

**Sujet :**

Étude et Proposition de Technique de Migration Optimale de  
Réseaux GSM vers l'UMTS

Élaboré par : Ltaief Hamdi  
Encadré par : Mr Kamel Khediri

## **RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES**

Présenté en vue de l'obtention du **L**icence **A**ppliquée en **S**cience  
et **T**echniques de l'**I**nformation et de **C**ommunications

UNIVERSITE VIRTUELLE DE TUNIS

Année Universitaire 2010 / 2011

## ***Dédicaces***

*Comme marque de connaissance et d'amour avec honneur et plaisir je dédie Ce modeste travail :*

*A mon cher père pour son amour tout au long de mes études et ce lui qui m'a encouragé face au défi et m'a appris les termes de l'existence, de vouloir de bien être.*

*A ma mère pour sa patience. Tu as été pour moi la lumière de mon chemin. Tu resteras toujours à mes yeux le symbole du sacrifice.*

*« Que dieu vous préserve le bonheur vous accorde la bonne santé et la longue vie et m'aide à pouvoir éclairer votre future et à être à la hauteur de votre amour pour moi »*

*A ma sœur et mes frères qu'ils trouvent ici une modeste preuve de ma profonde gratitude et ma sincère reconnaissance.*

*A tous mes amis(e) sans exception et à tous ceux qui me sont chers dans ce monde.*

*..... Itaiéf Hamdi*

## *Remerciements*

*Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur Jenayeh Wissem le directeur de la société 'Jentel'.*

*J'ai le plaisir d'exprimer mes vifs remerciements à monsieur Khediri Kamel pour ses compétences, ses efforts, sa bienveillance et sa disponibilité, car malgré son occupation il a pu trouver le temps et le plaisir pour m'aider et me conseiller concernant les missions évoqués dans ce rapport, qu'il m'apporter lors des différents suivis.*

*A l'ensemble de personnel de la société Jentel avec qui j'ai été amené a travaillé.*

*J'adresse enfin mes remerciements à tous les professeurs de l'université virtuelle de tunis.*

# Résumé

Le déploiement d'un réseau UMTS constitue un investissement colossal lié essentiellement au coût des infrastructures. La mise en place du réseau d'accès radio représente une partie majoritaire du total des investissements en infrastructures. Dans ce contexte, l'optimisation des réseaux d'accès radio devient, pour un opérateur, un enjeu fondamental permettant d'économiser ses investissements, de réduire le nombre de sites à déployer, et de garantir une bonne qualité de service aux utilisateurs.

L'objectif de ce projet est d'optimiser l'emplacement des sites UMTS en se basant sur des modèles de propagations et de trafic bien définis. Nous entamons ce projet par une présentation générale du réseau UMTS et une étude d'un réseau radio WCDMA. A la lumière de cette étude, nous avons proposé une méthode de migration du réseau GSM au réseau UMTS. Cette méthode nous a permis de maximiser la couverture du réseau UMTS tout en minimisant le coût de la migration. Enfin, les performances de cette méthode ont été validées par l'étude de la migration du réseau GSM de Tunisie Télécom du centre ville de Tunis vers l'UMTS.

## Mot clefs :

UMTS, WCDMA, Couverture, Optimisation.

# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	1
I. Présentation de la société Jentel .....	2
II. Disfonctionnement : .....	2
III. Définition du projet : .....	2

## **Chapitre I: Introduction au Réseau UMTS**

Introduction .....	3
I. Objectifs .....	3
II. Classes de qualité de service .....	4
III. Interface radio .....	5
IV. Fréquences.....	6
V. Architecture d'un réseau UMTS .....	7
1. Architecture globale .....	7
2. Équipement d'abonné.....	8
3. Réseau d'accès .....	8
4. Réseau cœur .....	9
5. Interfaces ouvertes.....	10
VI. Terminaux .....	11
Conclusion.....	12

## **Chapitre II: Interface Radio W-CDMA**

Introduction .....	13
I. Modes FDD et TDD .....	13
II. Le CDMA.....	15
III. Problèmes et performances du W-CDMA .....	19

1. Avantages .....	19
2. Contrôle de puissance.....	20
3. Transfert intercellulaire .....	21
IV. Planification du réseau radio .....	23
Conclusion.....	26

### **Chapitre III: Etude de la migration vers l'UMTS**

Introduction .....	27
I. Présentation du réseau GSM .....	27
II. Analyse du trafic .....	28
III. Calcul de la portée des sites en utilisant la technique WCDMA .....	29
IV. Résultats de la simulation.....	31
V. Evaluation des résultats et analyse des performances .....	32
Conclusion.....	34

### **Chapitre IV: Planification d'un réseau UMTS**

Introduction .....	35
I. Définition des besoins .....	35
II. Première méthode de migration .....	35
1. Les étapes de l'algorithme.....	35
2. Les résultats de la simulation .....	37
3. Interprétation des résultats .....	39
III. Deuxième méthode de migration .....	39
1. Les étapes de l'algorithme.....	39
2. Résultats obtenus.....	42
3. Interprétation des résultats .....	44
Conclusion.....	44
<b>Conclusion Générale .....</b>	<b>45</b>
Annexe I .....	46

Annexe II.....	47
Annexe III .....	49
Bibliographie.....	50

# Liste des figures

<b>Figure 1 : Interfaces radio et fréquences .....</b>	<b>6</b>
<b>Figure 2 : Architecture globale d'un réseau UMTS.....</b>	<b>7</b>
<b>Figure 3 : Équipement d'utilisateur .....</b>	<b>7</b>
<b>Figure 4 : Architecture du réseau d'accès radio .....</b>	<b>9</b>
<b>Figure 5 : Réseau cœur.....</b>	<b>10</b>
<b>Figure 6 : Terminaux UMTS.....</b>	<b>12</b>
<b>Figure 7 : Modes d'accès duplex .....</b>	<b>14</b>
<b>Figure 8 : Modes de partage des ressources radio.....</b>	<b>14</b>
<b>Figure 9 : Principe du CDMA .....</b>	<b>16</b>
<b>Figure 10 : Génération des séquences de codage.....</b>	<b>18</b>
<b>Figure 11 : Arbre des codes .....</b>	<b>19</b>
<b>Figure 12 : Handover en douceur. Sélection trame par trame.....</b>	<b>22</b>
<b>Figure 13 : Softer et soft handovers .....</b>	<b>22</b>
<b>Figure 14 : Configuration initiale du réseau GSM.....</b>	<b>27</b>
<b>Figure 15 : Analyse du trafic GSM .....</b>	<b>28</b>
<b>Figure 16 : Recherche de la couverture des sites UMTS .....</b>	<b>30</b>
<b>Figure 17 : Couverture des sites GSM/UMTS pour un taux de pénétration de 10%.....</b>	<b>31</b>
<b>Figure 18 : Couverture des sites GSM/UMTS pour un taux de pénétration de 40%.....</b>	<b>31</b>
<b>Figure 19 : Taux de recouvrement par site pour un taux de pénétration de 10% .....</b>	<b>32</b>
<b>Figure 20 : Taux de recouvrement par site pour un taux de pénétration de 40% .....</b>	<b>33</b>
<b>Figure 21 : Taux de couverture pour les deux scénarios.....</b>	<b>33</b>
<b>Figure 22 : Organigramme de l'algorithme d'optimisation .....</b>	<b>36</b>
<b>Figure 23 : Configuration du réseau après application du premier algorithme d'optimisation pour un taux de pénétration égal à 10% .....</b>	<b>37</b>
<b>Figure 24 : Configuration du réseau après application du premier algorithme d'optimisation pour un taux de pénétration égal à 40% .....</b>	<b>37</b>



<b>Figure 25 :</b> Taux de recouvrement par site après application du premier algorithme pour un taux de pénétration égal à 10% .....	38
<b>Figure 26 :</b> Taux de recouvrement par site après application du premier algorithme pour un taux de pénétration égal à 40% .....	38
<b>Figure 27 :</b> Taux de couverture pour les deux scénarios .....	39
<b>Figure 28 :</b> Organigramme de l'heuristique .....	41
<b>Figure 29 :</b> Configuration du réseau après application de l'heuristique (deuxième méthode) pour un taux de pénétration égal à 10% .....	42
<b>Figure 30 :</b> Configuration du réseau après application de l'heuristique (deuxième méthode) pour un taux de pénétration égal à 40% .....	42
<b>Figure 31 :</b> Taux de recouvrement par site après application de l'heuristique (deuxième méthode) pour un taux de pénétration égal à 10% .....	43
<b>Figure 32 :</b> Taux de recouvrement par site après application de l'heuristique (deuxième méthode) pour un taux de pénétration égal à 40% .....	43
<b>Figure 33 :</b> Taux de couverture après application de l'heuristique (deuxième méthode) pour les deux scénarios considérés .....	44

# Abbreviations

<b>3G</b>	<b>3rd Generation Mobile Communication System</b>
<b>CAMR</b>	<b>Conférence Administrative Mondiale des Radiofréquences</b>
<b>CDMA</b>	<b>Code Division Multiple Access</b>
<b>CEPT</b>	<b>Conférence Européenne des Postes et Télécommunications</b>
<b>CN</b>	<b>Core Network</b>
<b>FDD</b>	<b>Frequency Division Duplex</b>
<b>GPRS</b>	<b>General Packet Radio Service</b>
<b>GSM</b>	<b>Global System for Mobile Telecommunications</b>
<b>IMT2000</b>	<b>International Mobile Telephony</b>
<b>ME</b>	<b>Mobile Equipment</b>
<b>OVSF</b>	<b>Orthogonal Variable Spreading Factor</b>
<b>RAN</b>	<b>Radio Access Network</b>
<b>TDD</b>	<b>Time Division Duplex</b>
<b>UMTS</b>	<b>Universal Mobile Telecommunication System</b>
<b>USIM</b>	<b>UMTS Subscriber Identity Module</b>
<b>UTRAN</b>	<b>UMTS Terrestrial Radio Access Network</b>
<b>WCDMA</b>	<b>Wideband Code Division Multiple Access</b>

## **Introduction générale**

L'UMTS est l'acronyme d'Universal Mobile Télécommunications System. Les systèmes de première et deuxième générations étaient considérés comme des systèmes de téléphonie mobile, donc la troisième génération se différencie des deux précédentes par le fait que l'on passe de téléphonie à télécommunication ce qui sous-entend l'apparition de services multimédia à tout instant et en tout lieu.

La GSM a apporté et fait de la téléphonie mobile un produit de grande consommation. Sa phase 2+, le GPRS, ouvre la voie de la transmission de données ainsi préparer la venue de l'UMTS.

L'UMTS fait partie de la famille IMT 2000 et dont les spécifications techniques sont développées au sein du 3GPP. L'architecture de ce système est composée essentiellement d'un réseau terrestre d'accès radio, l'UTRAN (Universal terrestrial Radion Access Network) et d'un réseau cœur dérivé de celui spécifié pour la phase 2+ du GSM.

Pour vous présenter cette nouvelle technologie de télécommunications sans-fil, nous allons dans un premier chapitre présenter l'architecture générale du système de télécommunications UMTS, un deuxième chapitre sera consacré à l'analyse de la couverture des sites WCDMA. Dans le troisième et le quatrième chapitre, nous allons étudier la migration du réseau GSM du centre ville de Tunis vers l'UMTS en se basant seulement sur l'infrastructure GSM existante.

## **I. Présentation de la société Jentel**

La société Jentel est une société de service et de commercialisation dans le domaine de télécommunication créé en Avril 2005 sous forme juridique SARL situé à Sousse. Elle offre comme services l'installation et maintenance des réseaux téléphonique.

## **II. Disfonctionnement :**

- La société n'a touché que les clients de la région du centre ou hors région l'idée de contacter des clients hors pays n'a pas été posée.
- l'inexistence de service de marketing.

## **III. Définition du projet :**

Les sites GSM ne sont pas forcément des bons sites radio UMTS.

Afin de réduire les dépenses relatives à l'implantation des équipements radio UMTS, les opérateurs des réseaux GSM doit exploiter au maximum l'infrastructure existante abritant déjà des équipements GSM. Dans le cadre de ce projet, nous proposons des techniques permettant aux opérateurs d'avoir une configuration optimale du réseau UMTS en exploitant au maximum l'infrastructure existante en se basant sur la connaissance de la répartition spatiale du trafic GSM et la répartition géographique de site radio GSM .

## **Introduction**

Après les systèmes analogiques de première génération dans les années 1980 et le GSM dans les années 1990, les radiocommunications cellulaires sont en 2000 à l'aube du déploiement de systèmes de troisième génération. L'UMTS (Universal Mobile Télécommunication System) est la version européenne de l'IMT2000 (International Mobile Télécommunication) la norme mondiale pour ces systèmes de troisième génération. Le marché visé n'est plus seulement celui de la radiotéléphonie mais celui du multimédia mobile, avec notamment l'accès à haut débit à Internet sur un terminal portatif mobile ou la transmission en temps réel d'images haute résolution et de vidéos. [1]

### **I. Objectifs**

L'objectif de l'UMTS est d'assurer la continuité avec les services actuelles de téléphone mobile et de supporter des services de transmission de données en paquet à haut débit avec différente qualité de service pour des systèmes mobile d'accès internet.

Avec l'UMTS en Europe, et plus généralement avec le projet IMT2000, trois secteurs indépendants du monde de la communication sont appelés à converger :

- le **secteur informatique** avec la transmission de données, qui devient un service de base, largement utilisé.
- le **secteur de la vidéo**, totalement absent des réseaux de deuxième génération ;
- le **secteur de la voix**, vecteur traditionnel des services des réseaux de première et deuxième générations.

Un des grands défis de l'UMTS est de faire travailler ensemble les acteurs de ces différents secteurs et d'inventer les services nouveaux représentatifs de cette convergence. On peut d'ores et déjà citer des services qui, venant d'un des trois domaines, par enrichissement au contact d'un ou des deux autres, deviennent de vrais services nouveaux qui n'existeraient pas sans l'UMTS :

- la visiophonie
- la vidéo à la carte et tous les services vidéo interactifs, comme la surveillance vidéo à distance
- en déplacement, l'accès rapide à Internet, la messagerie électronique sur un ordinateur portable ;
- des services basés sur la localisation du mobile, comme les services de renseignement personnalisé. [2]

## **II. Classes de qualité de service**

### **- Classe A : mode conversation (*conversationnel*)**

La classe A regroupe les applications en mode phonie et visiophonie, c'est-à-dire les conversations entre deux ou plusieurs personnes. Pour ces applications, la quasi-instantanéité du transfert de l'information est le paramètre essentiel. Par contre, la perception humaine tolère et corrige dans une certaine mesure les erreurs de transmission, qu'il s'agisse d'une parole déformée ou d'une image imparfaite [3].

**Exemple :** La téléphonie, la visiophonie ou des jeux vidéo constituent des services de classe A.

### **- Classe B : mode flux de données (*streaming*)**

La classe B est la classe des applications asymétriques correspondant à une communication entre un utilisateur et un serveur. Principalement, l'utilisateur interroge le serveur par une requête limitée en quantité d'information et en débit, le serveur transmettant au contraire une quantité importante d'informations, si possible à un débit élevé. Par rapport à la classe A, le retard dans le transfert des données peut être plus important sans que la qualité de service perçue par l'utilisateur en soit affectée [3].

**Exemple :** Des services de la classe B sont la vidéo à la demande, la diffusion de programmes musicaux ou des transferts d'images.

### **- Classe C : mode interactif (*interactive*)**

Comme pour la classe B, les services de classe C impliquent un utilisateur et un serveur mais cette fois, le dialogue est interactif et il s'agit d'un serveur de données ou d'applications

informatiques, comme des pages Internet, par exemple. L'absence de signaux de parole ou vidéo conduit à relâcher la contrainte sur la transmission en temps réel. La réponse à la demande de l'utilisateur doit juste lui parvenir dans un délai psychologiquement acceptable. Par contre, s'agissant de fichiers informatiques, il est essentiel que l'information ne soit pas altérée par la qualité de la transmission [3].

**Exemple :** Il s'agit ici de la navigation sur Internet, du transfert de fichiers, des applications de commerce électronique.

- **Classe D : mode tâche de fond (*background*)**

La classe D est similaire à la classe C mais les informations transmises ont un moindre degré de priorité. Le délai de transmission peut être plus long [3].

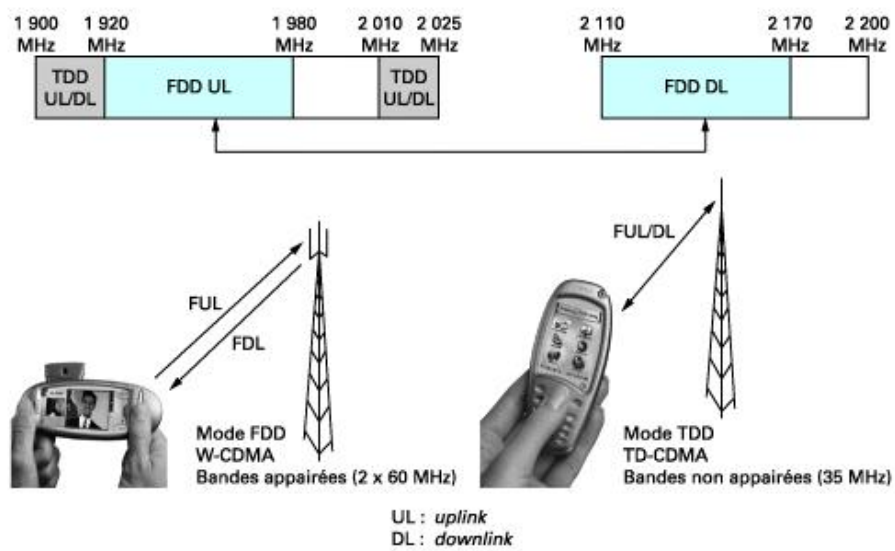
**Exemple :** C'est le cas d'une transmission de fax ou de messages courts.

### **III. Interface radio**

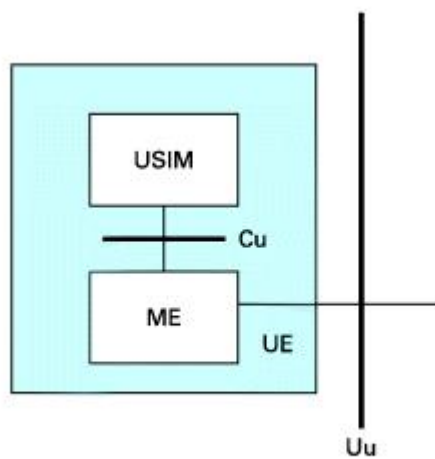
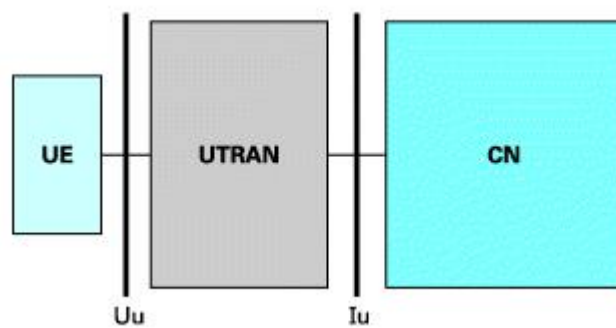
L'UMTS utilise des technologies différentes de celles du GSM, ce qui a une incidence directe sur le RAN UMTS. Les principales différences sont :

- une nouvelle technique d'accès multiple : l'accès multiple à répartition des codes à bande élargie (AMRC à bande élargie ou W-CDMA) ;
- un environnement de trafic multiservice ;
- l'utilisation du mode de transfert asynchrone (ATM) comme protocole de transport dans le RAN (R'99 des normes UMTS).

L'un des aspects essentiels des réseaux cellulaires est la technique d'accès multiple adoptée pour l'interface radio entre l'équipement d'utilisateur et le Node B. La technique choisie doit diviser d'une manière optimale le spectre radioélectrique disponible (MHz) en un certain nombre de canaux et définir comment ces canaux sont alloués aux nombreux usagers (abonnés) accédant au réseau. Le W-CDMA a été choisi en raison des contraintes propres à l'interface radio UMTS : débits variables, qualité de service (QoS) variable, etc [4].







L'interface Cu est l'interface entre ME et USIM.

Entre l'utilisateur et le réseau d'accès, se trouve le terminal utilisateur (UE : User Equipment). A ce niveau, deux **interfaces** apparaissent :

- l'interface Uu, qui est l'interface air entre le terminal usager et le réseau d'accès. Il s'agit de l'interface, évidemment totalement ouverte, qui utilise la couche physique W-CDMA.
- l'interface Iu qui relie le réseau d'accès au réseau cœur [6].

## **2. Équipement d'abonné**

Le terminal utilisateur est composé des deux éléments suivants :

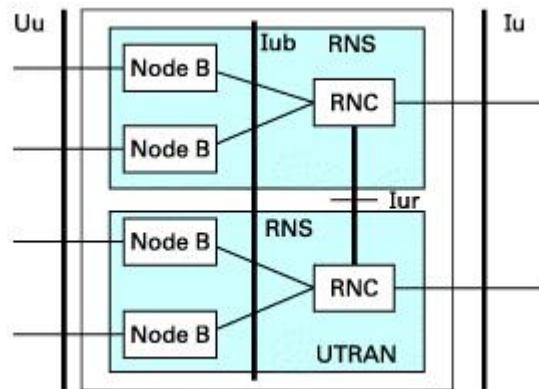
- le terminal mobile (ME : Mobile Equipment), qui est l'équipement électronique émetteur-récepteur et interface homme-machine. Il peut prendre des formes variées (portatif de radiotéléphonie, terminal de transmission de données ou terminal multimédia, visiophone mobile, etc.) ;
- la carte USIM (UMTS Subscriber Identity Module), carte à puces aux fonctionnalités très voisines de celles de la carte SIM des réseaux GSM. Elle contient l'identité de l'abonné et certaines informations relatives à cet abonnement, les algorithmes d'authentification, les clés d'authentification et de cryptage [6].

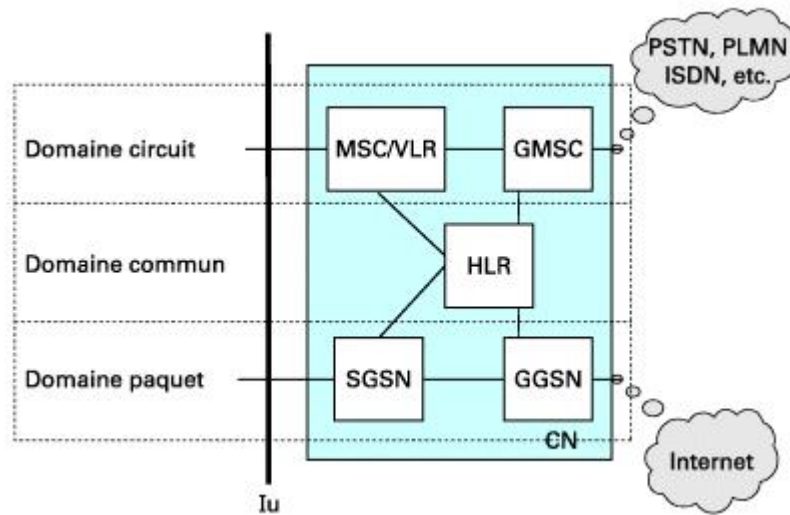
## **3. Réseau d'accès**

Le réseau d'accès radio, tel que représenté dans la **Figure 4**, est constitué d'un ou de plusieurs sous-systèmes radio (RNS : Radio Network Sub-system), qui comprennent chacun un contrôleur de réseau radio (RNC : Radio Network Controller) et des stations de base, qu'on appelle nodes B [1].

### **- RNC**

Le RNC s'interface avec le réseau cœur au travers de l'interface Iu, qui regroupe en fait deux interfaces possibles, IuCS ou IuPS selon que le réseau cœur appartient au domaine circuit ou au domaine paquet.





- **Interface Iu**

L'interface Iu, qui relie le réseau d'accès radio au réseau cœur, peut être de deux types, IuCS pour le domaine circuit ou IuPS pour le domaine paquet, ce qui permet de choisir des technologies de transport différentes en fonction du domaine. [5]

- **Interface Iub**

Un node B est composé d'un port commun de contrôle et d'un ensemble de points de terminaison de trafic, chacun de ces points étant contrôlé par un port dédié de contrôle. Il n'y a aucune relation entre les points de terminaison de trafic et les cellules. [5]

- **Interface Iur**

Cette interface, créée pour supporter le mécanisme de *soft handover* inter-RNC, supporte également :

- la gestion de la mobilité inter-RNC ;
- le canal dédié de trafic ;
- le canal commun de trafic ;
- la gestion globale des ressources [5].

## VI. Terminaux

Évidemment, cette convergence de trois secteurs a des conséquences importantes sur le terminal de l'abonné. On ne peut pas imaginer l'utilisateur se déplaçant en permanence avec un radiotéléphone portatif comme ceux que nous connaissons avec les systèmes de deuxième génération. Les photos de la **figure 6** montrent des maquettes qui simulent les futurs terminaux UMTS. Ils comportent tous un écran large, en couleurs, une caméra vidéo et un clavier alphanumérique ergonomique, éventuellement tactile (sur l'écran) pour gagner de la place. Ce sont de vrais terminaux multimédias. On ne peut pas imaginer le succès de l'UMTS sans une large diffusion de ces terminaux [8].



## Introduction

L'UMTS s'appuie sur une architecture de réseau cœur GSM/GPRS, introduit une toute nouvelle interface radio W-CDMA basée sur la technologie CDMA. Cette technologie apporte des ruptures majeures dans la gestion des ressources radio et dans l'ingénierie du réseau qui dépendent fortement du niveau d'interférence créée dans le réseau. Des mécanismes complexes de gestion de la qualité de service ont été élaborés pour permettre d'offrir la palette complète des services multimédias attendus pour ces systèmes 3G.

### I. Modes FDD et TDD

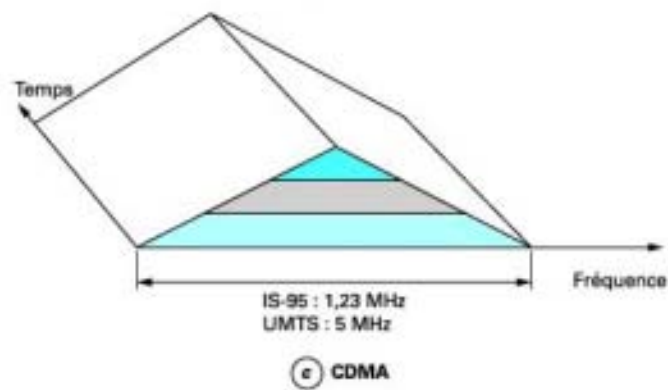
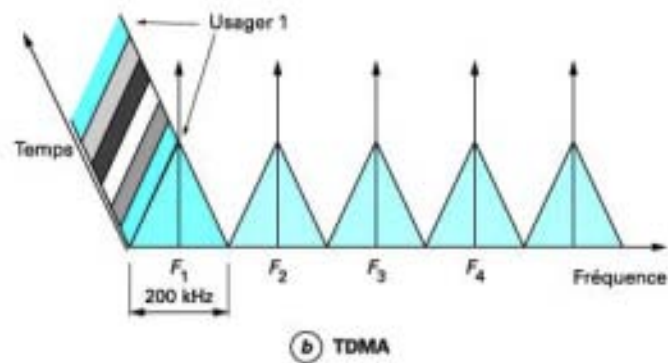
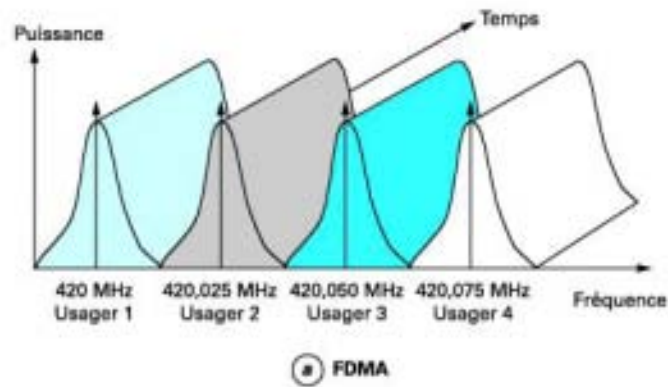
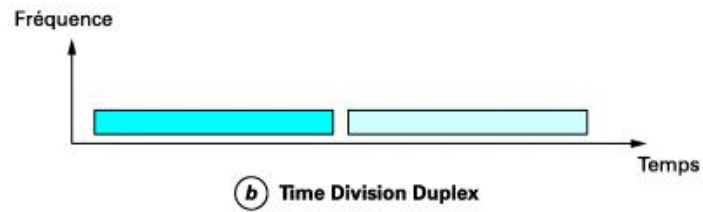
Un système de radiocommunications bidirectionnel doit transmettre des signaux dans le sens mobile vers réseau, dit *sens montant*, et dans le sens réseau vers mobile, dit *sens descendant*. Les systèmes de radiocommunications professionnelles ont longtemps toléré de n'utiliser qu'une fréquence radio commune aux deux sens, les interlocuteurs prenant la parole à tour de rôle : c'est le mode d'accès à l'alternat. Les systèmes cellulaires étant ouverts à un large public, il a été dès l'origine nécessaire de prévoir un système permettant aux deux utilisateurs en communication de parler simultanément, comme c'est le cas en téléphonie fixe : c'est le **mode d'accès duplex (Figure 7)** [9].

#### - FDD

Dans un premier temps, c'est-à-dire pour les réseaux analogiques et pour le GSM, la seule solution retenue pour fournir un accès duplex a consisté à appairer des couples de fréquences, l'écart entre ces fréquences étant constant et appelé **écart duplex** [9].

#### - TDD

Avec l'apparition des systèmes numériques, et notamment du mode d'accès à répartition dans le temps, où le signal à transmettre est découpé en intervalles de temps élémentaires de moins de 1 ms chacun (577  $\mu$ s en GSM, par exemple), il a été possible de concevoir des systèmes où l'accès duplex consiste à allouer des intervalles de temps successifs à des sens de transmission différents. L'UMTS présente l'originalité de supporter **les deux modes** FDD (dans les bandes appariées) et TDD (dans les bandes non appariées) [9].





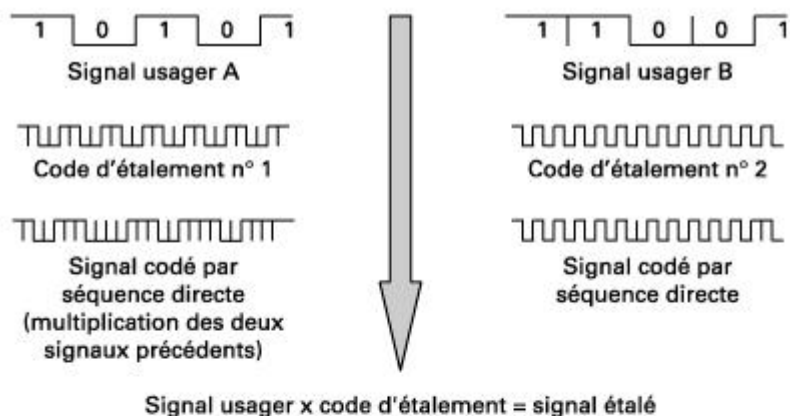
## **II. Le CDMA**

Le mode de partage des ressources radio entre les usagers d'un réseau de radiocommunications est un des critères principaux de qualité de ce réseau. En particulier, la capacité du réseau, c'est-à-dire le nombre d'abonnés acceptable avant saturation va dépendre du mode d'accès multiple retenu.

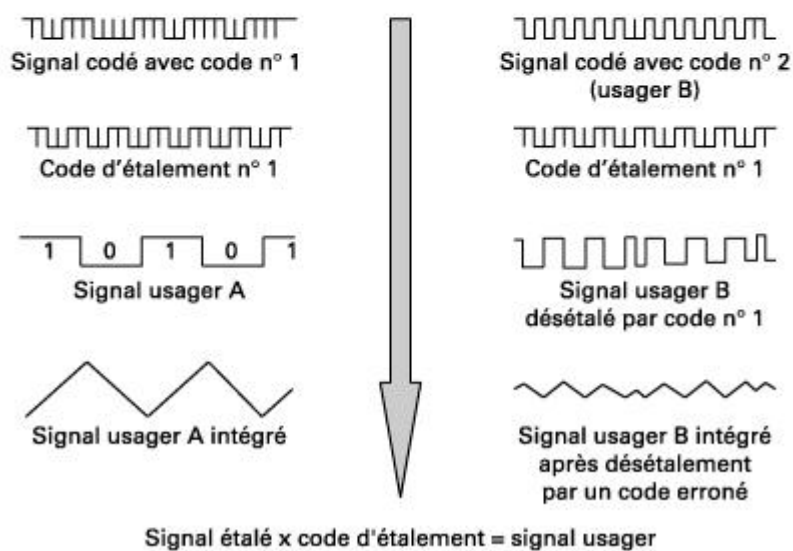
Dans les réseaux analogiques, une seule solution était possible, l'accès multiple à répartition de fréquences (FDMA : Frequency Division Multiple Access), mécanisme dans lequel un usager en cours de communication se voit attribuer un couple de fréquences qui lui est réservé pour toute la durée de l'appel.

Dans un système GSM, l'accès est à répartition dans le temps (TDMA : Time Division Multiple Access), c'est-à-dire que plusieurs usagers (jusqu'à huit pour le GSM) se partagent le même couple de fréquences, leurs communications respectives étant découpées en intervalles de temps de 577  $\mu$ s, multiplexés les uns derrière les autres. On pourrait penser que la capacité d'un réseau GSM est huit fois supérieure à celle d'un réseau analogique mais il n'en est rien car le canal radio GSM, s'il peut supporter huit appels simultanés sur la même fréquence porteuse, occupe 2 x 200 kHz de largeur quand un canal analogique occupe en général 2 x 25 kHz. La quantité d'information à transmettre étant la même, il n'est pas surprenant que la largeur de bande occupée par un usager soit équivalente. Par contre, la capacité dépendra de la robustesse du système aux brouillages, notamment du niveau d'interférences acceptable.

Si les systèmes analogiques sont tous à accès multiple à répartition de fréquences, les systèmes numériques se partagent en deux catégories : accès à répartition dans le temps et plus récemment accès à répartition par les codes (CDMA : Code Division Multiple Access) [10].



**(a) étalement du spectre**



**(b) désétalement du spectre**

$D(T - t)$  par la séquence  $S(T - t)$ . Les séquences de codage qui ne sont pas bien synchronisées –  $S(T - t')$  avec  $t'$  différent de  $t$  – se comportent comme des séquences ayant servi à coder d'autres signaux usager, ce qui suppose que ces séquences soient pratiquement orthogonales avec elles-mêmes dès qu'elles sont décalées d'un ou plusieurs éléments binaires.

Le point clé du succès du décodage provient de l'**orthogonalité des codes**. Les séquences de codage attribuées à une même cellule doivent être suffisamment différentes les unes des autres pour que deux communications différentes ne puissent pas, une fois dés étalées, être confondues. On mesure l'orthogonalité entre deux séquences de codage différentes par leur fonction de corrélation. Il peut s'agir de deux séquences émises pour être différentes, parce qu'elles correspondent à deux communications différentes (inter corrélation) ou de la même séquence reçue à deux instants différents, donc décalée temporellement (auto corrélation).

Les codes mis en œuvre dans un réseau UMTS sont de type OVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor, gain de traitement variable et orthogonal). Ils sont appelés **codes de canal** et obéissent aux propriétés suivantes :

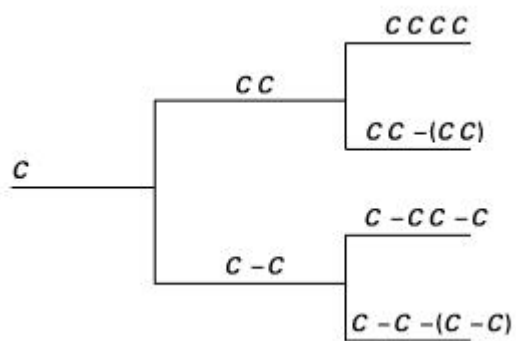
- les séquences sont rigoureusement orthogonales ;
- les séquences ne sont pas toutes de même longueur, ce qui permet d'ajuster le gain de traitement au débit des données à transmettre.

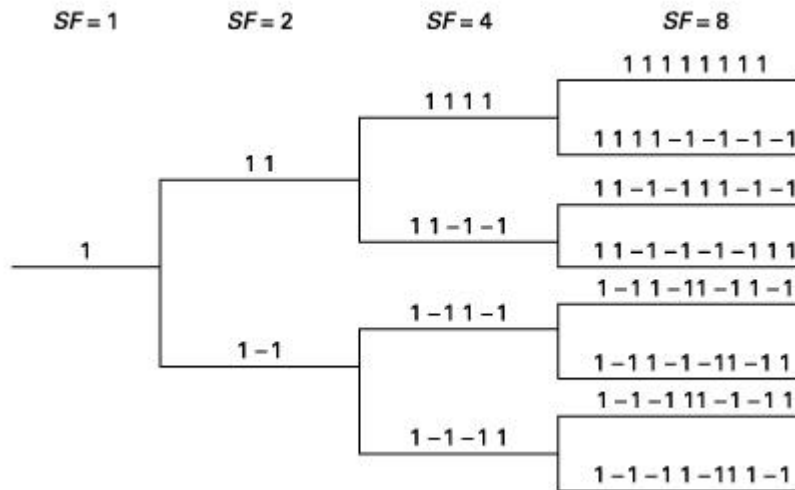
On mesure l'importance de la corrélation entre deux séquences plus ou moins différentes par le nombre d'éléments binaires identiques moins le nombre d'éléments binaires différents.

$R = 0100111001$

$S = 1001101110$

La corrélation entre  $R$  et  $S$  est définie par la fonction d'inter corrélation  $R(S, T) = 3 - 7 = -4$ , puisqu'il y a trois éléments identiques et sept éléments différents. L'inter corrélation est élevée lorsque la fonction  $R(S, T)$  prend une valeur positive proche de la longueur de la séquence, et est faible pour les valeurs de  $R(S, T)$  nulles ou négatives. Les codes OVSF de l'UMTS sont des suites de 1 et de -1 générées de la manière suivante :





Enfin, le mode TDD se prête bien à certaines applications très asymétriques, comme les requêtes à des serveurs de données et le transfert de fichiers, sans gaspillage de ressources sur la voie montante [9].

## **2. Contrôle de puissance**

Comme dans tous les systèmes cellulaires, l'effet de la distance entre le mobile et l'émetteur peut induire un brouillage des mobiles les plus éloignés du centre d'une cellule par ceux qui sont proches du site d'émission-réception. Les signaux émis par ces différents mobiles avec la même puissance arrivent en effet au niveau des récepteurs avec des amplitudes très différentes. Dans un système CDMA, cet effet, du fait que ces mobiles émettent en même temps sur la même fréquence, est beaucoup plus perturbateur que dans un système analogique où il suffisait d'écarter les fréquences utilisables dans une même cellule. Le CDMA ne fonctionne de manière optimale que si les signaux reçus par une station de base sont tous à peu près de même niveau, de manière à ce que tous les codes puissent être également décodés. Il est donc nécessaire d'introduire un contrôle dynamique de puissance sur le canal montant.

La solution retenue par le W-CDMA est le contrôle de puissance rapide en boucle fermée. Pour chacun des mobiles, 1 500 fois par seconde, la station de base mesure le rapport signal/interférences et compare cette mesure à une valeur cible prédéfinie. En fonction du résultat, la station demande au mobile d'augmenter ou de diminuer sa puissance d'émission. Cette méthode est également utilisée dans le sens descendant, pour s'assurer que les mobiles en limite de cellule reçoivent un niveau juste suffisant pour une bonne qualité, sans perturber les mobiles les plus proches de la station.

Pour assurer une qualité constante (caractérisée par la valeur du taux d'erreur, le BER : Bit Error Rate), quelles que soient les conditions de communication, notamment quelle que soit la vitesse de déplacement du mobile, le seul contrôle de puissance en boucle fermée décrit ci-avant n'est pas optimal. En effet, si on veut qu'il soit efficace pour tous les types de mobiles, il doit traiter le pire cas, au risque de pénaliser la capacité du réseau par un paramétrage trop prudent, avec un rapport signal/interférences moyen trop élevé. Le contrôle de puissance en boucle externe a été introduit dans le système UMTS pour permettre de laisser le rapport signal/interférences cible à une valeur faible, suffisante pour les mobiles lents ou immobiles et de l'augmenter seulement pour les mobiles à grande vitesse de déplacement. Pour cela, la station de base ajoute un indicateur de qualité à chaque trame de données reçue sur le sens

montant. Si cet indicateur montre que la qualité de transmission est en baisse, le réseau commande à la station de base d'augmenter la valeur du rapport signal/interférences cible. Cette fonctionnalité est commandée par le contrôleur de réseau radio (RNC) car elle doit pouvoir être assurée en permanence, même pendant un transfert intercellulaire [11].

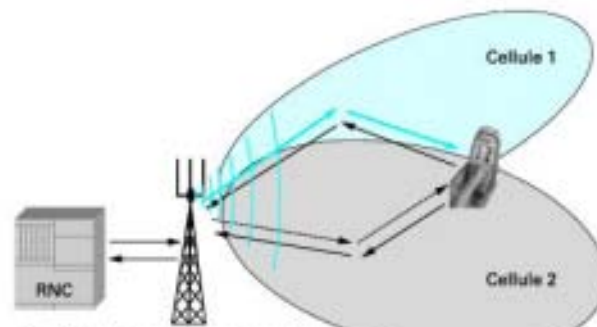
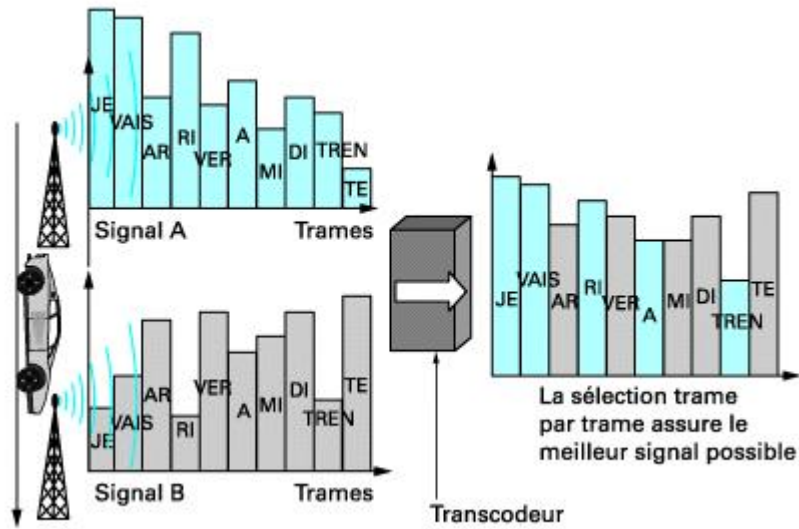
### **3. Transfert intercellulaire**

Dans un réseau CDMA, il est courant que les fréquences utilisées dans des cellules consécutives soient identiques. D'une manière générale, le *handover* va être effectué en analysant trame par trame le signal reçu des deux cellules impliquées, et la meilleure trame sera retenue (**Figure 12**). Le *handover* s'effectue « en douceur ». On dit qu'il s'agit d'un *soft handover*. Contrairement au mécanisme de *handover* traditionnel, tel que rencontré dans un réseau analogique ou GSM, il n'y a pas d'interruption de la communication, même de très courte durée.

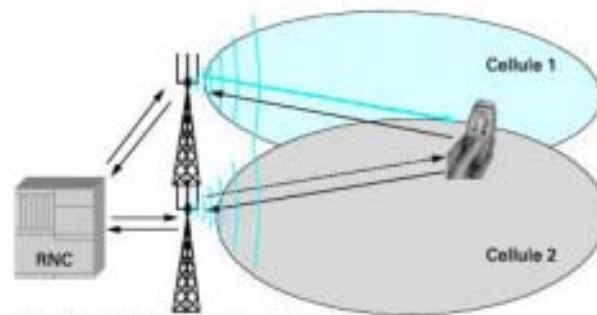
Dans un système W-CDMA, on distingue le cas où le mobile reste dans la zone couverte par une station de base en changeant juste de secteur (*softer handover*) et le cas où il change de station de base (*soft handover*).

La **Figure 13 a** montre le principe d'un *softer handover*. Le mobile étant en communication avec une seule station de base, il utilise simultanément deux canaux radio. Dans le sens descendant, deux codes d'étalement sont activés pour que le mobile distingue les signaux issus des deux secteurs. Dans le sens montant, les signaux émis par le mobile sont reçus par les deux secteurs de la station de base et dirigés vers le même récepteur. Ils sont donc combinés au niveau de la station de base [12].

La **Figure 13 b** montre le principe du *soft handover*. Le mobile est cette fois dans la zone de couverture qui est commune à deux stations de base. Les communications utilisent deux canaux différents, un pour chacune des deux stations. Du côté du mobile, il n'y a pas de différence avec un *softer handover*. Dans le sens montant, par contre, les données sont combinées au niveau du contrôleur de réseau radio (RNC) et non plus de la station de base. Cela permet de sélectionner la meilleure trame parmi celles qui sont reçues, après chaque période d'entrelacement, toutes les 10 à 80 ms [12].



(a) *softer handover*



(b) *soft handover*



## **IV. Planification du réseau radio**

Contrairement aux réseaux analogiques ou GSM, la planification du réseau radio ne revient pas, dans un réseau UMTS, à définir un motif de réutilisation de fréquences et un espacement minimum entre les fréquences d'une même cellule. En fait, le problème des fréquences radioélectriques est beaucoup plus simple à résoudre, tandis qu'apparaît celui de la planification des séquences de codage, codes OVSF et codes de brouillage.

Comme dans tout réseau cellulaire, la taille des cellules dépend soit du trafic, soit de la couverture. Dans une zone peu dense, la cellule est aussi grande que les performances de propagation radioélectrique des mobiles le permettent, alors que dans une zone très dense, c'est le nombre maximal d'utilisateurs simultanés dans une cellule qui devient dimensionnant. La différence entre un système analogique ou GSM et un système CDMA (IS-95 ou W-CDMA) réside dans l'interaction entre la couverture et la capacité, propre au CDMA. Si le nombre de communications est élevé en bordure de cellule, dans un système CDMA, le niveau d'interférences augmente et les performances diminuent, ce qui réduit le diamètre de la cellule.

Le W-CDMA est un système limité par les interférences. La réception et le décodage sans erreur d'un signal transmis sur la voie radio, quel que soit le type de système, dépendent d'un rapport signal/bruit supérieur à un certain seuil. Pour un système W-CDMA, on peut effectuer le calcul suivant:

Le rapport signal/bruit est donné par :

$E_b/N_0$  = énergie utile par bit/densité spectrale de bruit

L'énergie utile par bit est le rapport entre la puissance reçue destinée à un usager donné  $P$  et le débit  $D$  :

$$E_b = P/D$$

Le bruit provient des  $N - 1$  autres usagers. On suppose que le contrôle de puissance égalise la puissance reçue pour chaque usager à la valeur  $P$ . La puissance de bruit est donc égale à  $(N - 1) P$ , dans une bande de fréquences égale à  $B$ . La densité de bruit est donc :

$$N_0 = (N - 1) P / B$$

Et le rapport signal/bruit devient :

$$E_b / N_0 = B / (N - 1) D$$

Qu'on peut simplifier puisque  $N \gg 1$  :

$$E_b / N_0 = B / ND$$

On en déduit donc une approche du nombre maximal d'usagers dans une cellule donnée :

$$N = B / (D \times E_b / N_0)$$

Cette valeur correspond à un service unique, pour une qualité donnée. Par exemple, pour un service de téléphonie de haute qualité (codeur de parole au débit maximum) :

$$E_b / N_0 = 6 \text{ dB}$$

$$D = 12,2 \text{ kbit/s et } B = 5 \text{ MHz}$$

Si on veut faire le calcul en décibels pour plus de commodité :

$$D = 41 \text{ dB et } B = 67 \text{ dB, donc } B/D = 26 \text{ dB et } N = 26 - 6 = 20 \text{ dB}$$

Finalement :  $N = 100$  usagers par cellule.

Dans la réalité, une estimation doit être faite des services réellement utilisés et du nombre d'abonnés activant chaque service. Le nombre total d'usagers acceptable dans la cellule sera égal à la somme des  $N_i$  usagers de chacun des  $i$  services possibles.

$$N = \sum B / (D_i \times (E_b / N_0)_i) \quad [10]$$

Puisque chaque service fait appel à un débit différent et nécessite un rapport signal/bruit différent.

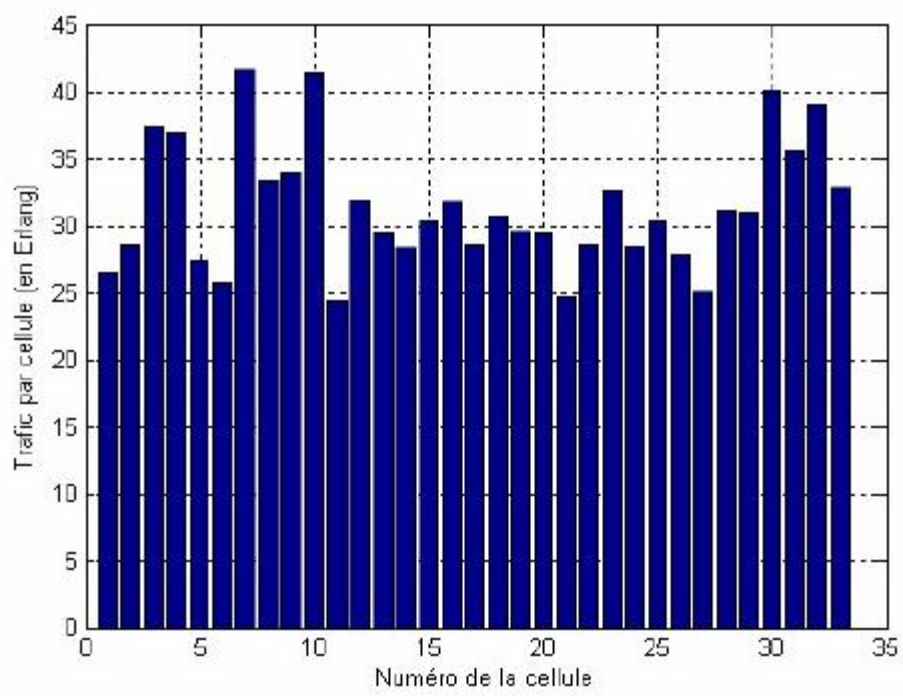
Le niveau d'interférences étant directement proportionnel au nombre d'utilisateurs de la cellule, on voit bien que la qualité de service se dégrade progressivement en fonction de l'augmentation de ce nombre. Les utilisateurs les plus sensibles à cette dégradation sont ceux qui se trouvent à la périphérie de la cellule. En effet, si l'on considère le sens montant, qui est généralement le plus critique, on peut augmenter le signal émis par un mobile au moyen du contrôle de puissance en boucle externe pour rattraper une baisse de qualité perçue au niveau de la station de base, mais cette correction atteint plus vite ses limites quand le mobile se trouve à la périphérie de la cellule. À cet endroit, le bilan de puissance, c'est-à-dire le résultat du calcul de la perte de propagation, indique que le mobile est contraint, dans des conditions normales, d'émettre à quasiment pleine puissance pour être reçu par la station de base avec une bonne qualité. Si le nombre d'utilisateurs augmente, le contrôle de puissance tente de compenser la baisse de qualité constatée par une augmentation de la puissance du mobile, mais la limite possible sera rapidement atteinte et le mobile se trouvera de fait en dehors de la zone de couverture. La cellule aura diminué de surface.

La planification cellulaire dans un système W-CDMA consiste donc à prendre en compte dans le calcul du bilan de puissance les marges nécessaires pour qu'un mobile ne se trouve jamais dans cette situation. Une fois le réseau en service, un mécanisme de contrôle d'admission, destiné à limiter le nombre de communications simultanées, est mis en place. Il est généralement basé sur la puissance reçue par la station de base. Un nouvel utilisateur ne sera admis que si le niveau de puissance estimé après admission reste inférieur à un certain seuil. L'augmentation estimée de la puissance due à ce nouvel arrivant dépend de nombreux facteurs tels que son bilan de puissance et le type de service qu'il prétend activer [10].

## **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons étudié les modes d'accès dans un système cellulaire, Ensuite nous avons détaillé l'interface radio avec la méthode d'accès multiple WCDMA, son principe, ses avantages et ses contraintes. Enfin, nous avons présenté les capacités et les performances des cellules. Dans le chapitre qui suit, nous allons faire l'analyse d'une migration simple d'un réseau GSM à un réseau UMTS.





Une différence entre le GSM et l'UMTS est que dans une cellule en GSM, nous avons un seul type de service pour tous les utilisateurs, par contre en UMTS, il y en a plusieurs.

Pour cela nous allons considérer le scénario suivant avec le quel nous allons travailler : 50 % des utilisateurs actifs demandent un service vocal avec le débit 12.2 kbit/s, 30 % des utilisateurs demandent un service données avec le débit 64 kbit/s, 20 % des utilisateurs demandent un service données avec le débit 144 kbit/s.

Mais ce scénario sera traité une fois en considérant que le taux de pénétration est égal à 10% par rapport au GSM et une deuxième fois avec un taux de pénétration égal à 40%.

### **III. Calcul de la portée des sites en utilisant la technique WCDMA**

Pour calculer la portée des sites UMTS, nous avons adopté la démarche suivante :

Nous avons considéré que les sites GSM sont tous des sites UMTS,

Pour chaque site nous avons initialisé un rayon minimal,

Nous calculons le trafic UMTS par site (A) par la formule suivante :

$$A = \text{Taux de pénétration} \times A(i, j)$$

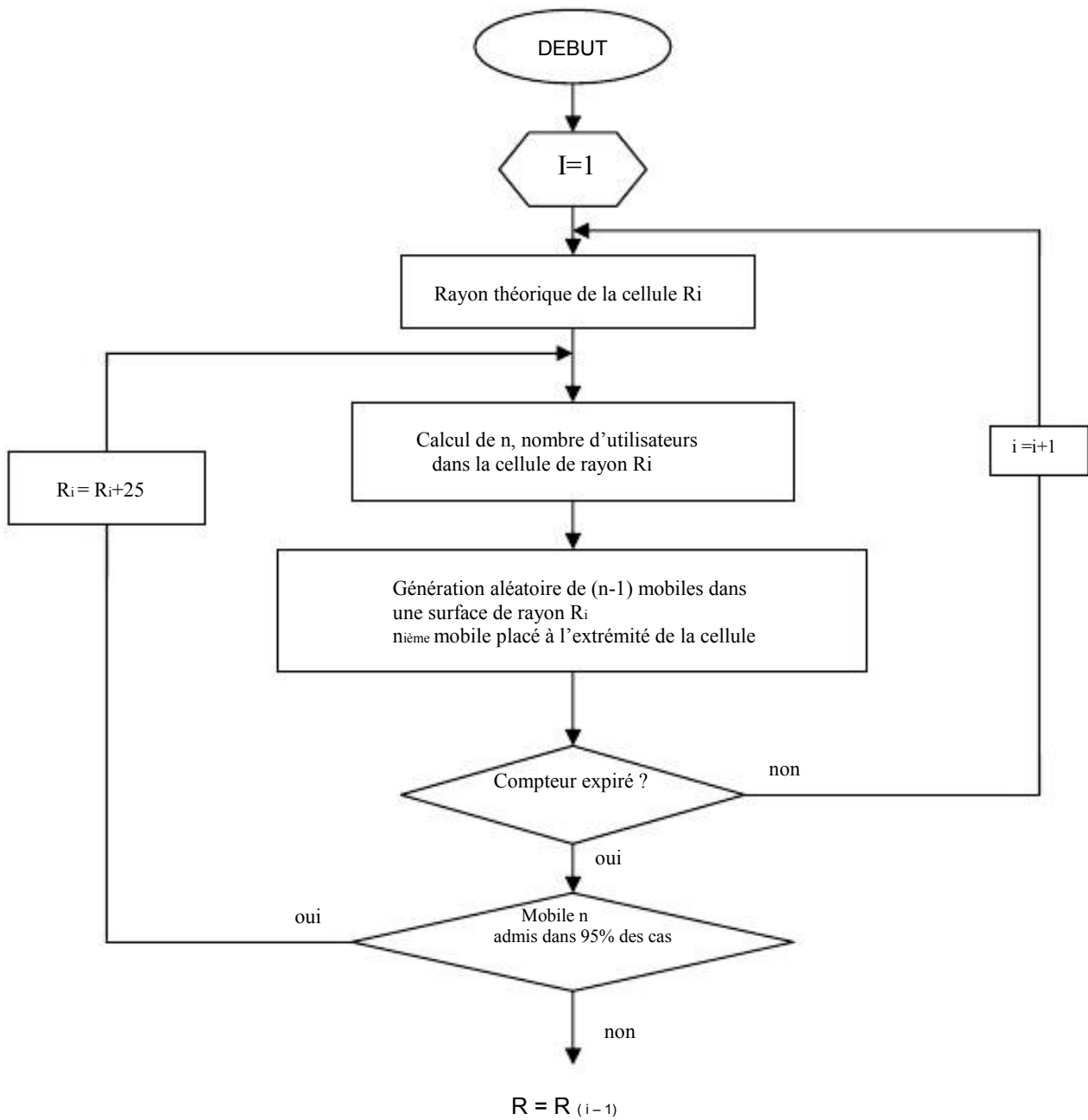
Avec (i,j) les indices des mailles incluses dans la cellule et A(i,j) le trafic dans la maille d'indices (i,j).

Nous calculons le nombre n d'utilisateurs dans la cellule par la loi d'Erlang :

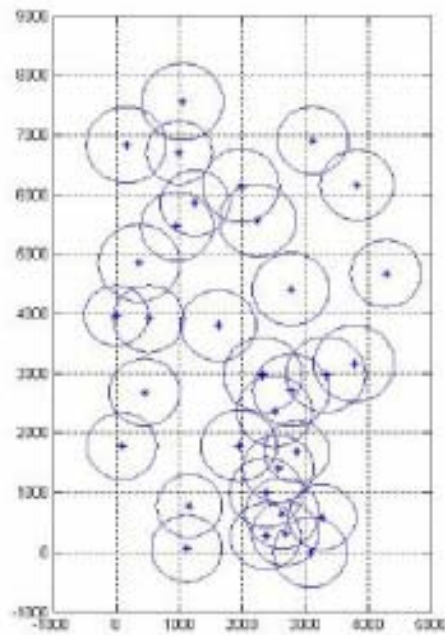
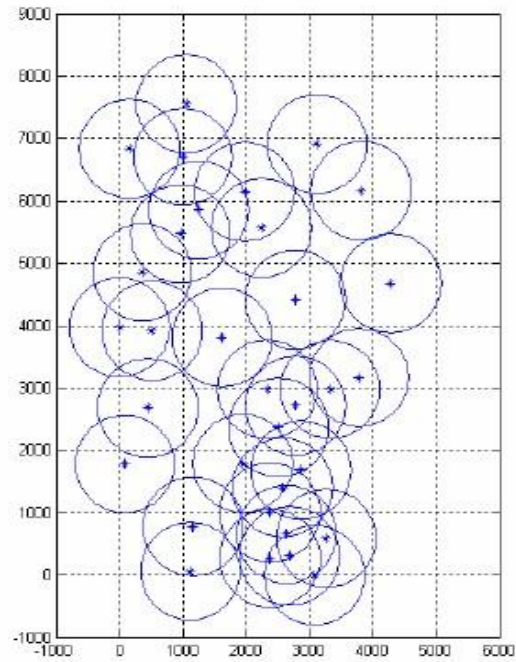
$$n = AK\sqrt{A}$$

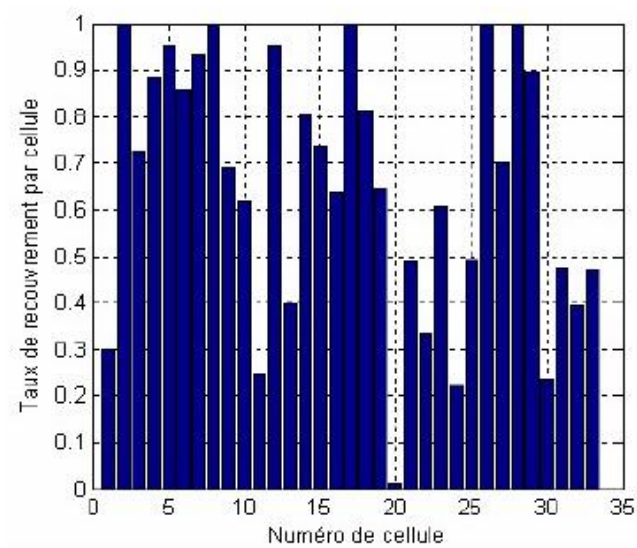
Avec  $10^{-k}$  le taux de blocage, dans notre travail, nous l'avons considéré égal à 2%.

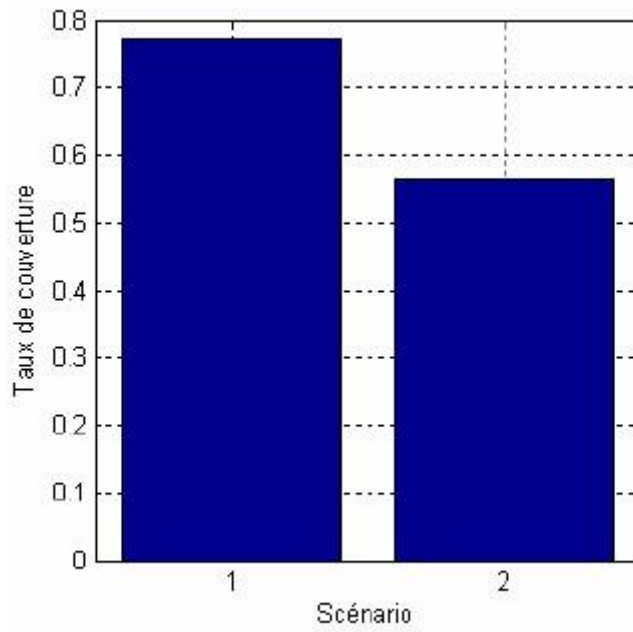
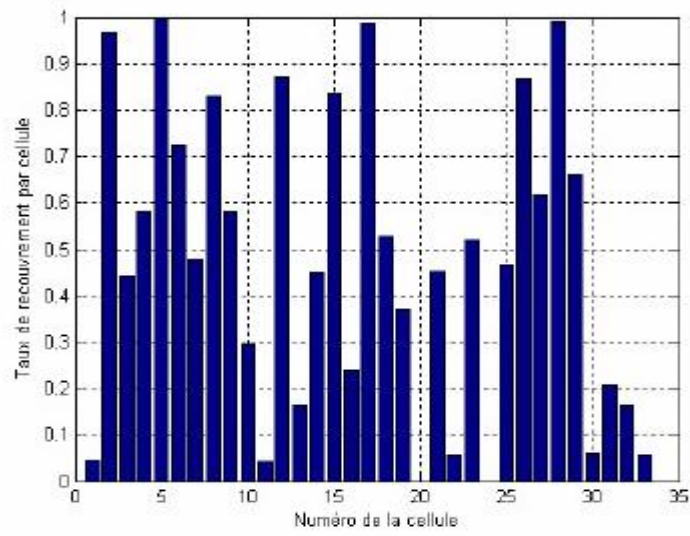
La **Figure 16** montre l'organigramme de l'algorithme.











Nous remarquons que les résultats obtenus sont différents pour les deux scénarios. En effet, le taux de couverture diminue en augmentant le taux de pénétration. Ce résultat confirme les résultats du chapitre précédent : si le nombre d'utilisateurs actifs dans la cellule augmente, le rayon de la cellule diminue. Nous remarquons aussi que, pour un site donné, le taux de recouvrement pour le premier scénario est supérieur à celui du deuxième scénario. Cela est dû au fait que la couverture de chaque site est plus importante pour le premier scénario que pour le deuxième.

Nous remarquons également que les contraintes de qualité de services en termes de taux de couverture et taux de recouvrement par site ne sont pas respectées. En effet, le taux de recouvrement est nettement inférieur à 95% pour les deux scénarios. En plus, le taux de recouvrement par site n'est pas toujours dans l'intervalle fixé (entre 55% et 20%).

## **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons étudié la migration du réseau GSM qui couvre le centre ville de Tunis vers le réseau UMTS, cette migration est basée seulement de l'infrastructure existante du réseau GSM.

Nous avons déduit que la configuration du réseau obtenu présente deux problèmes : un taux de couverture faible, des cellules ayant un taux de recouvrement par site qui ne respecte pas les seuils. La configuration actuelle du réseau GSM n'est pas donc optimale pour la migration vers l'UMTS.

## **Introduction**

Dans le chapitre précédent, nous avons montré que nous ne pouvons pas assurer une migration du réseau GSM existant au réseau UMTS en se basant seulement sur l'infrastructure existante. Pour cela, nous devons chercher des méthodes qui garantissent une migration optimale vers l'UMTS.

Dans ce chapitre, nous allons présenter deux méthodes d'optimisation, nous allons les appliquer sur le réseau GSM du centre ville de Tunis. Ensuite nous allons comparer les résultats de chaque méthode. Enfin, la meilleure méthode sera implémenté dans notre simulateur.

### **I. Définition des besoins**

Dans cette partie, nous définissons les besoins qui doivent être satisfaits par les méthodes de migration optimale du réseau GSM au réseau UMTS. Nous cherchons d'une part à exploiter le maximum de l'infrastructure existante et à minimiser l'infrastructure à ajouter d'autre part. Ces méthodes doivent aussi obéir aux exigences concernant les performances du réseau d'UMTS comme suit :

- Assurer un taux de couverture supérieur ou égal à 95%,
- Assurer un taux de recouvrement par site supérieur à 20% et inférieur à 55%.

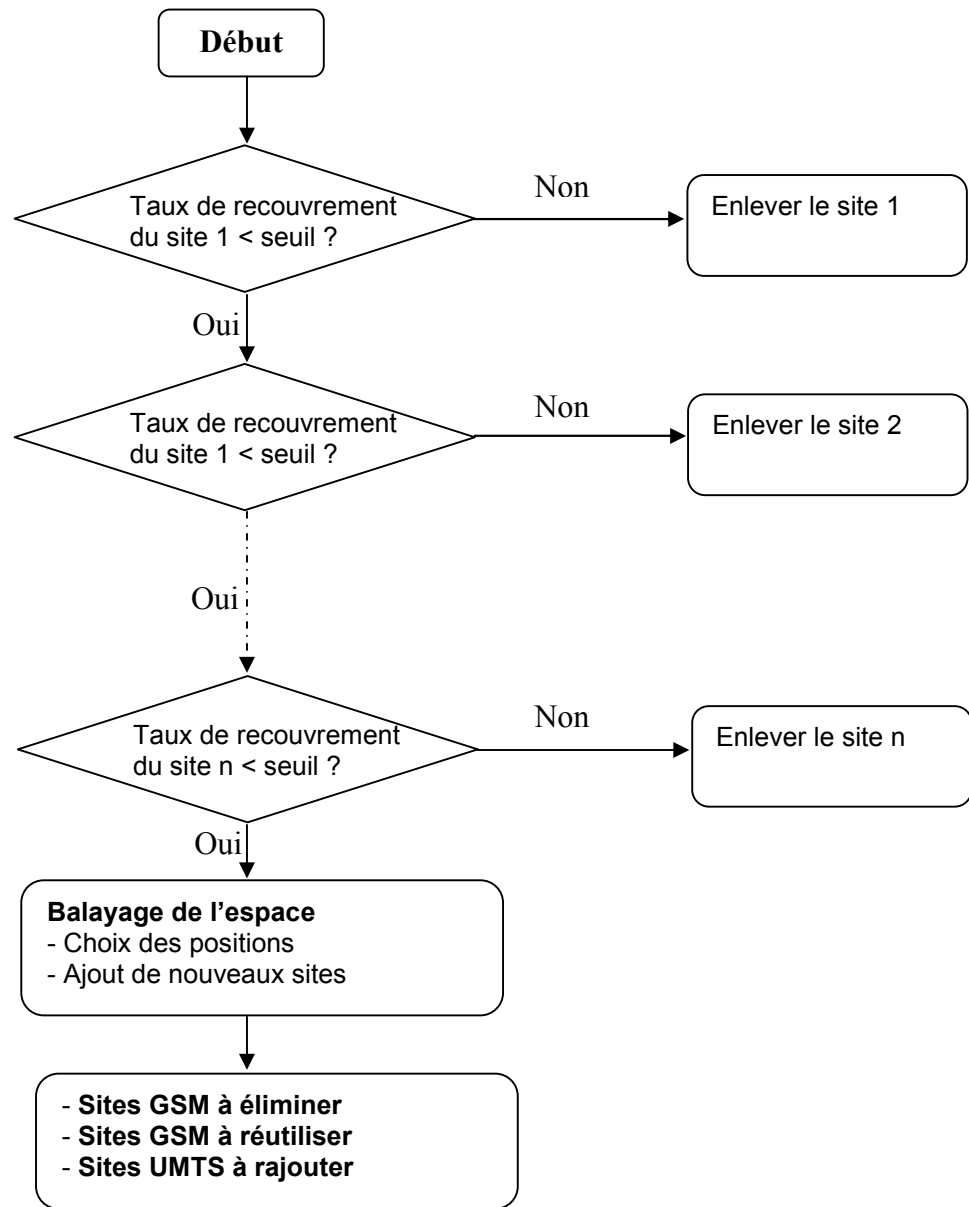
### **II. Première méthode de migration**

#### **1. Les étapes de l'algorithme**

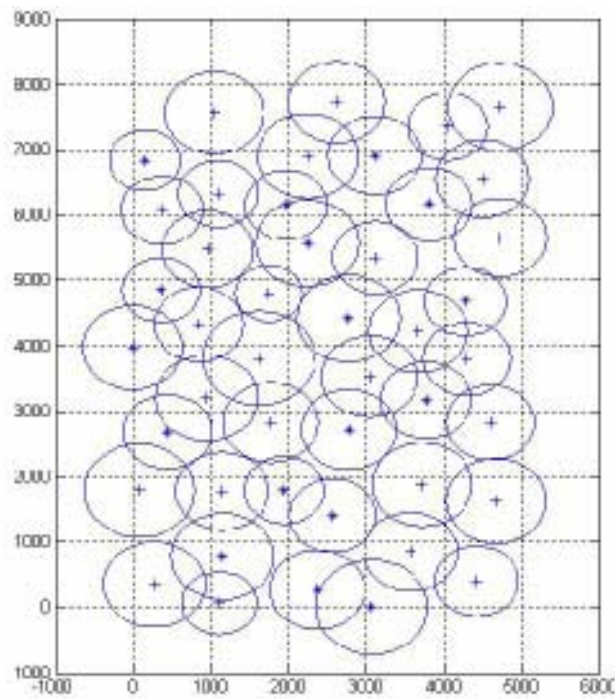
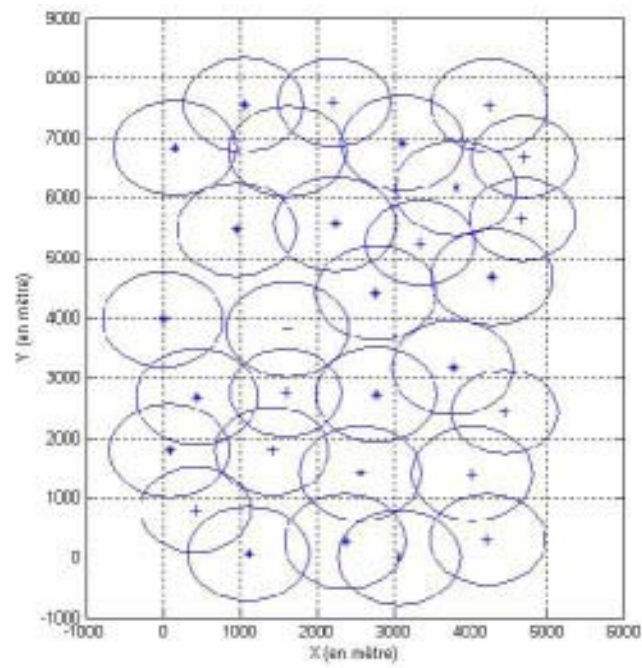
Nous avons développé un algorithme qui permet, dans une première étape, de déterminer les sites qui ont un taux de recouvrement qui dépasse le seuil et les éliminer.

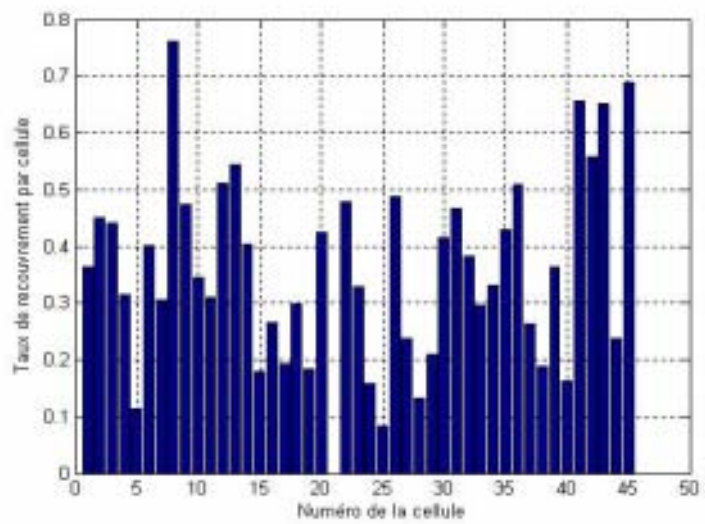
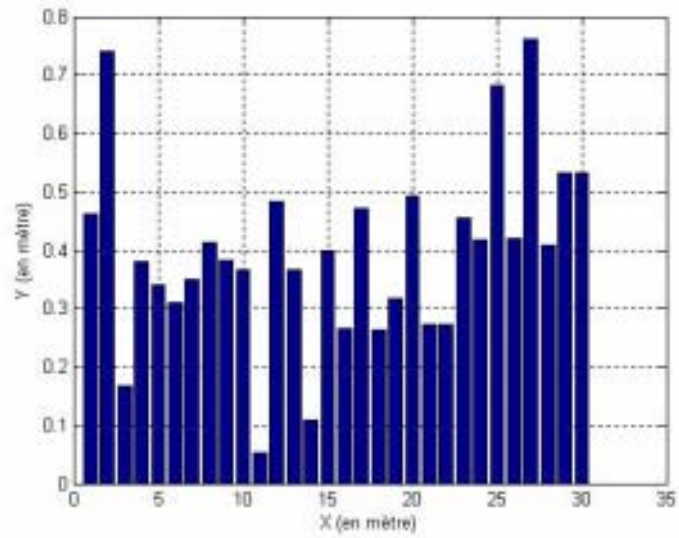
Dans une deuxième étape on balaye la zone d'étude, à chaque fois qu'on trouve une surface de 500 m<sup>2</sup> qui n'est couverte par aucune cellule, on ajoute un site en son centre. Après l'ajout de chaque site, on recalcule le taux de couverture, si ce dernier est inférieur au seuil, on continue la recherche, sinon on est arrivé à un bon résultat et on arrête la recherche.

La **Figure 22** montre l'organigramme du premier algorithme d'optimisation.

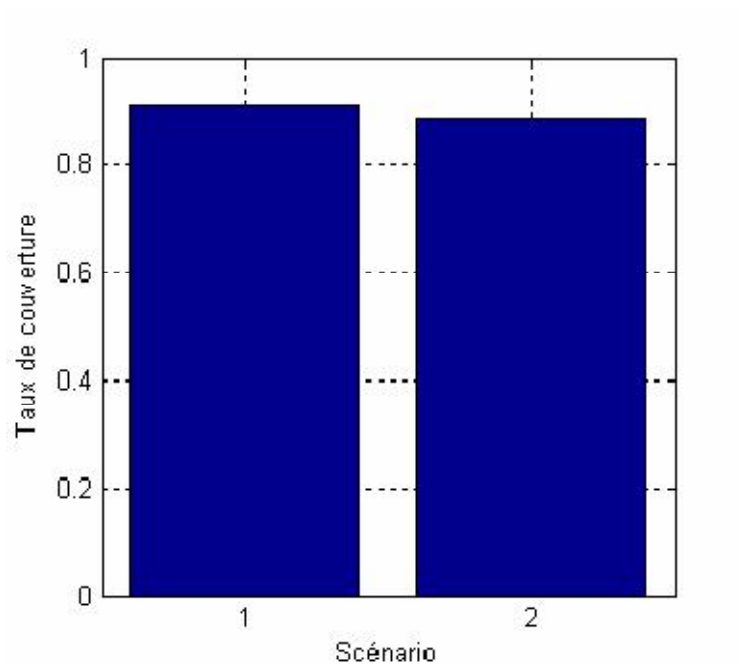


**Figure 22 : Organigramme de l'algorithme d'optimisation**









- Les sites UMTS à ajouter sont positionnés aléatoirement dans des zones qui ne sont pas encore couvertes par le réseau UMTS,
- Après l'ajout de chaque site, nous calculons de nouveau le taux de recouvrement par site, s'il dépasse le seuil alors nous changeons les coordonnées du nouveau site. Cette étape est répétée jusqu'à aboutir à un taux de recouvrement inférieur à 55%.
- Nous calculons le taux de couverture. Si nous avons atteint la valeur cible, c'est la fin de l'algorithme, sinon si le compteur n'a pas encore expiré, Les sites UMTS à ajouter sont de nouveau positionnés aléatoirement dans des zones non couvertes. Quand le compteur expire on conclue que le nombre de sites UMTS à ajouter n'est pas suffisant, on l'incrémente et nous répétons les trois dernières étapes jusqu'à aboutir aux bons résultats.

Cet algorithme va nous garantir une migration optimale parce que nous commençons par un nombre petit de sites UMTS à ajouter, de cette façon nous n'allons ajouter que les sites nécessaires pour satisfaire les contraintes exigées par l'opérateur.

L'organigramme représenté par la **Figure 28** représente les détails et les étapes du deuxième algorithme heuristique.

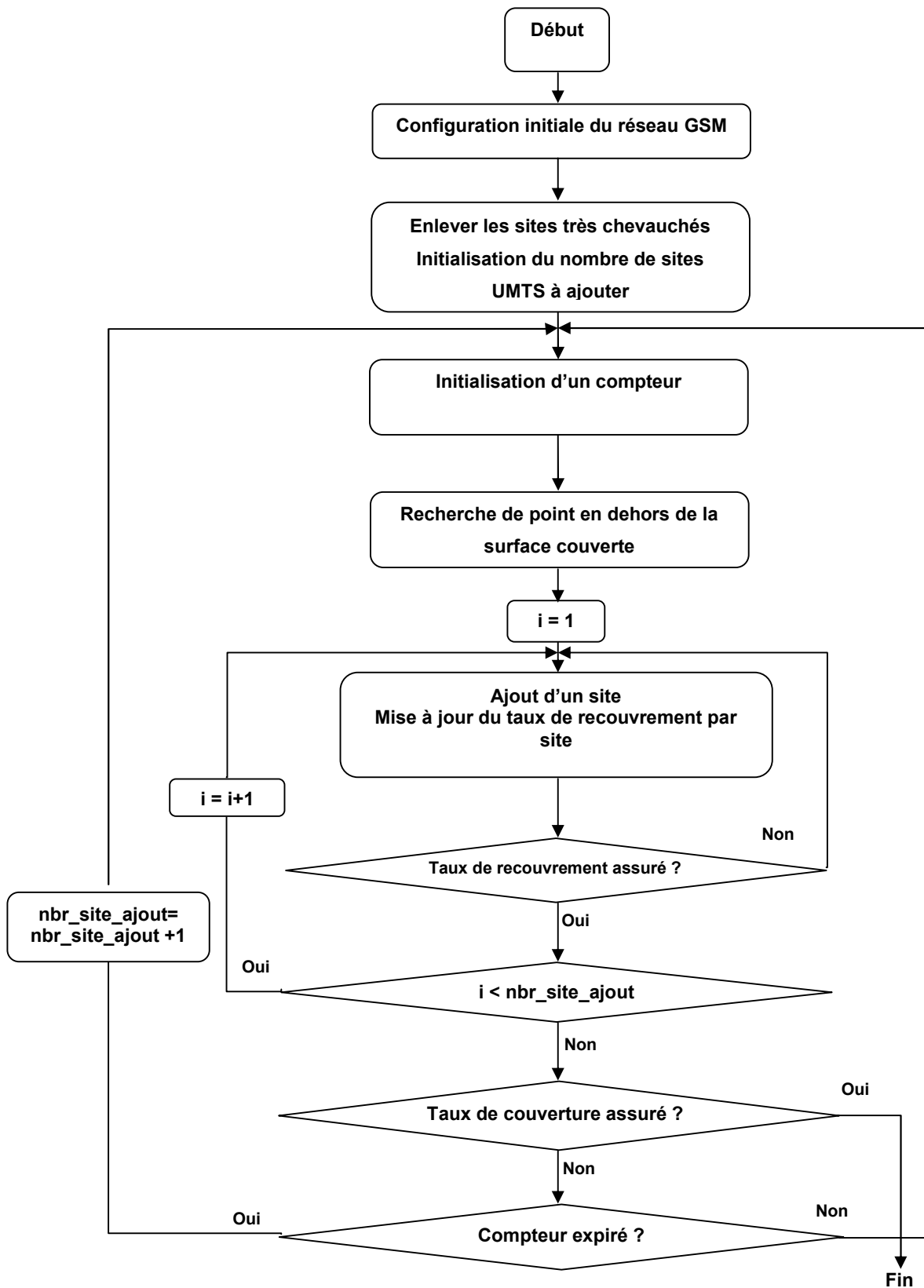
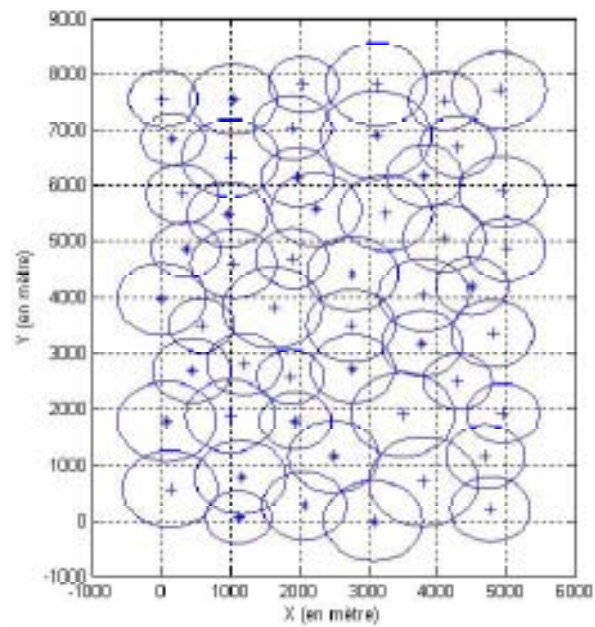
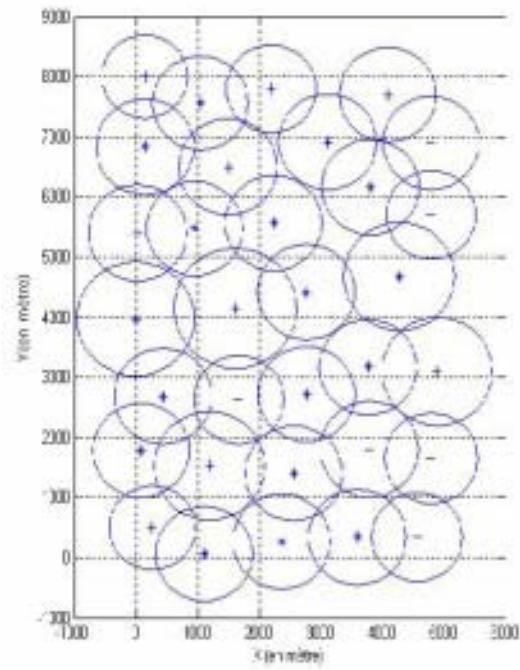
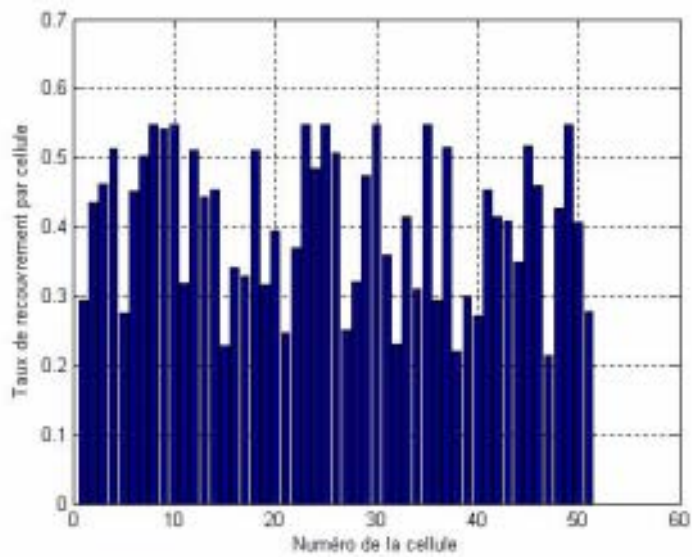
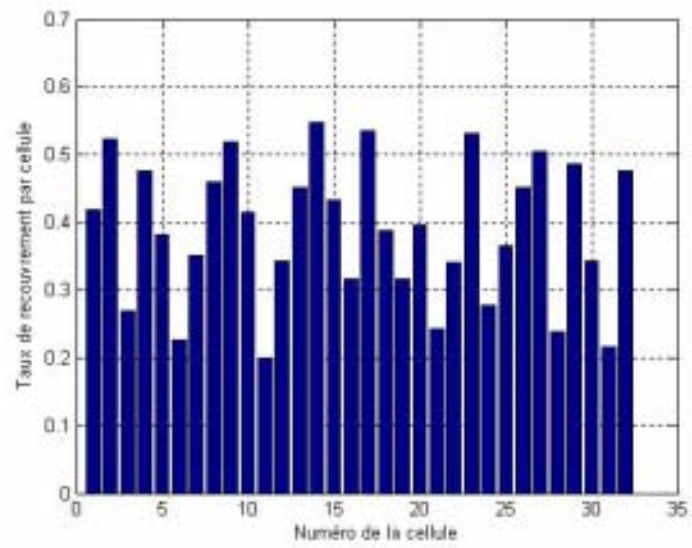
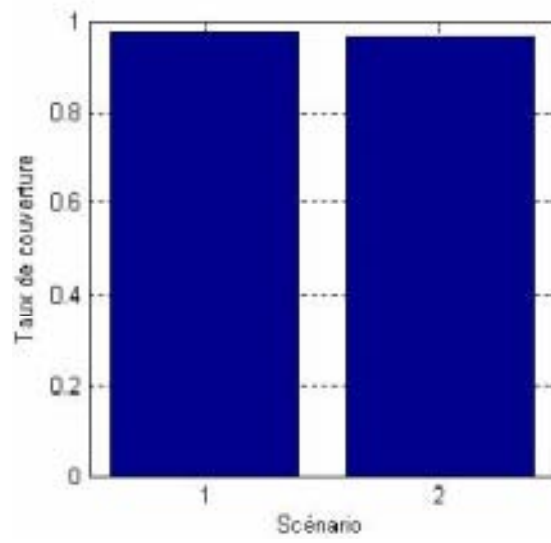


Figure 28 : Organigramme de l'heuristique







## **Conclusion Générale**

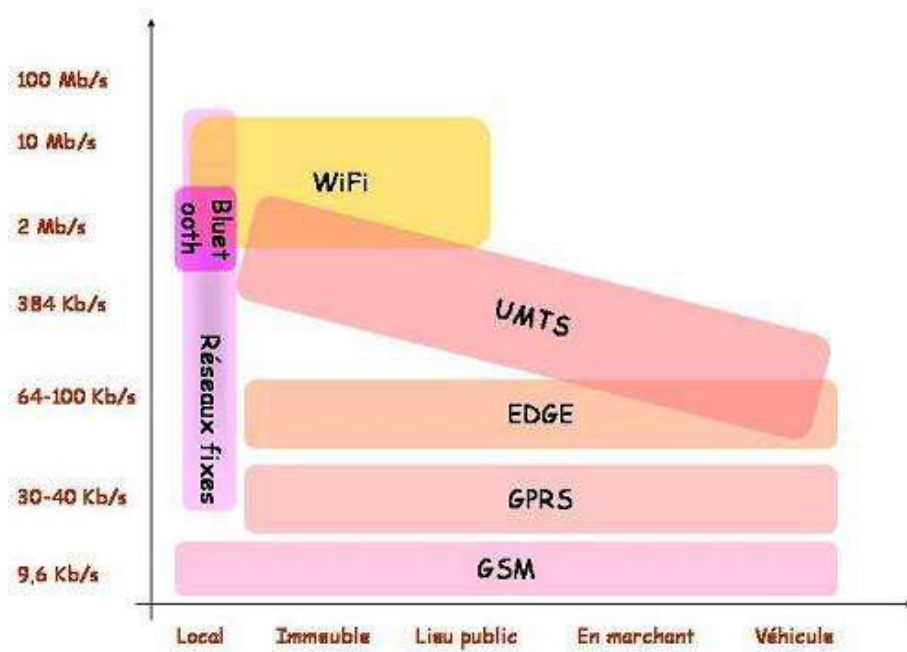
L'objectif du projet est de développer une méthode permettant aux opérateurs d'avoir une configuration optimale du réseau UMTS en se basant sur le réseau GSM existant.

Pour ce faire, nous avons étudiée l'architecture globale du system UMTS ainsi que son interface radio. Nous avons également présenté l'interface W-CDMA sa mode de partage de ressource entre usagers, les problèmes et les avantages.

Ensuite, pour développer une méthode de migration nous avons considéré le réseau GSM du centre ville du Tunis comme model d'étude, Ce réseau comporte 33 sites GSM répartis sur une surface de 40 *Km*<sup>2</sup>. Nous avons proposé que tous les sites GSM soient tous des sites UMTS et nous avons calculé le trafic UMTS par site.

Nous avons constaté que la configuration du réseau obtenu présente deux problèmes : un taux de couverture faible et des cellules ayant un taux de recouvrement important nous avons remarqué alors que la configuration actuelle n'est pas optimale pour la migration vers l'UMTS.

La solution était de développer deux méthodes basée sur un algorithme d'optimisation heuristique permettant la migration optimale du réseau UMTS en exploitant le maximum l'infrastructure existante abritant des équipements GSM.

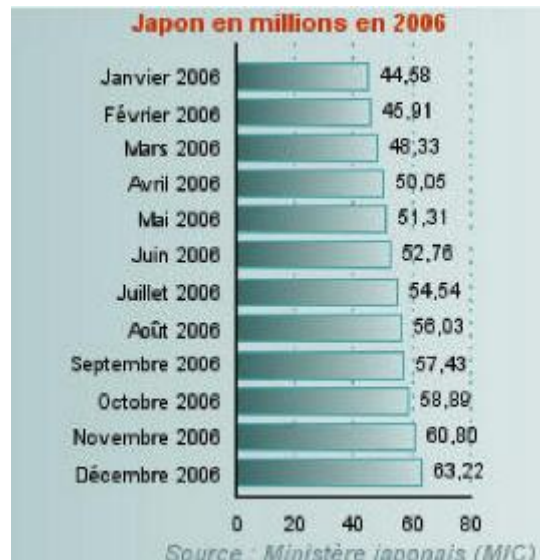




## Annexe II

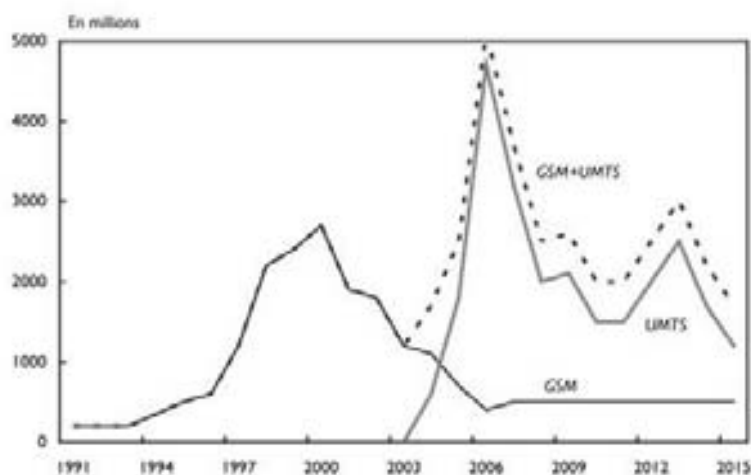
### Déploiement commercial de 3G dans le monde :

Entre janvier et décembre 2006, le nombre d'abonnés à la 3G passe de 44,58 à 63,22 millions, selon le ministère des communications japonais. Ces 18,64 millions de nouveaux abonnés sur l'année 2006 représentent une croissance annuelle de 41,81 %.



### Evolution du nombre d'abonnés 3G en millions

On estime que fin 2006, il y a plus de 80 millions d'utilisateurs UMTS et que des services UMTS sont offerts par 155 opérateurs à travers le monde.



### Investissements réalisés dans le GSM et l'UMTS

La caractéristique principale de l'UMTS, en plus du service voix du GSM, est de pouvoir fournir à partir d'un téléphone mobile un accès Internet à haut débit. Le potentiel de cette technologie, supérieur à celui du GSM, devrait permettre de fournir un ensemble de services multimédia liés à l'Internet haut débit (visiophone, téléchargement de vidéo et musique, téléguidage, télépaiement... ).

Le potentiel de la 3G est élevé, la réussite de l'UMTS passe par une demande très importante des services liés à l'Internet mobile à haut débit. De ce fait, la demande pour ces services est importante, malgré les investissements d'une grande ampleur mis en place pour l'UMTS. [13]

## **Annexe III**

### **Le déploiement de 3G en Tunisie :**

En Tunisie, le 5 mai 2010 Orange Tunisie est lancé sur le marché avec un plan d'investissement de 500 millions d'euros pour lancer ses activités et pour l'installation du premier réseau 3G du pays.

Tunisie Télécom a signé le 21 septembre 2010, une convention avec l'Etat tunisien pour le déploiement de son réseau 3G. Le montant de la licence coûte 116 millions de dinars.

Divers tests ont été effectués par l'opérateur historique sur le Grand Tunis au cours du mois de mars 2011 pour le déploiement de sa 3G.

Et voici que l'on apprend que dès le 14 avril 2011, Tunisie Telecom prévoit de lancer ses Friendly User Test. L'exclusivité d'Orange tire donc vers sa fin.

Selon une source non officielle de Tunisie Telecom, le pré-lancement des services 3G est prévu pour le 14 avril 2011. Cette phase, appelée également FUT (Friendly User Test) consiste à sélectionner une population selon des critères précis afin d'effectuer les tests sur les services 3G avant leur commercialisation. Le FUT commence généralement en interne, c'est-à-dire que les employés de l'opérateur historique seraient les premiers testeurs de la technologie. [14]

La 3G de Tunisie Telecom devraient couvrir 30% de la population tunisienne en 2011, et 75% de la population tunisienne d'ici 2015. Une technologie d'autant plus importante que la part des échanges de données sur mobile passera de 6,5% en 2009 à 21,5% en 2015, au fur et à mesure du déploiement de la 3G en Tunisie.

Quant à Tunisiana, le deuxième opérateur privé des télécoms en Tunisie, attend encore, lui, sa licence qui lui permettra d'exploiter à son tour la technologie 3G. Tunisiana est pourtant dans les starting-blocks et on aura remarqué ces offres BlackBerry lancées en fanfare. Or ces smartphones ne sauraient déployer toute l'étendue de leurs capacités sans la 3G.

La Révolution et les grands chambardements qu'a connus le pays au cours de cette année 2011 ont aussi touché de plein fouet le secteur des télécoms.

Et voici que la 3G y met aussi de son grain de sel. [14]

## **Bibliographie**

- [1] “Introduction to UMTS”, Document ACATEL.
- [2] <http://www.awt.be/>
- [3] M.Terré, Y. Dupuch et B Fino, “ UMTS, évolution de la capacité”,[www.cnam.fr/elau](http://www.cnam.fr/elau)
- [4] M.R. Karim and M. Sarraf “W-CDMA and CDMA2000 for 3G Mobile Network“  
Août 2005.
- [5] [www.techniques-ingenieur.fr](http://www.techniques-ingenieur.fr)
- [6] <http://fr.wikipedia.org>
- [7] Mohamed SIALA, “Introduction à l'interface Radio de l'UMTS”, support de cours,  
Mastère SUPCOM, 2005.
- [8] Thierry LUCIDARME, “Principes de radiocommunication de troisième génération  
GSM, GPRS, UMTS... ”, Vuibert, Paris, 2002.
- [9] Benoit BARRAQUÉ “Avantages de l'UMTS et l'état actuel de son déploiement dans  
le monde”, Université Claude Bernard, Lyon, 2005.
- [10] « De l'étalement de spectre au W-CDMA » Jean-Marie Gorce CITI, INSA Lyon
- [11] Hani Ramzi «Dimensionnement d'un réseau d'accès radio UMTS » Novembre 2001.
- [12] Hermes Science Publications « UMTS » 31 mars 2004
- [13] [www.cairn.info](http://www.cairn.info)
- [14] [www.journaldunet.com](http://www.journaldunet.com)