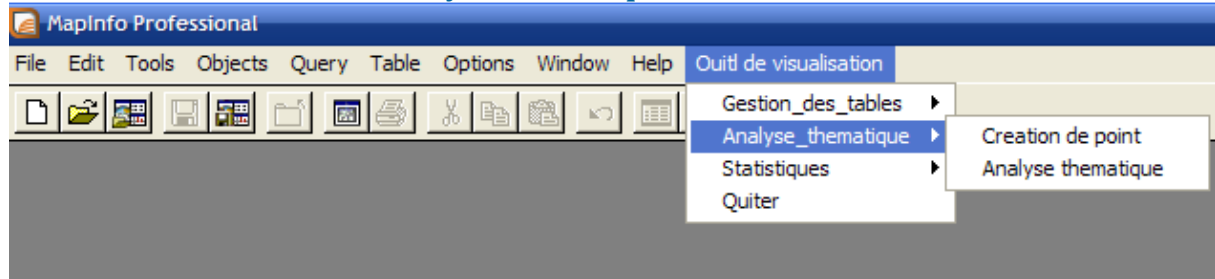


Appel à laboite de dialogue pour choisir la ou les tables à ouvrir

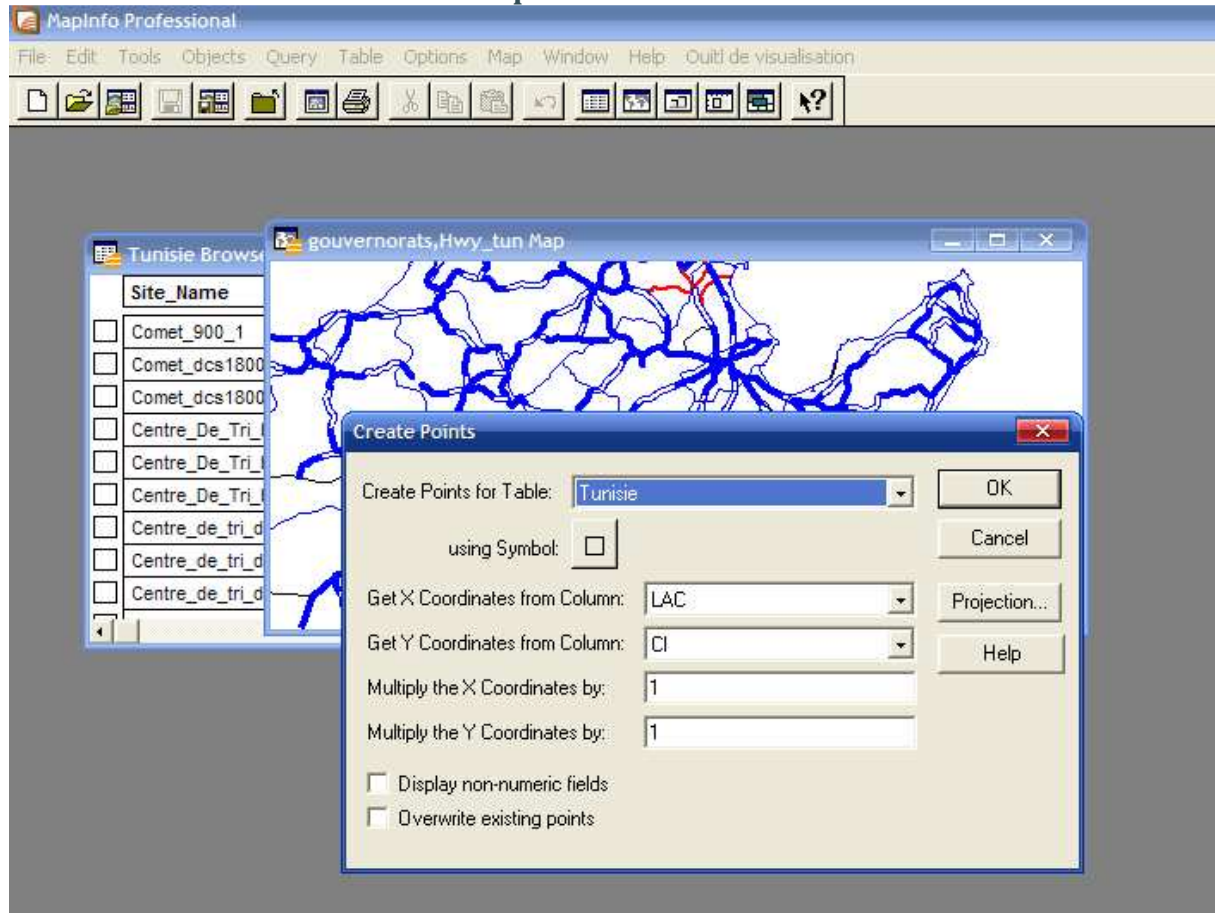


Superposition de stables ouvrtes(table gouverorat, table reseau routier et table des position des ites)

### 3- Menu analyse thématique

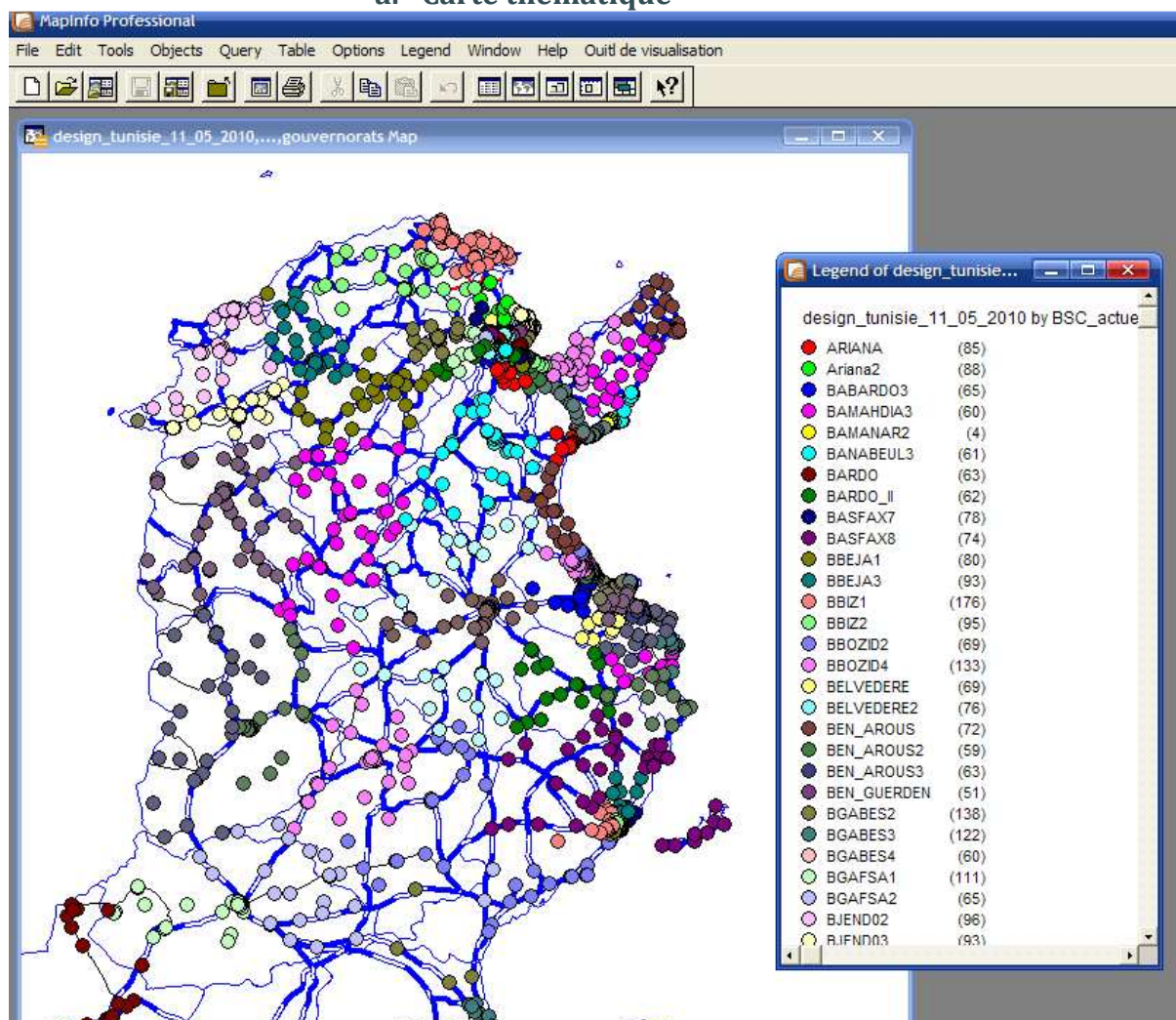


#### a- Création de point





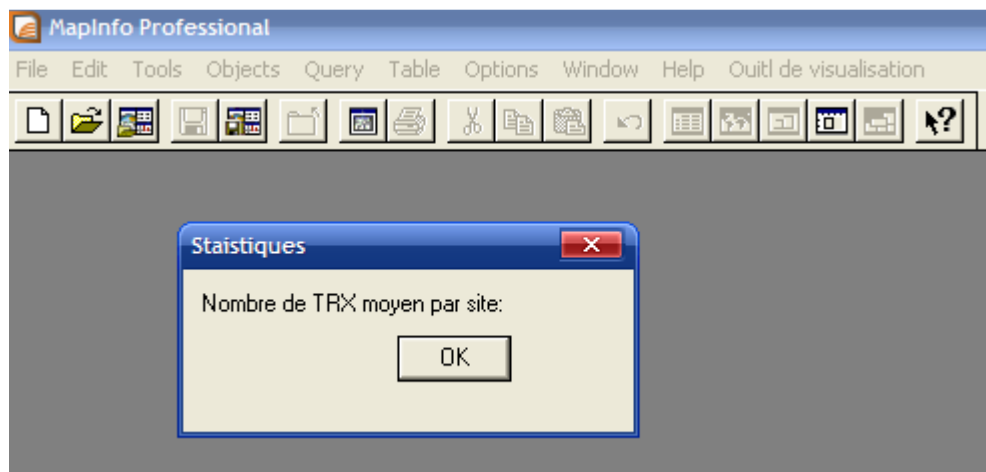
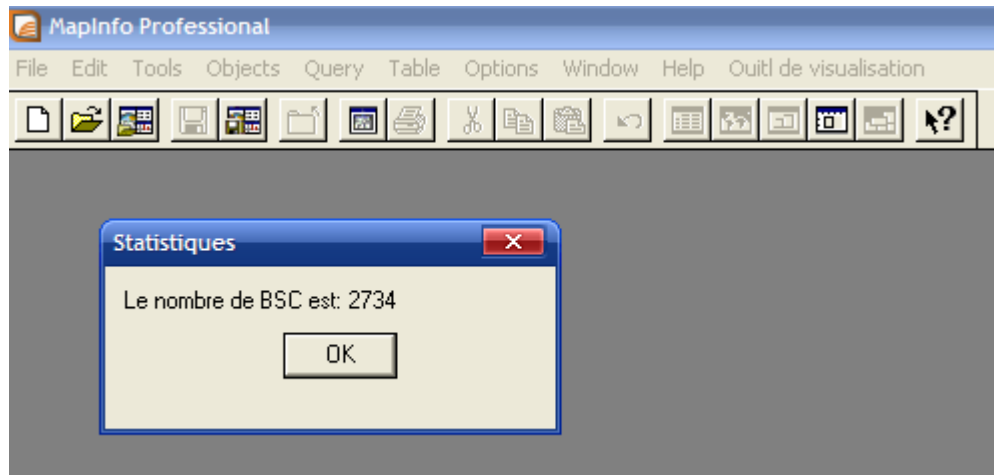
## a. Carte thématique



Etude thématique selon l'emplacement des BSC.

#### 4- Statistiques

Ce menu a pour but de présenter quelques statistiques sur la table exemple ici nombre de cellules et nombre moyen de TRX par ce site



#### IV- Conclusion et évolutions

Pour conclure ce projet, je tiens à insister qu'il m'a permis d'approfondir mes connaissances dans le domaine des réseaux mobiles, découvrir un nouveau domaine en plein essor qui est le SIG et qui est le cœur de métier de l'entreprise ou je travaille à savoir NGI Maghreb [www.ngi-maghreb.com](http://www.ngi-maghreb.com).

D'un autre côté ce projet permettra aux services concernés à Tunisie télécom [www.tunisiatelecom.tn](http://www.tunisiatelecom.tn) d'avoir une vue d'ensemble sur leur équipements BSS afin de moderniser les équipements ou améliorer les services ou encore planifier des évolutions.

## Bibliographie

- [1] [http://fr.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9l%C3%A9phonie\\_mobile](http://fr.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9l%C3%A9phonie_mobile)
- [2][3] [http://www.memoireonline.com/07/10/3741/m\\_Evolution-technologique-de-la-3G-et-3G1.html](http://www.memoireonline.com/07/10/3741/m_Evolution-technologique-de-la-3G-et-3G1.html)
- [4] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Universal\\_Mobile\\_Telecommunications\\_System](http://fr.wikipedia.org/wiki/Universal_Mobile_Telecommunications_System)
- [5] <http://fr.wikipedia.org/wiki/4G>
- [6] [http://www.technologuepro.com/gsm/chapitre\\_2\\_GSM.htm](http://www.technologuepro.com/gsm/chapitre_2_GSM.htm)
- [7] <http://www-lor.int-evry.fr/~vincent/expArad/arad2004/umts/>
- [8] [http://perso.citi.insa-lyon.fr/jmgorce/cours/TPs\\_docs\\_GSM.pdf](http://perso.citi.insa-lyon.fr/jmgorce/cours/TPs_docs_GSM.pdf)
- [9] <http://www710.univ-lyon1.fr/~btouranc/M2SIR/TER09/Nguyen.pdf>
- [10] [http://fr.wikipedia.org/wiki/General\\_Packet\\_Radio\\_Service](http://fr.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service)
- [11] [http://www.tafats.fr/Techniques/Telephonie\\_mobile/Telephonie\\_mobile.html](http://www.tafats.fr/Techniques/Telephonie_mobile/Telephonie_mobile.html)
- [12] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me\\_d%27information\\_g%C3%A9ographique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_d%27information_g%C3%A9ographique)
- [13] <http://www.esrfrance.fr/sig2.asp>
- [14] <http://www.esrfrance.fr/sig4.asp>
- [15] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste\\_des\\_logiciels\\_SIG](http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_logiciels_SIG)
- [16]  
<http://seig.ensg.ign.fr/fichchap.php?NOFICHE=FP22&NOCONT=CONT3&NOCHEM=CHEMS007&NOLISTE=1&N=6&RPHP=&RCO=&RCH=&RF=&RPF=>
- [17] <http://geodesie.ign.fr/index.php?page=srt>