

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D' INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

## Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie électrique

Spécialité : **Télécommunication et réseaux**

*Présenté par*

**Kamelia IBESAINÉ**

Thème

## Optimisation de la technique de transmission par l'utilisation Multiporteuses : Application sur le réseau 3G++ de Mobilis

*Mémoire soutenu publiquement le 26/06/ 2016 devant le jury composé de :*

**Mr MOHIA** Maitre assistant classe A

Président

**Mr LAZRI** Maitre de conférences classe A

*Encadreur*

**Mr OUALLOUCHE** Maitre de conférences classe B

Examineur

**Mr ATTAF** Maitre de conférences classe B

Examineur

# *Remerciement*

*Je tiens en premier lieu remercier Dieu tout puissant de m'avoir accordé la force et le courage de mener ce travail à terme.*

*Je tiens à adresser mes sincères remerciements à mon encadreur MR LAZRI et au personnel de Mobilis, ainsi qu'à adresser ma profonde gratitude, pour leurs disponibilités, pour leurs lectures, suggestions et remarques et surtout pour leur confiance mise en moi tout au long du stage.*

*Je vous prie de bien vouloir agréer le témoignage de ma plus vive reconnaissance et mon profond respect. Je remercie particulièrement ma famille pour leur soutien moral tout au long de ce travail, merci de m'avoir encouragé, et cru en moi.*

*Je remercie également mes amis, mes camarades, qui m'ont beaucoup aidé. Enfin, Je remercie les membres de jury qui ont fait l'honneur d'accepter de juger ce modeste travail.*

## **Dédicace**

**Jedédie ce modeste travail à**

**Mes très chers parents qui m'ont toujours soutenu.**

**Ma chère Grand-Mère.**

**Mes chère sœurs lilia et kahina.**

**Mon frère yanis.**

**Tous mes ami(e)s**

**Et à toute personne m'ayant fait part de sovoir.**

**IBESAINÉ Kamelia**

# Sommaire

---

Introduction .....	1
--------------------	---

## Chapitre I

### Généralités sur les réseaux

I.1. Préambule .....	3
I.2. Le concept cellulaire.....	3
I.2.1. Principe d'handover .....	5
I.3. Première génération 1G .....	5
I.4. Le réseau GSM.....	6
I.4.1. Les fréquences de GSM .....	6
I.4.2. Architecture du réseau GSM.....	6
I.4.2.1. La station de mobile MS.....	7
I.4.2.2. Le sous-système radio BSS.....	7
I.4.2.3. Sous-système réseau NSS .....	9
I.4.2.4. Sous système d'exploitation et de maintenance OSS .....	10
I.5. Le réseau GPRS .....	10
I.5.1. Principales caractéristiques du GPRS .....	11
I.5.2. Architecture du GPRS .....	11
I.5.2.1. Les équipements du réseau .....	12
I.6. EDGE.....	13
I.7. Réseau UMTS .....	13
I.7.1. Différents types de cellules .....	13

## Sommaire

---

I.7.2. Architecture du réseau UMTS.....	15
I.7.2.1. L'équipement utilisateur (UE) .....	15
I.7.2.2. Le réseau d'accès radio terrestre UTRAN .....	15
I.7.2.3. Réseau cœur .....	17
I.7.3. Les Interfaces .....	18
I.8. La quatrième génération LTE .....	19
I.9. Discussion .....	19

## Chapitre II

### TECHNIQUES DE TRANSMISSION DE DONNEES

II.1. Préambule.....	20
II.2. Propagation des ondes radioélectriques .....	20
II.2.1. Propagation dans l'espace libre .....	20
II.2.1.1. Propagation en visible LOS .....	22
II.2.1.2. Propagation en non visibilité NLOS .....	23
II.2.2. Propagation par ligne de transmission .....	25
II.3. Modulation et Démodulation.....	26
II.3.1. Modulation .....	26
II.3.1.1 Modulation analogique .....	27
II.3.1.2 La modulation numérique .....	29
II.4. Multiplexage.....	31

## Sommaire

---

II.4.1 Frequency Division Multiple Access .....	31
II.4.2 Time Division Multiple Access .....	31
II.4.3. Code Division Multiple Access.....	32
II.5. Discussion .....	33

### Chapitre III

#### Description de la technique de transmission de données utilisée par Mobilis

III.1. Préambule .....	34
III.2. Transmission par faisceau hertzien.....	34
III.2.1. Liaison hertzienne.....	34
III.2.2. Principe d'une liaison FH .....	35
III.3. Porteuse d'un signal.....	36
III.3.1. Définitions de la porteuse .....	36
III.3.2. Transmissions avec un signal multi porteuse .....	36
III.4. Techniques de transmissions .....	36
III.4.1. Transmission avec une seule porteuse (1+0) .....	36
III.4.2. Transmission avec une seule porteuse protégée (1+1) .....	36
III.4.3. Transmission par multi-porteuse .....	37
III.4.3.1. Deux porteuses (2+0) .....	37
III.4.3.2. Quatre porteuses (4+0) .....	37
III.4.4. Transmission avec XPIC .....	37
III.4.5. Transmission par MIMO (multi input multi output) .....	37
III.5. Différents paramètres de transmission .....	38

## Sommaire

---

III.5.1. Fréquences adaptées aux techniques de transmission .....	38
III.5.2. Canaux de transmission.....	39
III.5.3. Modulation adaptée à la technique de transmission .....	39
III.5.4. Les antennes utilisées .....	40
III.5.6. Fade margin.....	40
III.6. Interférences.....	41
III.6.1. Interférences due à la sélectivité en fréquences.....	41
III.6.2. Interférences sur le canal adjacent .....	41
III.6.3. Interférences intracellulaires .....	41
III.6.4. Interférences intercellulaires .....	41
III.7. Rôle de la multi-porteuse .....	42
III.8. Discussion .....	42

## Chapitre IV

### **Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses**

IV.1. Préambule.....	43
IV.2. Configuration et simulation.....	43
IV2.1. Simulation par une seule porteuse .....	44
IV.2.1. Bilan de liaison .....	51
IV.3. Simulation multi-porteuses.....	53
IV.3.1. Cas de deux porteuses .....	53
IV.3.2. Cas de quatre porteuses.....	55
IV.4. Interprétation des résultats .....	57

## Sommaire

---

IV.5. Simulation avec antennes puissantes .....	57
IV.5.1. Cas de deux porteuses .....	58
IV.5.2. Cas de quatre porteuses.....	59
IV.6. Discussion .....	60
Conclusion .....	61

Bibliographie

### Introduction

Après avoir été inventé et popularisé au fil des années grâce au progrès technologique. Dans le monde d'aujourd'hui, la communication mobile a donc une place importante bien qu'elle ne soit pas exclusivement due à sa fonction principale, la communication. La place importante du téléphone mobile dans notre société est valable dans plusieurs domaines.

Cette communication est réalisée grâce à la connectivité utilisant les liaisons radio. Le système radio utilise la propagation des ondes radio électriques pour véhiculer des informations d'un point à un autre, on les appelle généralement faisceaux hertziens FH. Pour ce faire, des antennes sont mises au point afin d'assurer la transmission et la réception de ces informations [1]. Pour se communiquer, les antennes doivent pouvoir transmettre et recevoir des signaux. En transmission, le signal subit une modulation avant d'être transmis [2]. Alors qu'en réception, le signal est démodulé et récupéré [2]. Ceci est possible en utilisant des canaux de transmission.

L'objectif d'une telle opération est de garantir une bonne qualité de transmission tout en maintenant le niveau important de la quantité d'informations à transmettre. Dans ce contexte, le nombre de canaux à utiliser est déterminant. En effet, pour assurer une bonne qualité et une grande quantité, il faut augmenter le nombre de canaux [3]. Un seul canal permet de transmettre une faible quantité d'informations. Si la quantité est importante, la transmission par un seul canal est dégradée [3, 4].

En conséquence, notre contribution dans ce mémoire est de mettre en évidence l'intérêt d'augmenter le nombre de porteuses dans la transmission de données.

Les limites d'une seule porteuse seront analysées et présentées dans ce mémoire. Pour ce faire, nous avons effectué un stage chez l'opérateur Mobilis durant lequel nous avons réalisé une simulation en utilisant le logiciel Mentum Link Planner tout

## Introduction

---

en montrant la technique qu'il faut adopter en fonction de la quantité de données à transmettre.

Notre mémoire est scindé en quatre chapitres et une conclusion :

Dans le chapitre 1, nous avons présenté les différentes générations de réseaux mobiles et les différentes évolutions des technologies numériques et analogiques.

Dans le chapitre 2, nous avons donné un aperçu général sur les techniques de transmission de données.

Nous avons décrit les différents modes basés sur le nombre de canaux à utiliser dans la transmission de données chez l'opérateur Mobilis dans le troisième chapitre.

Le quatrième fera l'objet d'une simulation à l'aide d'un logiciel de planification et avec qui nous avons pu évaluer la transmission avec une seule porteuse ou multi-porteuse.

Nous terminons le travail par une conclusion dans laquelle des perspectives seront mises en évidence.

# **Chapitre I**

## **Généralités sur les réseaux**

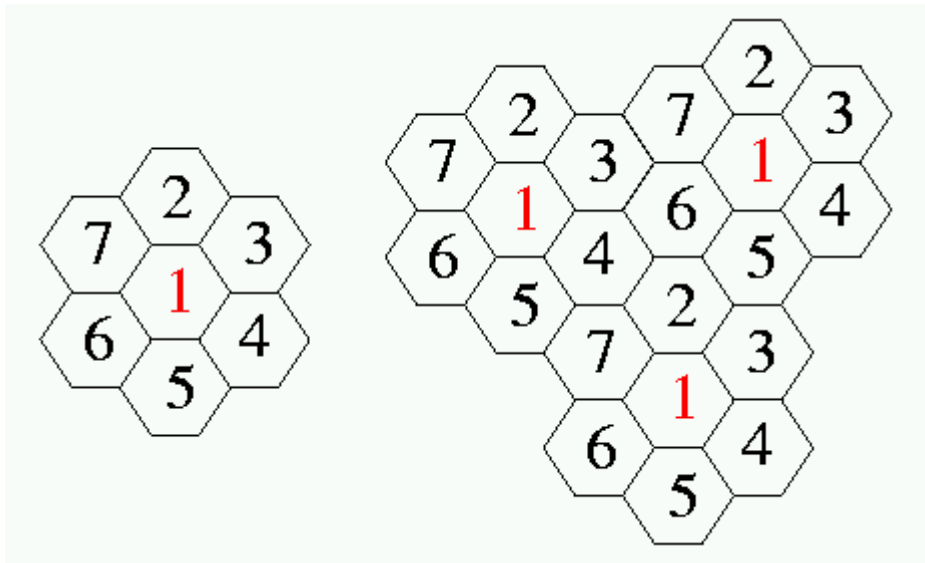
### Généralités sur les réseaux

#### 1. Préambule

L'objectif de ce chapitre est de présenter les généralités sur les réseaux téléphoniques. L'évolution de la téléphonie a été marquée par plusieurs générations, à savoir 1<sup>ère</sup> génération (1G), 2<sup>ème</sup> génération (GSM), 2.5<sup>ème</sup> génération (GPRS), 2.75<sup>ème</sup> génération (EDGE), 3<sup>ème</sup> génération (UMTS) et 4<sup>ème</sup> génération (LTE). Ici, nous allons décrire brièvement les principales générations de la téléphonie. En effet, le concept cellulaire et le principe d'handover fera préalablement l'objet de ce chapitre. Ensuite, l'architecture des différentes générations sera présentée et expliquée.

#### 2. Le concept cellulaire :

Le principe du système cellulaire est de diviser le territoire en de petites zones, appelées cellule (figure1), et de partager la fréquence radio entre celle-ci. Ainsi, chaque cellule est constituée d'une station de base à laquelle on associe un certain nombre de fréquences comme précédemment, ces fréquences ne peuvent pas être utilisées dans les cellules adjacentes afin d'éviter les interférences. Ainsi, on définit des motifs, appelés motifs ou clusters, constitués de plusieurs cellules, dans lesquels chaque fréquence est utilisée une seule fois [5,6].



**Fig.I.1.** Concept cellulaire

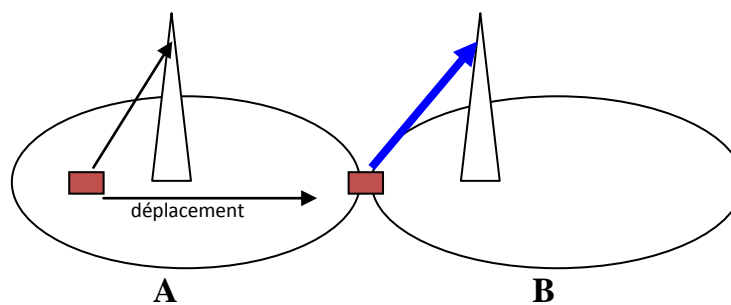
Les cellules sont généralement représentées sous forme d'hexagones permettant la réutilisation des fréquences sur des cellules éloignées. Selon la nature du terrain et des constructions, le réseau doit suivre les critères suivants :

- Deux cellules adjacentes ne peuvent pas utiliser des fréquences similaires à cause des phénomènes d'interférences.
- L'interférence ne causera aucun dommage système si la distance d'environ 2,5 à 3 fois le diamètre d'une cellule est réservée entre les émetteurs. Les filtres du récepteur sont très sélectifs.
- Les cellules voisines ne doivent pas partager des canaux similaires. Afin de réduire les interférences, les fréquences doivent être réutilisées seulement à l'interférence d'un certain modèle.
- Le niveau de puissance d'un émetteur à l'intérieur d'une cellule doit être limité afin de réduire l'interférence avec les émetteurs des cellules voisines.
- Pour permettre à un utilisateur passant d'une cellule à une autre de garder sa communication, il est nécessaire que les zones de couverture se recouvrent de 10 à 15%.

### 2.1. Principe d'handover :

Le handover est une expression anglo-saxonne qui désigne le transfert intercellulaire d'un mobile au cours d'une communication sans être interrompue. Quand l'abonné s'éloigne de l'antenne, le signal devient trop faible par rapport au seuil établis pour le niveau et la qualité du signal, la communication est alors prise en charge par l'antenne de la cellule voisine.

Les éléments du réseau qui se chargent du transfert sont les BSC et les MSC, les mesures de champs prises par les BTS sont transmises vers la BSC qui, en comparant ces puissances avec des niveaux seuils, jugera de la nécessité du changement de cellule. Si plusieurs cellules sont éligibles, alors le MSC déterminé en fonction des charges de trafic, la cellule la plus apte à prendre la communication [6].



**Fig.I.2** Principe du handover

### 3. Première génération 1G :

La première génération de systèmes cellulaires (1G) reposait sur un système de communications mobiles analogiques. Cette génération a bénéficié de deux inventions techniques majeures des années 1970 : le microprocesseur et le transport numérique des données entre les téléphones mobiles et la station de base. Les appareils utilisés étaient particulièrement volumineux. Cette première génération de

## Chapitre I : généralités sur les réseaux

---

réseaux cellulaires utilisant une technologie analogique a été remplacée dès l'apparition de la technologie numérique.

### **4. Le réseau GSM :**

Le GSM (Global System for Mobile communications), est un système cellulaire et numérique de télécommunication mobile. Il a été rapidement accepté et a vite gagné des parts de marché. Le GSM est de décrire la fonctionnalité et l'interface pour chaque composant du système, et de fournir le guide sur l'objectif du système. Les spécifications vont normaliser le système dans le but de garantir une bonne interconnexion entre les différents éléments du système GSM.

La norme GSM autorise un débit maximal de 9,6kbit/s, ce qui permet de transmettre la voix ainsi que des données numériques de faible volume [6].

#### **4.1. Les fréquences de GSM:**

Dans le réseau GSM, deux bandes de fréquence sont allouées, l'une autour des 900 MHz et l'autre autour de 1.8 GHz. chaque bande est divisée en deux sous bandes, servant pour le transfert d'informations entre le mobile et la station de base par voie montante et la voie descendante [5]. Bande étendue:

- Bande montante : 890-915 Mhz.
- Bande descendante : 935-960 Mhz.

#### **4.2. Architecture du réseau GSM :**

L'architecture de base du réseau GSM comprend quatre sous-systèmes principaux dont chacun dispose d'un certain nombre d'unités fonctionnelles.

- La station de mobile (MS) mobile station.
- Le sous système radio le BSS : Base Station Sub-susteme.
- Le sous système d'acheminement : Network Sub Système (NSS).



### ❖ La BTS :

Base transceiver station est un élément clé et le point d'accès du réseau GSM, elle est composée d'un ensemble d'émetteur / récepteur. Elle relie les stations mobiles par l'interface radio Um, et communique avec un contrôleur de station par l'interface A-bis.

Il existe plusieurs types de BTS :

- **BTS rayonnantes** : Elles sont idéales pour couvrir les sites où la densité d'abonnés est faible. Ces BTS sont les plus visibles, elles ne peuvent pas être utilisées dans les zones de forte densité car elles émettent et occupent la bande passante du réseau sur une grande distance.
- **Micro BTS** : Elles sont utilisées dans des zones où la densité est plus forte par rapport aux BTS rayonnantes.



**Fig.I.4.** Type de BTS

### ❖ Le contrôleur de station de base BSC :

Le contrôleur de station de base gère un ou plusieurs stations de base et communique avec elles par le biais de l'interface A-bis. Sa fonction principale est la gestion des ressources radio pour la zone couverte par les différentes stations de base qu'y sont connectées.

### 4.2.3. Sous-système réseau NSS :

Le sous-système réseau ou bien network sub-system gère l'accès radio. Son rôle se focalise sur la prise en charge de toutes les fonctions de contrôle et d'analyse d'informations contenues dans les bases de données afin d'établir des connexions qui sollicitent le chiffrement, l'authentification et le roaming. [11]

Le NSS est composé des éléments suivants :

#### ❖ Centre de commutation mobile MSC :

Il est relié au sous système radio grâce à l'interface A. Sa tâche principale consiste à établir des commutations entre les abonnés du réseau mobile, comme il assure d'autres fonctions qui sont comme suit :

-Transmettre des messages courts.

-Effectuer un dialogue avec le VLR de manière à contrôler la mobilité des données dynamiques du HLR.

-Vérifier les paramètres d'un abonné lors d'un appel et mettre à jour les données dynamiques du HLR.

-Assurer l'interconnexion du système mobile avec le réseau RTC ou bien ISDN.

#### ❖ L'enregistreur de localisation nominale HLR :

C'est une mémoire qui est liée au réseau. Elle constitue une importante base de données ayant pour tâche de gérer les abonnés d'un opérateur donné en offrant un accès rapide pour garantir un temps d'établissement de la connexion aussi court que possible. Il contient un certain nombre de données statistiques (informations relatives aux abonnés : leur identités, numéro d'appel, les services auxquels ils ont droit) [11].

#### ❖ L'enregistreur de localisation des visiteurs VLR :

VLR est une base de données qui stocke des informations dynamiques qui lui transmises par le HLR avec lequel elle communique.

#### ❖ L'enregistreur des identités des équipements EIR :

C'est une base de données qui a pour objectif de vérifier si le mobile possède les autorisations nécessaires pour accéder au système. Par mesure de sécurité l'EIR comprend deux sections [7]:

## Chapitre I : généralités sur les réseaux

---

-white liste : ce sont tous les IMEI (International Mobile Station équipement Identity) attribués à tous les opérateurs des différents pays avec lequel il existe des accords de roaming international.

-Black liste : ce sont tous les IMEI qui ont été bloqués.

### ❖ **Le centre d'authentification AuC :**

AuC est une base de données qui mémorise les informations nécessaires à la protection des communications des abonnés mobiles. Elle fournit les clefs d'authentification et de cryptage nécessaire pour établir l'identité de l'utilisateur et à assurer la confidentialité de chaque abonné.

### **4.2.4. Sous système d'exploitation et de maintenance OSS :**

C'est un système qui permet de gérer, de superviser et de veiller au bon fonctionnement de l'ensemble du réseau GSM [7].

## **5. Le réseau GPRS :**

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

Le GPRS est une extension du protocole GSM : 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.

Le GPRS permet d'atteindre un débit théorique de 171 Kbit/s. le système GPRS repose sur l'architecture du réseau GSM car celui-ci se charge de fournir le service voix quant au GPRS, il fournit les services qui sollicitent les données par paquets.

### 5.1. Principales caractéristiques du GPRS :

- Transport de données utilisateur et signalisation.
- Connexion stable.
- Temps d'accès réduit.
- Débit plus élevé.
- Facturation du volume téléchargé.

### 5.2. Architecture du GPRS :

Dans cette partie, nous allons présenter l'architecture d'un réseau GPRS. Cependant, comme nous l'avons mentionné, GPRS est un service complémentaire de GSM et s'intègre dans ce dernier.

Le réseau GPRS et le réseau GSM fonctionnent en parallèle, le premier est utilisé pour le transport de données, et le second pour les services classiques de voix. Tous deux utilisent les mêmes équipements BSS, c'est-à-dire les stations de base BTS et leurs contrôleurs BSC.

Nous allons voir les différentes parties qui composent cette architecture et avec les nouveaux éléments de réseau doivent donc être ajoutés au GSM pour offrir le GPRS.

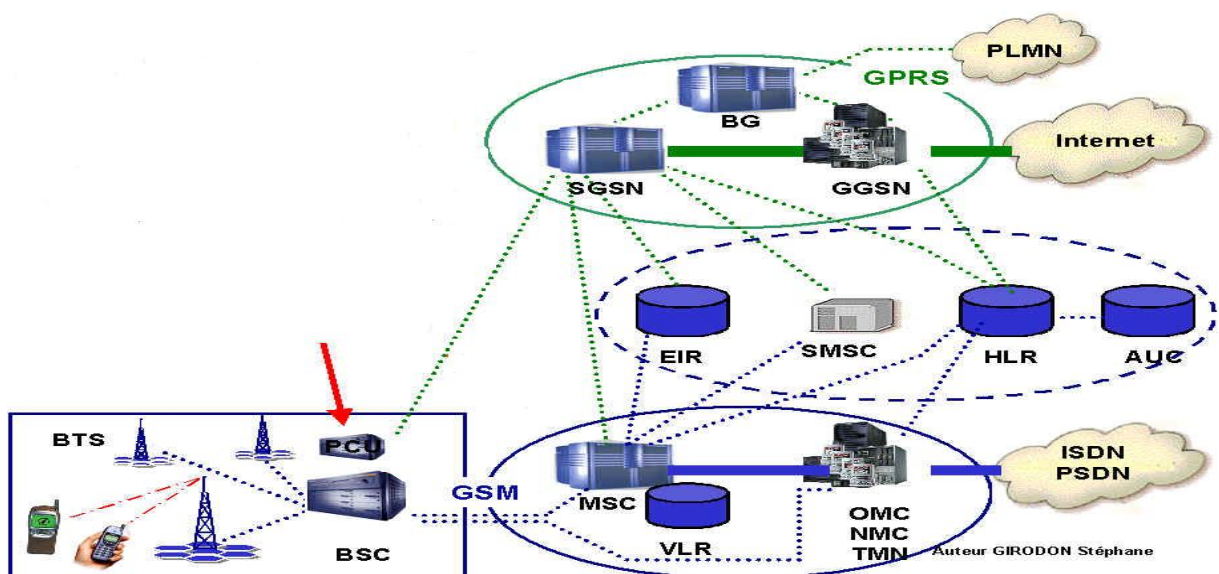


Fig.I.5. Architecture du GPRS

### 5.2.1. Les équipements du réseau:

- **Nœud passerelle GGSN (Gateway GPRS Support Node) :** Le GGSN est la fonctionnalité du service dans le centre de communication (MSC), qui permet de communiquer avec les autres réseaux des données par paquets extérieurs au réseau GSM.

Le réseau cœur GPRS est interconnecté avec l'extérieur via une passerelle GGSN qui contient les informations de routage permettant au mobile de communiquer avec l'extérieur tout en assurant la sécurité. Pour pouvoir envoyer les informations au mobile, le GPRS utilise une autre entité SGSN [7].

- **Nœud de service SGSN (Serving GPRS Support Node) :** le SGSN garde la trace de la localisation des MS et assure les fonctions de sécurité et de contrôle d'accès sur la voie radio. Il gère la mobilité (authentification, chiffrement) et suit le mobile quand il se déplace, et collecte des éléments de facturation relatifs à l'utilisation des ressources radio.

Quand un paquet de données arrive d'un réseau PDP (Packet Data Network) externe au réseau GSM, le GGSN reçoit ce paquet et le transfère au SGSN qui le retransmet vers la station mobile. Pour les paquets sortants, c'est SGSN qui les transmet vers le GGSN.

- **Le module BG (Border Gateway):** Les recommandations introduisent le concept de BG qui permet de connecter les réseaux. Ces BG ne sont pas spécifiées pour les recommandations mais elles jouent le rôle d'interface avec les autres PLMN (Public Land Mobile Network) permettant ainsi de gérer les niveaux de sécurité entre les réseaux.
- **Le PCU (Packet Control Unit) :** cet équipement gère les fonctions de couches basses, c'est-à-dire les protocoles RLC (Radio Link Control) et MAC, contrôle de puissance, adaptation des débits. Il gère les fonctions de transmissions et d'acquittements.

### **6. EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution, 2,75G):**

EDGE est un standard de mobiles de 2ème génération. EDGE est une évolution des normes de téléphonie mobile GPRS pour GSM qui permet à un accès à l'Internet à partir d'un téléphone mobile ou d'un microordinateur. EDGE permet des transferts de données avec un débit maximal de 384 kbit/s.

### **7. Réseau UMTS :**

L'UMTS (Universel Mobile Télécommunications System) désigne une technologie retenue dans la famille dite IMT 2000 (International Mobile Télécommunications) comme norme pour les systèmes de télécommunications mobile dits de troisième génération (3G), qui succéderont progressivement au standard actuel : le GSM.

L'UMTS permet des améliorations substantielles par rapport au GSM, notamment :

- Elle rend possible un accès plus rapide à Internet depuis les téléphones portables, par un accroissement significatif des débits des réseaux de téléphonie mobile.
- Elle améliore la qualité des communications en tendant vers une qualité d'audition proche de celle de la téléphonie fixe.
- Elle permet de concevoir une norme compatible à l'échelle mondiale, contrairement aux technologies actuelles (les normes utilisées aux Etats-Unis et au Japon ne sont pas toutes compatibles avec le GSM).
- Elle répond au problème croissant de saturation des réseaux GSM, notamment en grandes ville [9].

#### **7.1. Différents types de cellules :**

L'UMTS utilise des fréquences plus élevées que les mobiles de deuxième génération. Pour cette raison, ses cellules sont plus petites.

Pour réaliser une couverture adaptée à chaque population et à chaque environnement, le concept de cellule superposé a été introduit [9]. Trois types de cellules sont définis :

- **Les macro-cellules :**

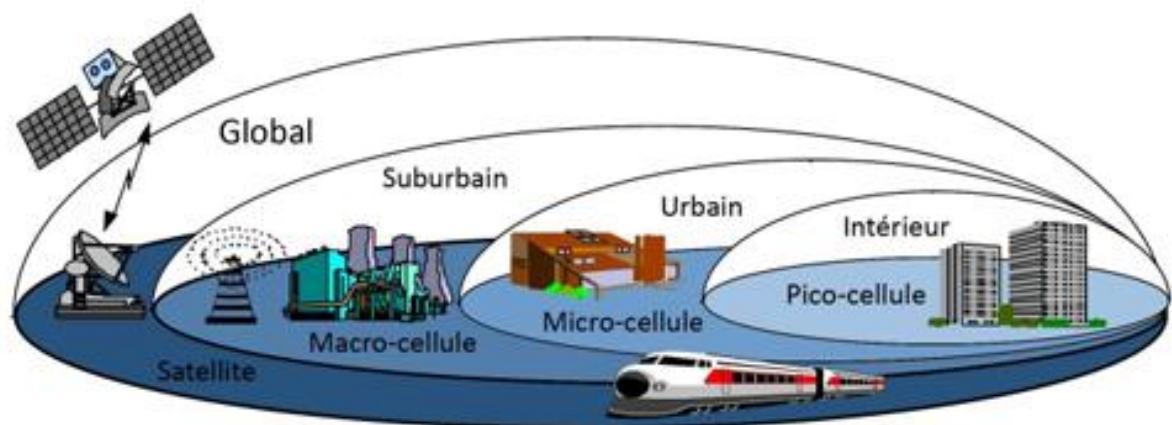
Dans ces cellules, les mobiles peuvent être situés jusqu'à 35 Km de la station de base, selon les obstacles rencontrés. Elles sont utilisées pour couvrir des zones les moins peuplées. Les émetteurs exploités dans ce type de cellules, sont très puissants et leurs antennes doivent être placées à au moins 30 m de hauteur [5].

- **Les microcellules :**

Les microcellules sont des cellules de petite taille destinées aux à très fort densité de trafic. Leur portée est en moyenne de 500m. La puissance des antennes émettrices est alors diminuée pour éviter le problème d'interférence [5].

- **Les pico cellules :**

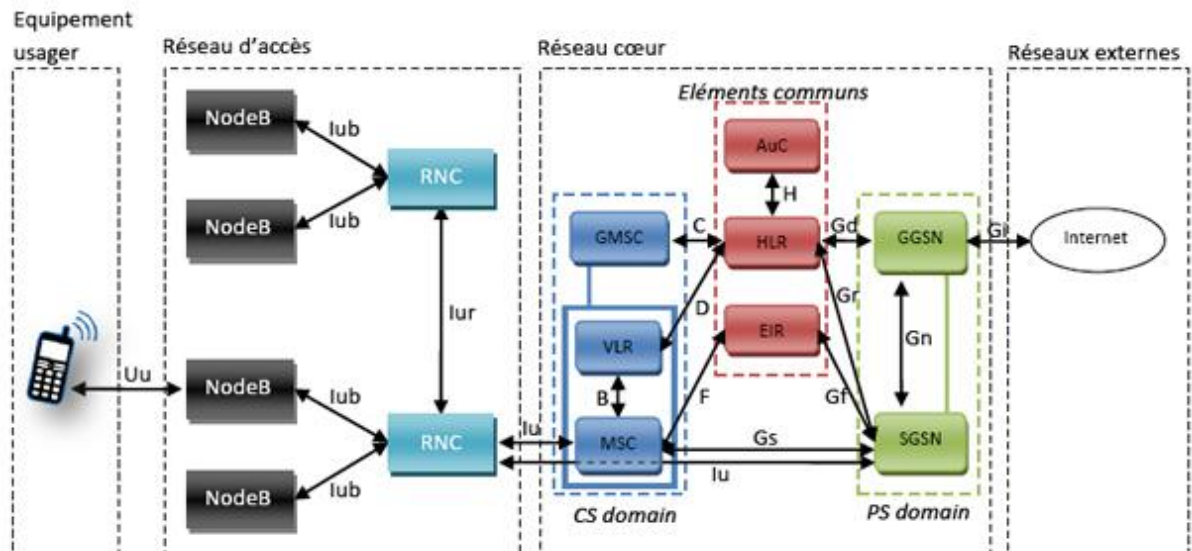
Ce sont des cellules de taille très petite. Elles sont utilisées dans des zones encore plus petites que celles des micros cellules (gare, aéroport...). Leur rayon est de 100 m environ [5].



**Fig.I.6.** Différents types de cellules

### 7.2. Architecture du réseau UMTS :

Le réseau UMTS se divise en deux domaines : le domaine équipement utilisateur UE (User Equipment) et le domaine infrastructure. Le domaine infrastructure se partage en deux parties : le réseau d'accès (Acces Network) et le réseau cœur CN (Core Network).



**Fig.I.7.** Architecture du réseau UMTS

#### 7.2.1. L'équipement utilisateur (UE) :

L'utilisateur UMTS est équipé d'un UE (User Equipment) qui se compose du Mobile Equipment (ME) correspondant au combiné téléphonique (terminal mobile) et la carte USIM

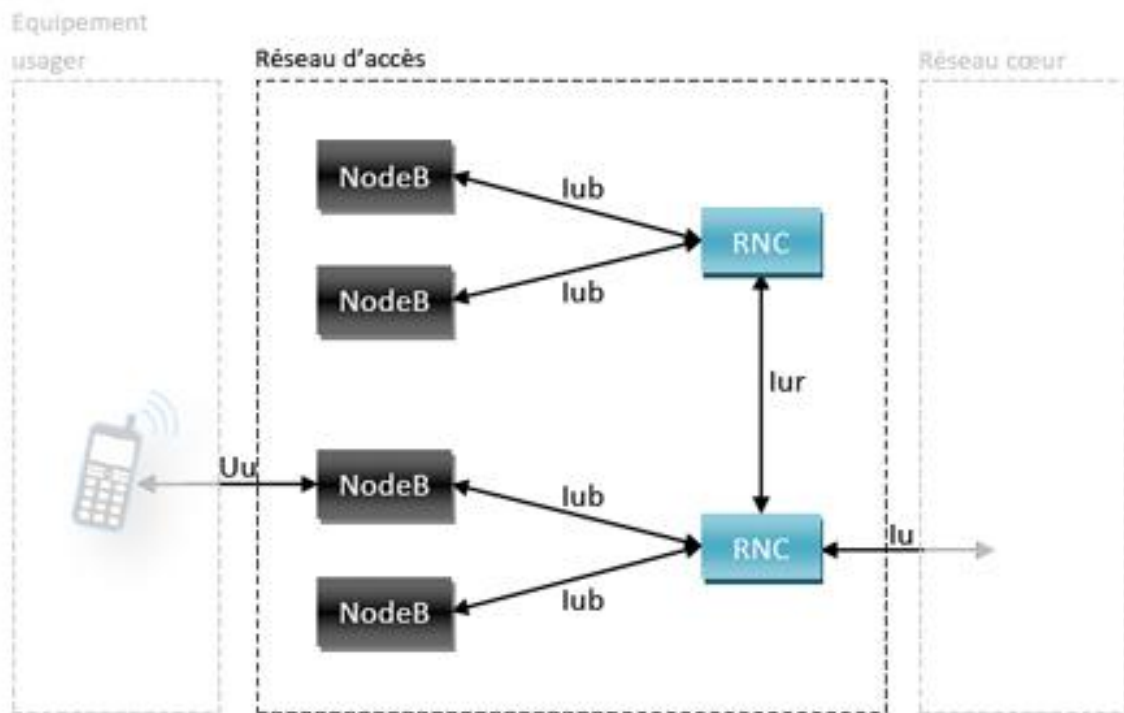
(UMTS Subscriber Identity Module) ressemble à celle de la carte SIM en GSM.

L'UE peut se rattacher simultanément aux domaines circuit (MSC) et paquet (SGSN) et peut alors disposer simultanément d'un service GPRS et d'une communication téléphonique.

#### 7.2.2. Le réseau d'accès radio terrestre UTRAN :

L'UTRAN qui signifie d'accès radio terrestre universel est en charge du contrôle et de la gestion des ressources radio et permet l'échange d'information entre le terminal mobile et le réseau cœur. L'UTRAN est composé de deux principaux constituant les nœuds B et le RNC

(RadioNetworkController).



**Fig.I.8** Radio terrestre UTRAN

- **Nœud B :**

Le Nœud B est équivalent à la BTS du réseau GSM. Il peut gérer une ou plusieurs cellules. Il inclut un récepteur CDMA qui convertit les signaux de l'interface Uu (Interface Air) en flux de données acheminés au RNC sur l'interface Iub. Dans l'autre sens, le transmetteur CDMA convertit les flux de données reçus du RNC pour leur transmission sur l'interface Air.

- **Radio Network controller RNC :**

Le RNC Radio Network controller contrôle les ressources radio dont dispose. Le RNC de l'UTRAN a une fonction équivalente au BSC des réseaux GSM, il fait le routage des communications entre le Node B et le réseau cœur d'une part et la supervision du NodeB d'autre part.

Nous distinguons deux types de RNC :

## Chapitre I : généralités sur les réseaux

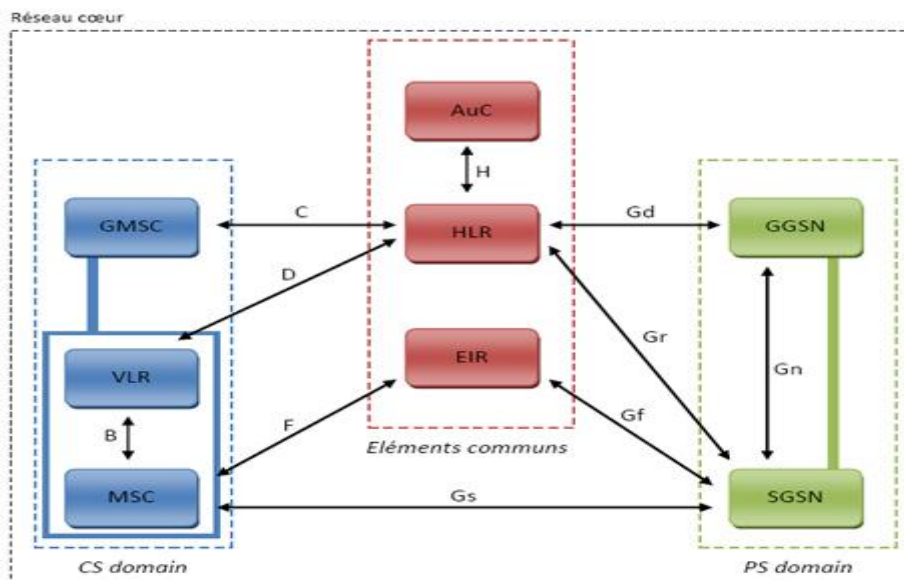
- Le **serving RNC** gère les connexions radios avec le mobile et sert de point des rattachements au core NetworkI via l'interface Iu. Il contrôle et exécute le Handover.
- Le **Drift RNC** sur ordre du serving RNC, gère les ressources radios des stations de base qui dépendent de lui. Il effectue la recombinaison des liens lorsqu'une macro diversité apparaisse, c'est-à-dire plusieurs liens radios sont établis avec des stations de base qui lui sont attachées. Il route des données utilisateurs vers le serving RNC dans le sens montant et vers ses stations de base dans le sens descendant.

### 7.2.3. Réseau cœur:

Le réseau cœur CN est responsable de la commutation et du routage des communications vers le réseau externes en vu de gérer les services souscrits par un abonné. Il est compose en deux parties distinctes dites domaines.

Le CS (Circuit Swtiched) Domain.

Le PS (Packet Swtiched) Domain.



**Fig.I.9.** Réseau cœur

## Chapitre I : généralités sur les réseaux

---

Le domaine circuit permet de gérer des services correspondant aux conversations téléphoniques. Il nécessite un temps de transfert faible ; le CS supporte un débit de 384k bit/s.

Les éléments qui composent ce domaine sont :

- le MSC/VLR
- Base de donnée VLR
- GMSC (commutateur relié au réseau externe)

Le domaine paquet PS a pour fonction de gérer les services correspondant à la navigation sur internet, aux jeux en réseau et aux e-mails. Ces applications transitent en mode paquet avec des débits pouvant aller jusqu'à 2 Mb/s.

Les éléments constituant ce domaine :

- SGSN : est l'équivalent du MSC/VLR en mode paquet.
- GGSN : est l'équivalent du GMSC en mode paquet qui commutera vers Internet et les autres réseaux de transmission de données.

Comme il existe dans le réseau cœur des éléments communs aux PS et CS qui sont : HLR, EIR et Auc.

### 7.3. Les Interfaces :

Nom	Localisation	Utilisation
<b>Uu</b>	Node B-UE	Interface radio
<b>Iub</b>	NodeB-RNC	Rapport des mesures, diffusion des informations système et transport des données.
<b>Iur</b>	RNC-RNC	Synchronisation des RNC pour permettre de faire la procédure de soft handover.
<b>Iu-CS</b>	MSC-RNC	Elle permet la communication du RNC avec le MSC pour les services en mode circuit.
<b>Iu-PS</b>	SGSN-RNC	Elle permet la communication du RNC avec SGSN les services en mode paquet.

### **8. La quatrième génération LTE :**

La technologie LTE est menée par l'organisme de standardisation 3GPP visant à rédiger les normes techniques de la future quatrième téléphonie mobile. Les évolutions principales de la 4G résident dans l'augmentation des débits maximum théoriques (meilleur débit réel et meilleure capacité des réseaux à écouler le trafic) et des délais de latence plus réduits (temps de réaction réduit permettant une meilleure interactivité). L'utilisateur dispose ainsi d'une connexion environ 3 fois plus rapide qu'en 3G, qui se caractérise par un débit maximum théoriques de l'ordre de 1 Gbit/s, et les fréquences utilisées sont dans les bandes 800 MHz, 1800 MHz et 2600 MHz. [8]

### **9. Discussion :**

Nous avons vue dans ce chapitre les différentes générations de réseau mobile et leurs multiples architectures ainsi nous avons pu voir l'évolution de la technologie

# Chapitre II

## Techniques de transmission de données

### **Techniques de transmission de données**

#### **1. Préambule**

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différentes techniques de transmission. Pour ce faire, nous donnons dans un premier temps des notions fondamentales sur la propagation des ondes électromagnétiques ainsi que le type de lignes de transmission qui peuvent être utilisées pour établir les connections. Aussi, la modulation et la démodulation qui sont un processus indispensable dans la transmission de données sont décrites dans ce chapitre. Des techniques de transmission comme la FDMA (Frequency Division Multiple Access) et la TDMA (Time Division Multiple Access) très largement utilisées sont présentées aussi dans ce chapitre.

#### **2. Propagation des ondes radioélectriques:**

Les ondes radioélectrique ou ondes hertziennes sont des ondes électromagnétiques qui se propagent de deux façons :

- Propagation dans l'espace libre (propagation rayonnée, autour de la Terre par exemple).
- Propagation dans des lignes (propagation guidée, dans un câble coaxial ou un guide d'onde).

##### **2.1. Propagation dans l'espace libre :**

Les ondes électromagnétiques se propagent uniformément entre l'antenne d'émission et l'antenne de réception (fig.1). Pour transmettre les informations entre ces antennes, avec une puissance minimale d'un émetteur de radiodiffusion afin d'assurer une réception de meilleure qualité sur une zone déterminée, on définit les

## Chapitre II : Techniques de transmission de données

---

différents paramètres qui influent sur les équations de propagation. Ces paramètres sont [10]:

**A** : Atténuation de propagation

**G** : gain d'antenne

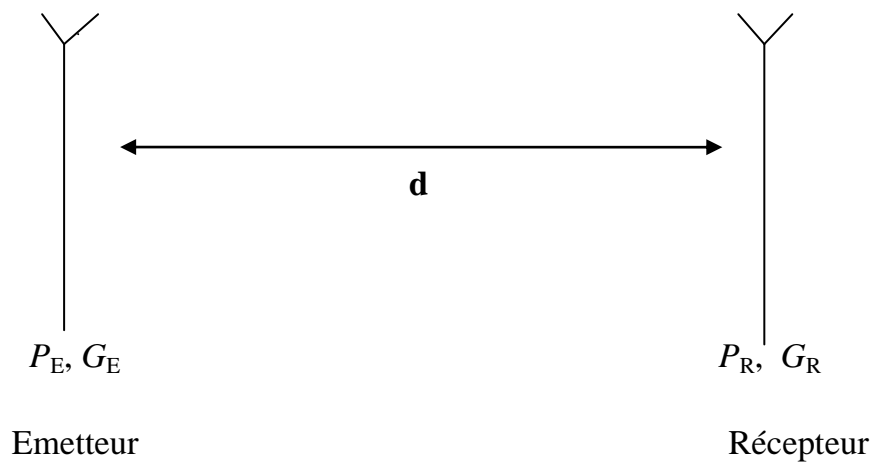
**f** : fréquences du signal

**d** : distance entre l'émetteur et le récepteur

$\lambda$  : la longueur d'onde

**P<sub>e</sub>** : puissance du signal de l'antenne émettrice

**P<sub>r</sub>** : puissance du signal de l'antenne réceptrice



**Fig.II.1.** Présentation d'une antenne d'émission et d'une antenne de réception.

Supposons un émetteur de puissance  $P_E$  équipé d'une antenne de gain  $G_E$ . À la réception, on dispose d'une antenne de gain  $G_R$ . Pour calculer la puissance de réception, on utilise la relation donnée par l'équation (II.1) :

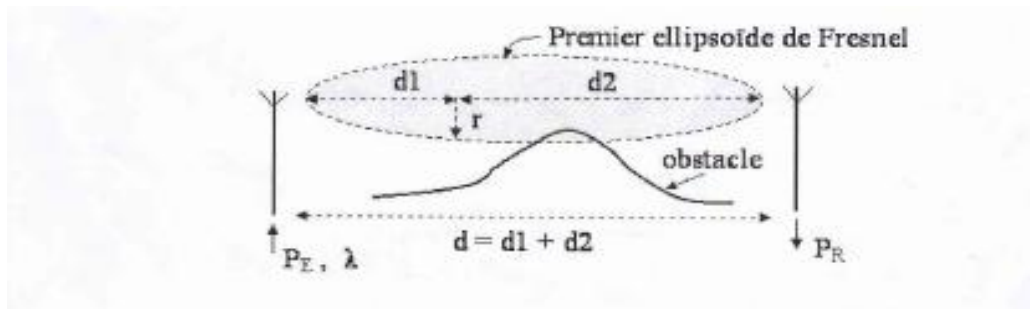
$$P_R = P_E G_E G_R / (4\pi d / \lambda)^2 \quad (\text{II.1})$$

Et l'atténuation de propagation est définie par l'équation (2) :

$$A = \frac{1}{G} = k f^2 d^2 \quad (\text{II.2})$$

### 2.1.1. Propagation en visible LOS (line of sight) :

Une liaison est dite en visibilité lorsque le signal se propage entre l'émetteur et le récepteur comme s'ils étaient en espace totalement dégagé de plusieurs dizaines de longueurs d'ondes. Le principe de cette propagation est basé sur l'ellipsoïde de Fresnel. En effet, Le Premier ellipsoïde de Fresnel délimite la région de l'espace où est véhiculée la plus grande partie de l'énergie du signal. Se situer dans cet ellipsoïde revient à se retrouver dans les conditions de la propagation en espace libre. On dit qu'une liaison est en visibilité si les phénomènes de diffraction par les obstacles éventuels situés au voisinage du trajet ont une influence négligeable sur le niveau de réception. Pour cela, il suffit qu'il n'existe aucun obstacle dans l'ellipsoïde de révolution ou premier ellipsoïde de Fresnel ayant pour foyer les antennes d'émission et de réception.



**Fig.II.2.** Premier ellipsoïde de Fresnel

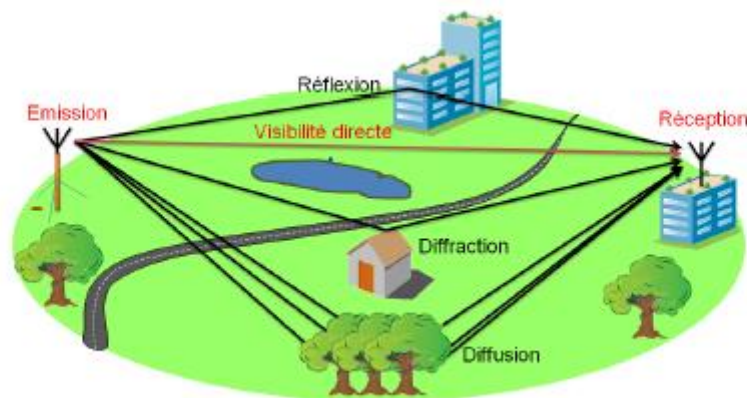
Cela se passe de telle sorte que la somme des distances d'un point de l'ellipsoïde aux antennes d'émission et de réception dépasse d'une demi-longueur d'onde la distance entre ces antennes. Le calcul du rayon de l'ellipsoïde de fresnel se fait en utilisant l'équation(II.3) :

$$r \cong \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (\text{II.3})$$

On déduit que la propagation s'effectue en mode LOS (ou en visibilité) s'il n'y a pas d'obstacle qui pénètre dans la zone de Fresnel à plus de 40%.

### 2.1.2. Propagation en non visibilité NLOS :

Dans ce cas, une liaison est considérée comme étant en non-visibilité lorsque le Premier Ellipsoïde de Fresnel n'est pas du tout dégagé. Donc on parle d'une propagation en non visibilité si l'antenne émettrice ne peut pas voir directement l'antenne réceptrice. C'est le cas où il y a un obstacle (montagne, bâtiment, forêt, courbure terrestre...) entre l'antenne émettrice et l'antenne réceptrice. Il y a quatre types différents de propagation : réflexion, transmission, diffraction et diffusion sont montrées sur la (fig II.3) [10]



**Fig.II.3.** Types de propagation

- **Diffraction :**

La diffraction se produit lorsque la ligne de visée (Line of Sight: LOS) entre l'émetteur et le récepteur est obstruée par un obstacle opaque dont les dimensions ne sont pas très importantes par rapport à la longueur d'onde.

Exemple : en environnement urbain.

- **Diffusion :**

La diffusion se produit dans le même cas que la diffraction mais lorsque les dimensions des obstacles sont comparables à la longueur d'onde.

Exemple : feuillage de la végétation.

- **Réflexion :**

La réflexion se produit lorsque l'onde émise rencontre un obstacle dont les dimensions sont très largement supérieures à la longueur d'onde. La réflexion peut avoir pour effet une augmentation ou une diminution du niveau du signal reçu. Lorsqu'il y a un grand nombre de réflexions le niveau du signal reçu peut de venir instable.

Exemple : réflexion par les bâtiments.

- **Transmission :**

Contrairement aux types précédents, la transmission se produit lorsque l'obstacle est en partie "transparent" vis à vis de l'onde émise.

Exemple : pénétration des ondes dans les bâtiments.

Ces différents types influent d'une façon ou autre sur les porteuses utilisées pour la transmission ainsi que sur les données. Ces effets sont :

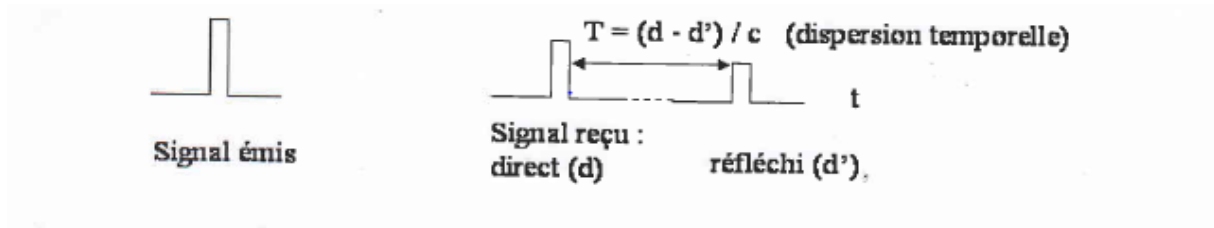
***i. Effet sur la porteuse :***

Les porteuses du signal réfléchi et du signal direct peuvent avoir un décalage de phase. Comme les deux signaux se superposent au niveau de l'antenne de réception on a une interférence qui peut être constructive ou destructive. Ceci provoque une variation continue de la puissance reçue au cours du temps où en se déplaçant [5].

***ii. Effet sur les données :***

Le récepteur reçoit les mêmes données décalées dans le temps ce qui provoque une interférence inter-symbole. Ce phénomène limite la vitesse maximale de transmission.

Exemple : interférence inter-symbole



### 2.2. Propagation par ligne de transmission :

Le deuxième type de propagation est réalisé en utilisant des lignes de transmission qui sont adoptées en fonction de distances à parcourir par les données et la quantité de ces dernières.

- **Ligne bifilaire :**

Est le moyen de transmission le plus simple. On peut l'utiliser pour des connexions n'excédant pas 50 m, pour relier un DTE à un DCE, un modem par exemple.

Ce type de câble possède l'inconvénient d'être sensible d'une part à la diaphonie, à cause des capacités parasites, d'autre part aux perturbations électromagnétiques [5].

- **La paire torsadée :**

Est un câble téléphonique constitué à l'origine de deux fils de cuivre isolés et enroulés l'un sur l'autre (d'où le nom). Actuellement, on utilise plutôt des câbles constitués de 2 ou 4 paires torsadées. Elle est très répandue, d'une connexion facile et d'un faible coût mais elle possède une faible immunité aux bruits.

Il en existe les deux types suivants : blindées (STP : Shielded Twisted Pair), non blindées (UTP : Unshielded Twisted Pair).

- **Le câble coaxial :**

Il s'agit de 2 conducteurs concentriques isolés par une gaine diélectrique. Une gaine extérieure, parfois blindée, entoure l'ensemble. Cette construction assure au câble une bonne résistance aux signaux parasites.

## Chapitre II : Techniques de transmission de données

---

Des débits de 10 Mb/s peuvent transiter par de tels câbles coaxiaux, dont la longueur n'excède pas quelques centaines de mètres.

- **La fibre optique :**

La fibre optique peut être utilisée pour véhiculer des signaux de données sous forme de signaux optiques modules. Elle est constituée d'un cylindre de verre extrêmement fin (le cœur) entouré d'une couche concentrique de verre (le revêtement) et joue le rôle d'un guide d'ondes lumineuses pour les longueurs d'ondes dans la gamme infrarouges 850nm, 1300nm, 1500nm. L'indice de réfraction de revêtement étant plus faible que celui du cœur, les faisceaux lumineux est réfléchi vers le cœur dès qu'il heurte le revêtement. Une onde optique guidée par des réflexions successives peut être représentée par des faisceaux de rayons que l'on appelle <modes>.

Les fibres optiques offrent des bandes passantes très importantes, de l'ordre du GHz. Leur atténuation est très faible et les signaux véhiculé n'étant, bien entendu, pas sujets aux interférences électriques, le taux d'erreur est également très faible (de l'ordre de  $10^{-9}$ ). De plus le câble optique est plus léger et moins encombrant qu'un support à cuivre. Néanmoins, le prix d'une liaison en fibre optique reste élevé, en raison des coupleurs optoélectronique [5].

### **3. Modulation et Démodulation :**

Pour transmettre les données, la modulation et démodulation sont indispensables. En effet, le signal à transmettre doit être modulé (modulation) pour qu'il soit acheminé vers la réception. A la réception, le signal doit être récupéré et donc démodulé (démodulation).

#### **3.1. Modulation :**

La modulation consiste à adapter les informations à transmettre à un canal de communication, il existe plusieurs méthodes de modulation, celles qui sont analogiques et celles qui sont numériques.

### 3.1.1. Modulation analogique :

La transmission analogique ou en bande transposée consiste à faire circuler des informations sur un support physique de transmission sous la forme d'une onde. La transmission de données se fait par l'intermédiaire d'une onde porteuse, une onde simple dont le seul but est de transporter les données par modification de l'une de ces paramètres de l'onde porteuse (amplitude, fréquence ou phase).

On distinguera trois types de la modulation analogique :

#### i. Modulation d'amplitude :

Le principe de la modulation d'amplitude est de faire varier l'amplitude d'un signal haute fréquence (la porteuse) au rythme d'un signal basse fréquence (le modulant) (voir figure II.4) [2].

La porteuse est :  $p(t) = v \cos(\omega_0 t)$  avec  $\omega = 2\pi f_0$

Le signal modulant est :  $s(t)$

La modulation crée un signal modulé en amplitude ou un signal AM :

$$V(t) = v(1 + ks(t)) \cos(\omega_0 t) \quad (\text{II.4})$$

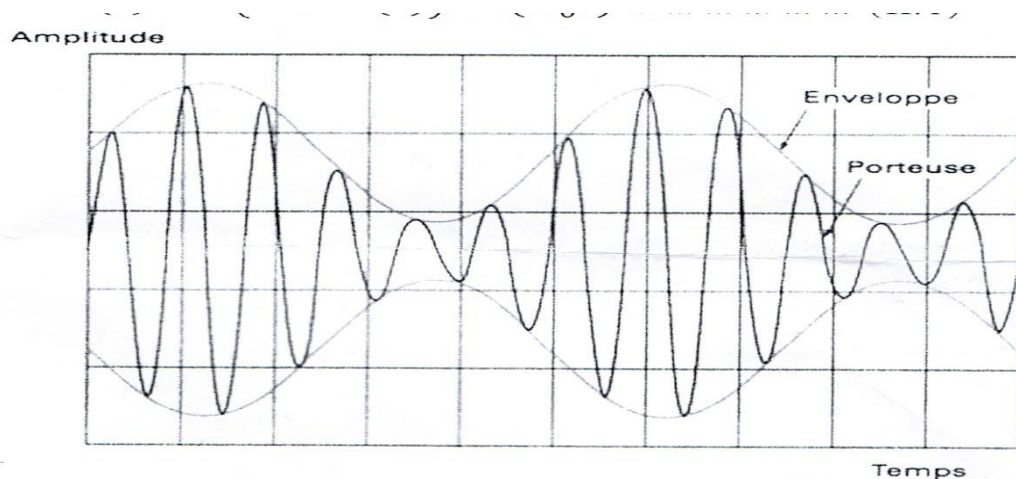


Fig.II.4. Modulation d'amplitude

### i.i. Modulation de fréquence :

Elle consiste à faire la fréquence instantanée de la porteuse au rythme de celle du signal modulant [8].

Un signal peut s'écrire sous la forme :

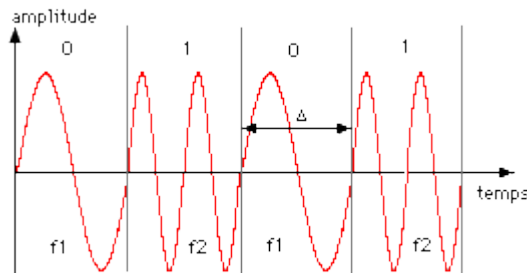
$$P(t) = v \cos(\theta(t)) = v \cos(\omega_0 t + \varphi(t))$$

Le signal modulant est :  $s(t)$

Le signal porteuse est :  $p(t) = v \cos(\omega_0 t)$  avec  $\omega_0 \gg \Omega$  (la fréquence du signal modulant)

La fréquence instantanée s'écrit :  $f(t) = f_0 + k s(t)$

Cette fréquence est donc modulée autour de  $f_0$  par le signal  $s(t)$ . On réalise une modulation de fréquence. (Voir figure II.5)



**Fig.II.5.** Modulation de fréquence

### iii. Modulation de phase :

La modulation de phase consiste à faire varier la phase du signal porteur en fonction du signal modulant (voir figure II.6).

## Chapitre II : Techniques de transmission de données

---

Si : le signal modulant est  $s(t)$ , et la porteuse :

$$P(t) = v \cos(\omega_o t) \text{ avec } \omega_o \gg \Omega$$

La phase instantanée du signal modulé en phase s'écrit :

$$\theta(t) = \omega_o t + ks(t)$$

On peut alors écrire :

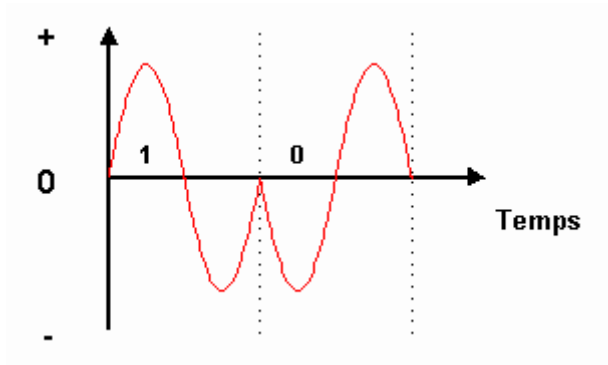
$$\varphi(t) = ks(t)$$

La fréquence instantanée s'écrit donc :

$$f(t) = f_o + \frac{k}{2\pi} \frac{ds}{dt}$$

Le signal modulé en phase s'écrit alors :

$$v(t) = v \cos(\omega_o t + ks(t)) \quad (\text{II. 5})$$



**Fig.II.6.** Modulation de phase

### 3.1.2. La modulation numérique :

En modulation numérique, les paramètres de la porteuse, amplitude ou angle (argument), sont commutés entre plusieurs valeurs discrètes selon les codes binaires à transmettre.

## Chapitre II : Techniques de transmission de données

---

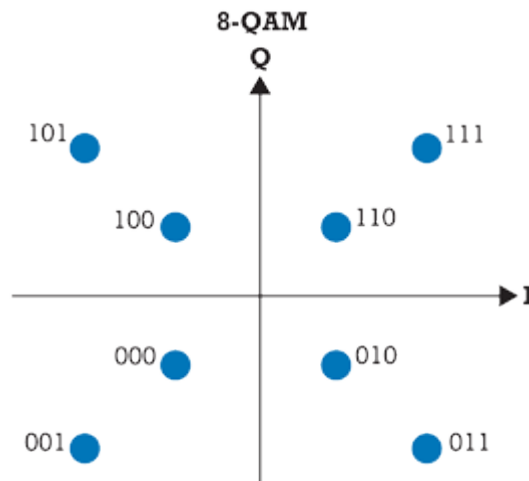
Il existe plusieurs catégories de modulation numériques :

- Modulation par saut d'amplitude ASK.
- Modulation par saut de fréquence FSK.
- Modulation par saut de phase PSK.

- **Modulation QAM :**

La modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation) ou modulation d'amplitude en quadrature de phase est une technique qui emploie une combinaison de modulation de phase et d'amplitude. Elle est largement employée par les modems pour leur permettre d'offrir des débits binaires élevés [2].

Prenons par exemple un signal modulé QAM avec 3 bits transmis par baud. Une telle modulation requiert donc  $2^3$  soit 8 combinaisons binaires différents sont souvent représentées par une constellation de points représentant chacun un groupe de bits. (Voir figure 7).



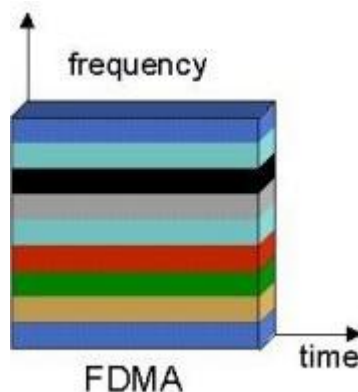
**Fig.II.7.** Constellation QAM8.

### 4. Multiplexage :

Le multiplexage est une manière efficace de partager les ressources de communication en temps et en bande passante pour augmenter la capacité d'un réseau de communication en nombre d'utilisateurs. Il est donc nécessaire de transmettre simultanément sur un même canal le plus grand nombre de messages possibles. A titre illustratif, nous considérons trois techniques, à savoir la FDMA, TDMA et CDMA. [1]

#### 4.1. FDMA (Frequency Division Multiple Access):

La technique FDMA a été la première méthode développée et utilisée dans les systèmes de téléphonie analogique. Pour ce type d'accès multiple, une bande de fréquence est allouée à chaque utilisateur. L'ensemble est juxtaposé et transmis sur un même canal de transmission. En réception, un filtre sélectif accordé sur la bande de fréquence de l'utilisateur désiré permet de récupérer les données.



**Fig.II.8.** Frequency Division Multiple Access

#### 4.2. TDMA (Time Division Multiple Access):

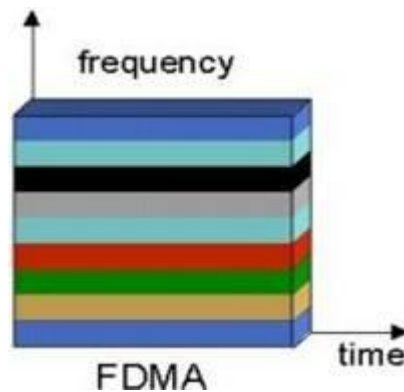
Le TDMA est un système qui utilise une seule porteuse divisée par le temps parmi plusieurs utilisateurs. Les canaux de communication consistent essentiellement de plusieurs unités appelées Intervalle de Temps (time slots) sur un certain cycle de temps (fig II.9), ce qui rend possible pour un canal à une seule fréquence d'être

## Chapitre II : Techniques de transmission de données

---

efficacement utilisé par plusieurs utilisateurs puisque chacun utilise un intervalle de temps différent. Par exemple le système GSM alloue un IT à 8 utilisateurs successivement sur un même canal.

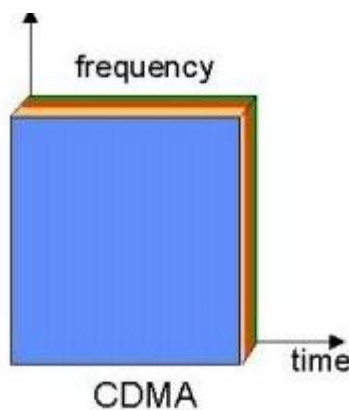
Ce système est largement utilisé dans le domaine des téléphones numériques portatifs et les communications satellite mobiles.



**Fig.II.9.** Time Division Multiple Access

### 4.3. CDMA (Code Division Multiple Access):

Le CDMA est utilisé dans de nombreux systèmes de communication. Il permet d'avoir plusieurs utilisateurs sur une même onde porteuse (fig.II.10). Les transmissions sont numérisées, dites à étalement de spectre. L'étalement du spectre rend le signal moins sensible aux fluctuations sélectives en fréquence. Le signal est ainsi transmis sur une bande de fréquence beaucoup plus large que la bande de fréquence nécessaire.



**Fig.II.10.** Code Division Multiple Access

### **5. Discussion :**

Ce chapitre a fait l'objet d'une présentation des différentes techniques de transmission de données, dans lequel nous avons décrit les différentes méthodes et les supports de transmissions. La modulation et la démodulation ont fait aussi l'objet de ce chapitre. Dans le prochain chapitre, nous présentons la technique employée par l'opérateur Mobilis.

## **Chapitre III**

# **Description de la technique de transmission de données utilisée par Mobilis**

## **Description de la technique de transmission de données utilisée par Mobilis**

### **1. Préambule**

Nous montrons dans ce chapitre la technique de transmission adoptée par l'opérateur Mobilis. En effet, cette technique de transmission par faisceau hertzien utilise une porteuse ou plusieurs porteuses. Nous présentons tout d'abord le principe de transmission en utilisant une seule porteuse. Ensuite, l'utilisation de multi-porteuses pour la transmission de données sera décrite ici dans ce chapitre. Toutefois, avant d'aborder cette technique, des notions fondamentales sur les liaisons hertziennes seront définies.

### **2. Transmission par faisceau hertzien :**

#### **2.1. liaison hertzienne :**

Une liaison hertzienne est un système de transmission des signaux, permet de relier deux sites distants, c'est une alternative à un réseau filaire.

Les faisceaux Hertiens sont des supports de transmission point à point ou point à multipoint. Les fréquences porteuses utilisent les ondes radio électriques de porteuses allant de 2 à 40GHz et nous utiliseront des hautes fréquences comme: 6, 8, 11, 15, 18, 23 et 38 GHz.

## Chapitre III : Description de la technique de transmission de données utilisée par Mobilis

### 2.2. Principe d'une liaison FH :

C'est un dispositif permettant de transformer (moduler) un signal électrique à transmettre en signal électromagnétique afin qu'il puisse se propager dans l'espace libre. [4]

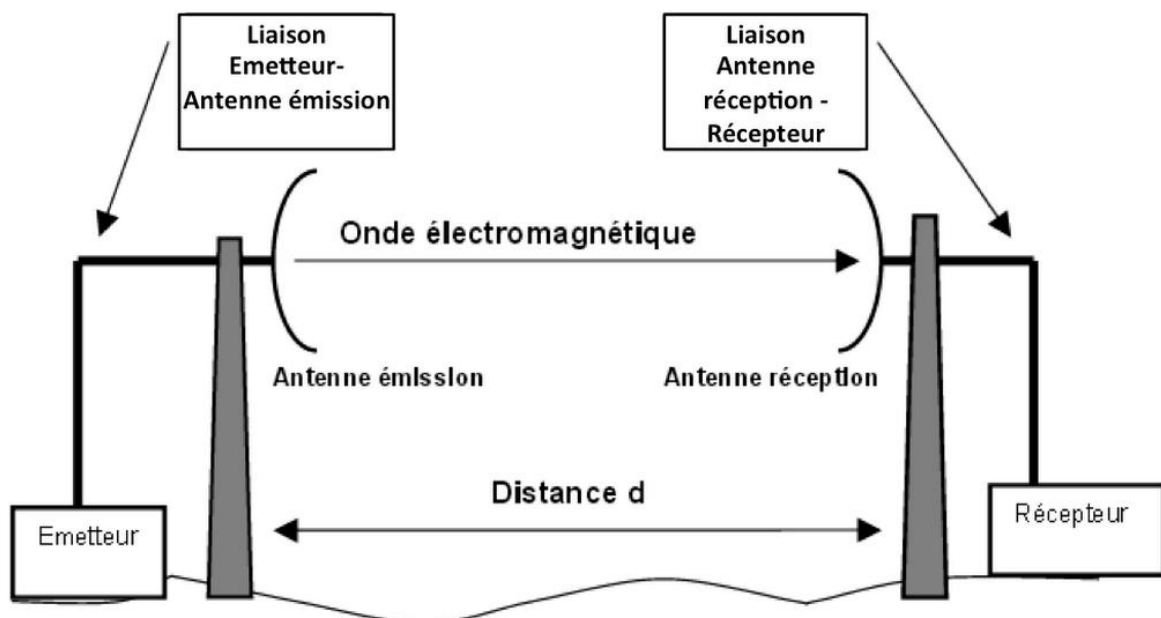
Les ondes radioélectriques qui se propagent entre les antennes, doivent être dégagées de tous obstacles, c'est une liaison à visibilité directe :

- les antennes sont installées sur des points hauts, tours ou pylônes.
- Les liaisons sont effectuées en un ou plusieurs bonds.

L'ensemble de l'énergie propagée étant contenu dans un faisceau très fin.

Selon les fréquences utilisées et la quantité d'information à transmettre, les distances pourront être plus ou moins grandes.

La figure ci-dessous montre le schéma principal d'une liaison hertzienne



**Fig.III.1.** Schéma d'une liaison hertzienne

## Chapitre III : Description de la technique de transmission de données utilisée par Mobilis

---

### **3. Porteuse d'un signal :**

#### **3.1. Définitions de la porteuse :**

C'est un signal sinusoïdal de haute fréquence et d'amplitude constante, elle est modulée par les signaux utiles (audio, vidéo, données) en vue, soit de sa diffusion au moyen d'un émetteur, soit de son intégration au sein d'autres signaux.

#### **3.2. Transmissions avec un signal multi porteuse :**

Les techniques qu'on appelle multi porteuses consistent à transmettre des données numériques en les modulant sur un grand nombre de porteuses en même temps. Ce sont des techniques de multiplexage en fréquence qui existent depuis longtemps. Le regain d'intérêt actuel réside dans l'amélioration apportée pour augmenter l'efficacité spectrale en orthogonalisant les porteuses.[1]

### **4. Techniques de transmissions :**

#### **4.1. Transmission avec une seule porteuse (1+0) :**

Cette technique permet la transmission entre deux points ou deux antennes en se servant d'un seul canal de transmission et une seule fréquence. Elle est généralement utilisée lors de la transmission des données à faible capacité.

#### **4.2. Transmission avec une seule porteuse protégée (1+1):**

Cette technique ressemble à la première en terme de capacité de données à transmettre sauf que un équipement de secours est rajouté afin d'éviter les coupures de transmission, dans le cas où un équipement est défaillant l'autre prend le relais.

## Chapitre III : Description de la technique de transmission de données utilisée par Mobilis

---

### **4.3. Transmission par multi-porteuse :**

#### **4.3.1. Deux porteuses (2+0) :**

Elle est une technique utilisée pour la transmission de données en utilisant deux porteuses et donc deux canaux de fréquences. Elle utilise une antenne à double polarisation ou deux antennes simple polarité qui est utilisée lors de la transmission des données de capacité moyenne.

#### **4.3.2. Quatre porteuses (4+0) :**

C'est une technique utilisée pour la transmission de données à l'aide de quatre porteuses et donc quatre canaux de fréquences. Elle utilise deux antennes à double polarisation (vertical/ horizontale). Elle est généralement utilisée lors de la transmission des données de grandes capacités et à haut débits.

### **4.4. Transmission avec XPIC :**

Cette technique est utilisée pour l'optimisation de fréquences dans la transmission multi-porteuses. Ces dernières peuvent être retransmises sur un même canal avec deux polarisations différentes.

A titre d'exemple, dans la transmission à quatre porteuses, seul deux canaux de fréquence sont utilisés ; c'est-à-dire chaque canal de fréquence se répète en deux polarisations différentes, ce qui nous permet un gain en fréquence plus important et leurs réutilisations.

### **4.5. Transmission par MIMO (multi input multi output) :**

La technique multi-émettrice et multi-réceptrice (MIMO) permet de récupérer un signal numérique émis par  $N_t$  antennes et reçu par  $N_r$  antennes. Cette technique permet de diminuer le taux d'erreurs et d'augmenter la capacité de données à transmettre.

## Chapitre III : Description de la technique de transmission de données utilisée par Mobilis

---

### 5. Différents paramètres de transmission :

#### 5.1. Fréquences adaptées aux techniques de transmission :

Le domaine des faisceaux hertziens autorise un débit de transmission de données pour des raisons de distance et de visibilité. Le trajet hertzien entre l'émetteur et le récepteur est découpé en plusieurs tronçons appelés bonds reliés par des stations relais qui reçoivent, amplifient et réémettent le signal modulé vers la station. Mais pour des courtes distances, la nécessité de mettre en place un relais ne se pose pas. En général, les hautes fréquences sont utilisées pour des liaisons courtes les basses fréquences sont utilisées pour des grandes distances. Pour l'opérateur de téléphonie mobile Mobilis, cinq (05) bandes de fréquences sont allouées à leurs faisceaux hertziens : 6, 8, 11, 15, 18, 23 et 38 GHz. Ces fréquences sont montrées dans le tableau 1 ainsi que les distances correspondantes

<b>Les fréquences</b>	<b>La distance</b>
<b>6, 8 GHz</b>	< 30 Km
<b>11, 15, 18 GHz</b>	15 Km à 30 Km
<b>23 GHz</b>	5 Km à 15 Km
<b>38 GHz</b>	< 5 Km

**Tableau.III.1.** Fréquences utilisées par l'opérateur Mobilis et les distances correspondantes

## Chapitre III : Description de la technique de transmission de données utilisée par Mobilis

---

### 5.1.1. Canaux de transmission :

Le canal de transmission radio mobile est un des moyens de communication les plus variables et les plus incontrôlables. En parcourant un trajet entre l'émetteur et le récepteur, les ondes radioélectriques sont sujettes à de nombreuses irrégularités.

La recommandation IUT décrit les dispositions des canaux radioélectriques pour les faisceaux hertziens fixes fonctionnant dans les bandes de fréquence

A titre d'exemple, la fréquence de 38GHz (37,0-39,5GHz). La partie principale de cette recommandation présente les dispositions avec des espacements de 3.5, 7, 14 et 28 MHz.

### 5.2. Modulation adaptée à la technique de transmission :

Le but d'une modulation est de transmettre des informations d'un émetteur à un récepteur, à travers un canal de transmission. Ce canal possède un certain nombre de caractéristiques et de contraintes qu'il faut prendre en compte. Le tableau 2 donne les fréquences et les modulations qui peuvent être choisies en fonction de la capacité de données à transmettre.

Capacity Mbps	Fréquences				
	7 MHz	14 MHz	28 MHz	40 MHz	56 MHz
<b>4 QAM</b>	10	22	46	66	94
<b>16 QAM</b>	21	42	93	133	189
<b>32 QAM</b>	26	55	115	167	237
<b>64 QAM</b>	32	66	138	197	285
<b>128 QAM</b>	37	77	160	229	326
<b>256 QAM</b>	42	87	183	259	370
<b>512 QAM</b>	46	97	204	290	413
<b>1024QAM</b>	-	107	225	317	456

**Tableau.III.2.** Fréquences et types de modulation en fonction de la capacité.

## Chapitre III : Description de la technique de transmission de données utilisée par Mobilis

---

### 5.3. Les antennes utilisées :

L'antenne est une construction mécanique qui permet de transformer le signal électrique en signal électromagnétique et inversement. Les antennes à montage direct sur une ODU (Out Door Unit) ou RFU (Radio Frequency Unit) Eclipse sont disponibles dans des diamètres de 0,3m à 2.4m, selon la bande de fréquence utilisée (voir le tableau 3). Ces antennes sont de haute performance, et on trouve deux types d'antennes: les antennes à simple polarisation et les antennes à double polarisation (verticale et horizontale).

<b>Bandes de fréquences</b>	<b>Diamètre d'antenne</b>	<b>Distance à parcourir</b>
<b>15 GHz</b>	De 0.3 à 2 .4	< 40 Km
<b>18 GHz</b>	De 0.3 à 2 .4	< 30 Km
<b>23GHz</b>	De 0.3 à 1 .2	< 15 Km
<b>38 GHz</b>	De 0.2 à 0 .6	< 10 Km

**Tableau.III.3.** Correspondances Bandes de fréquences, Diamètre d'antenne et Distance à parcourir

### 5.4. Fade margin :

C'est la différence entre la puissance du signal reçu à l'entrée du démodulateur et la puissance minimale que doit recevoir le récepteur pour assurer une démodulation correcte.

Cette différence entre le niveau nominal de réception et le seuil du récepteur est une marge de sécurité afin d'avoir une meilleure qualité de réception. Pour cette raison, une marge d'évanouissement est déterminée comme une valeur spécifique pour la dégradation du signal (en général inférieur à 30 dB). La marge à atteindre devrait faire correspondre à des objectifs de disponibilité ainsi que les performances fixées.

## Chapitre III : Description de la technique de transmission de données utilisée par Mobilis

---

### **6. Interférences :**

Dans le système de télécommunication, la diminution des performances est due aux différents types d'interférences. Ici, nous montrons quatre types d'interférences [1] :

#### **6.1. Interférences due à la sélectivité en fréquences :**

Elles se traduisent par la capacité de la fonction de transfert du canal à laisser passer certaines fréquences et à couper d'autres.

#### **6.2. Interférences sur le canal adjacent :**

L'interférence sur canal adjacent se produit de façon importante lorsque des canaux fréquentiels voisins dans le spectre des fréquences sont utilisés sur les mêmes sites ou sur des sites peu distants entre eux. Le signal émis sur un canal est toujours reçu avec une puissance non nulle par les récepteurs calés sur les canaux adjacent, ceci est inévitable compte tenu de la limitation des performances des équipements utilisés.

#### **6.3. Interférences intracellulaires :**

De par la structure cellulaire du réseau de communication et la multitude d'échanges simultanés de données possibles, des interférences peuvent être générées entre les signaux transmis, les perturbations appelées interférences intracellulaire sont produites entre deux signaux reçus ou transmis par une même station de base.

#### **6.4. Interférences intercellulaires :**

L'interférence intercellulaire représente les interférences dues aux signaux envoyés par le mobile des cellules voisines et qui viennent constituer du bruit supplémentaire au niveau de la réception à la station de base de la cellule. Dans le sens descendant, l'interférence intercellulaire représente les interférences dues aux signaux envoyés par les stations de base des cellules voisines.

## Chapitre III : Description de la technique de transmission de données utilisée par Mobilis

---

### **7. Rôle de la multi-porteuse :**

La Multi porteuse est une technique de transmission par plusieurs porteuses, chacune étant modulé et transmise sur un canal dédié. Afin de transmettre des débits (capacités) important entre deux points.

Afin de surmonter le problème « bande passante plus large », qui sont utilisées par plusieurs utilisateurs, on fait appel à cette technique, dans laquelle la transmission des données ainsi que le nombre utilisateur à faible débits de données peuvent être combinés ensemble sur un seul canal. Ce dernier a une largeur de bande suffisante de telle sorte que le spectre peut être utilisé d'une manière fiable. Vu la limite de nombre d'utilisateurs qui peuvent être transmis efficacement dans un seul canal, on utilise d'autres porteuses sur des canaux différents,

La technique consiste à diviser la bande passante en plusieurs canaux, on affecte une porteuse pour chaque canal ce qui nous permet de transmettre un ensemble de données à haut débits pour plusieurs utilisateurs.

### **8. Discussion :**

L'avantage de ce chapitre est d'avoir mis en évidence les techniques employées par l'opérateur Mobilis. Nous avons discuté toutes les possibilités de transmission en fonction de la quantité de données à transmettre. Nous avons donc présenté la transmission de données avec une ou plusieurs porteuses. En effet, une porteuse est utilisée se servant d'un seul canal de transmission et une seule fréquence. Tandis que multi-porteuses avec le XPIC est pour l'optimisation de fréquences. Le paramètre FADE MARGIN et les interférences sont décrits aussi dans ce chapitre.

## Chapitre III : Description de la technique de transmission de données utilisée par Mobilis

---

## **Chapitre IV**

# **Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses**

## **Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses**

### **1. Préambule :**

Le but de ce chapitre est de mettre en évidence l'intérêt d'augmenter le nombre de porteuses dans la transmission de données. En effet, une simulation de transmission à une seule porteuse et à multi--porteuse est réalisée. Cette simulation permet d'identifier les avantages et les inconvénients de l'utilisation d'une porteuse ou de multi-porteuse. Pour ce faire, nous avons scindé notre chapitre en deux parties ; la première partie concerne la simulation et la configuration de la transmission en utilisant une seule porteuse et la deuxième présente l'implémentation de multi-porteuse.

### **2. Configuration et simulation :**

Pour élaborer cette configuration, nous avons créé une nouvelle version dans un projet dans lequel de multiple configurations d'une seule porteuse et de multi-porteuse est intégrées.

La création de la version de projet a été réalisée en utilisant le logiciel Mentum Link Planner. Le logiciel Mentum Link Planner est un outil de planification des réseaux de micro-ondes, très fiable et il possède un ensemble de fonctionnalités complet. Il permet de réaliser une planification intégrée, d'optimiser et de gérer des liens de courtes et de longues distances. Il est appliqué aussi bien sur des réseaux point à point que sur les réseaux point à multipoint. Ce dernier permet donc de concevoir et

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

---

mettre en œuvre des réseaux avec une qualité et une disponibilité appréciable tout en contrôlant le coût de déploiement et d'assurer l'expansion des réseaux plus adaptés.


En gros, on donne une liste non exhaustive de points qui peuvent être réalisés par le logiciel Mentum Link Planner :

- Il planifie et gère d'une façon optimale le point-à-point et les réseaux point-à-multipoint dans la même session
- Il fournit un support multi-fournisseurs grâce à des fonctionnalités de planification polyvalent
- Il analyse les interférences entre le point-à-point et les réseaux point-à-multipoint
- Il optimise automatiquement les hauteurs d'antenne en fonction de critères de franchissement de trajets
- Il optimise la séparation des antennes sur la base de calculs
- Il assure la qualité de réseau et sa sécurisation et la disponibilité par le calcul de la chaîne de trajet
- Il garantit les dernières recommandations de l'UIT, y compris l'UIT-T G.827 et G.828
- Il détermine la disponibilité et l'indisponibilité par année ou par mois
- Il prévoit la couverture de la parcelle, les interférences, et la disponibilité pour les réseaux point-à-multipoint
- Il détermine des rapports de radio de qualité du terminal, y compris l'analyse d'interférence.

### **2.1. Simulation par une seule porteuse :**

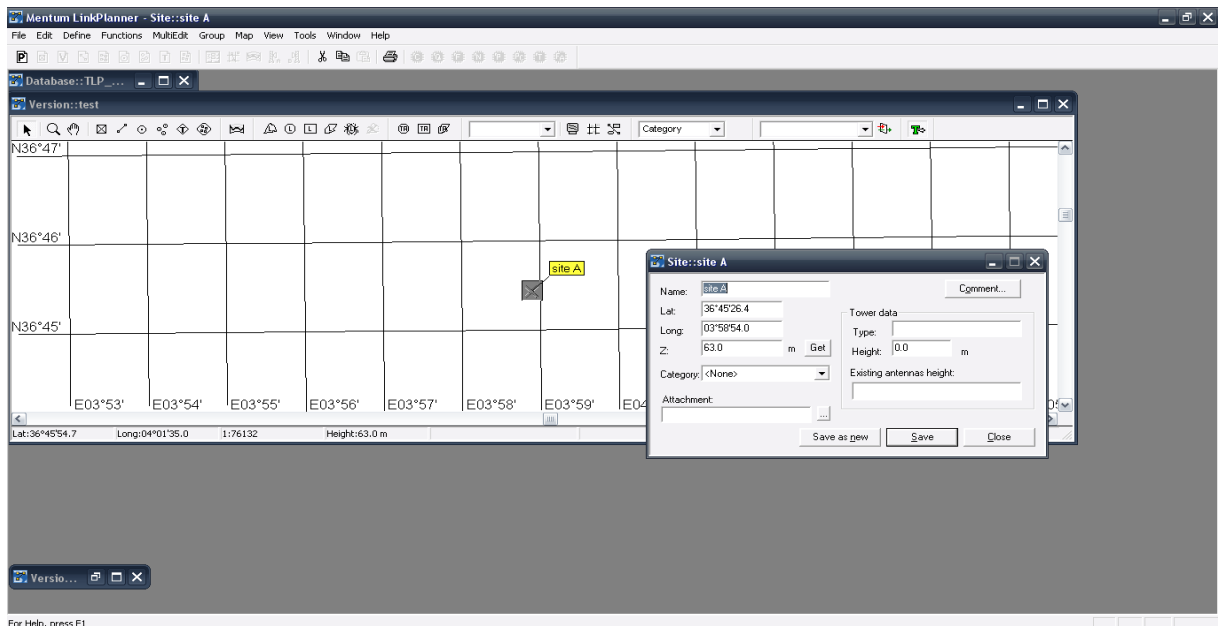
Dans cette partie, nous avons simulé une transmission de données en utilisant une seule porteuse. A l'aide de logiciel présenté précédemment, nous avons réalisé cette

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

simulation. Pour ce faire, il faut ouvrir le logiciel pour accéder à la page « carte topographique  » en opérant comme suit :

- Cliquer sur « file »
- Cliquer ensuite sur « new »

Pour la création de point représentant le site sur lequel on doit placer une antenne de réception et de transmission, on sélectionne le « créateur de site ». Le site choisi correspond à la région de Tizi Ouzou. Pour la configuration de ce dernier, en appuyant deux fois sur le point, une fenêtre apparaît sur laquelle il est possible d'introduire le nom du site et les coordonnées GPS à savoir ; la latitude et la longitude où devait être installée l'antenne (voir figure 1). Le choix des coordonnées dépend de la distribution des antennes. En effet, l'antenne doit être placée à l'endroit non couvert par les antennes limitrophes.



**Fig. IV. 1.** Interface de création de point A

Avant de mettre au point toutes les liaisons avec les autres antennes préalablement créées sur le site, on doit étudier la visibilité de l'antenne qu'on a créée afin de la

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

---


rapatrier vers le BSC/RNC, dans le cas où ce dernier n'est pas visible on utilise un relais suivant un chemin optimal pour réaliser cette connectivité. Pour ce faire, nous avons opéré de la façon suivante :

Calcul du LOS (line-of-sight)

-On calcule le diagramme LOS sur la carte en utilisant l'un des outils LOS symbolisés par les boutons suivants :

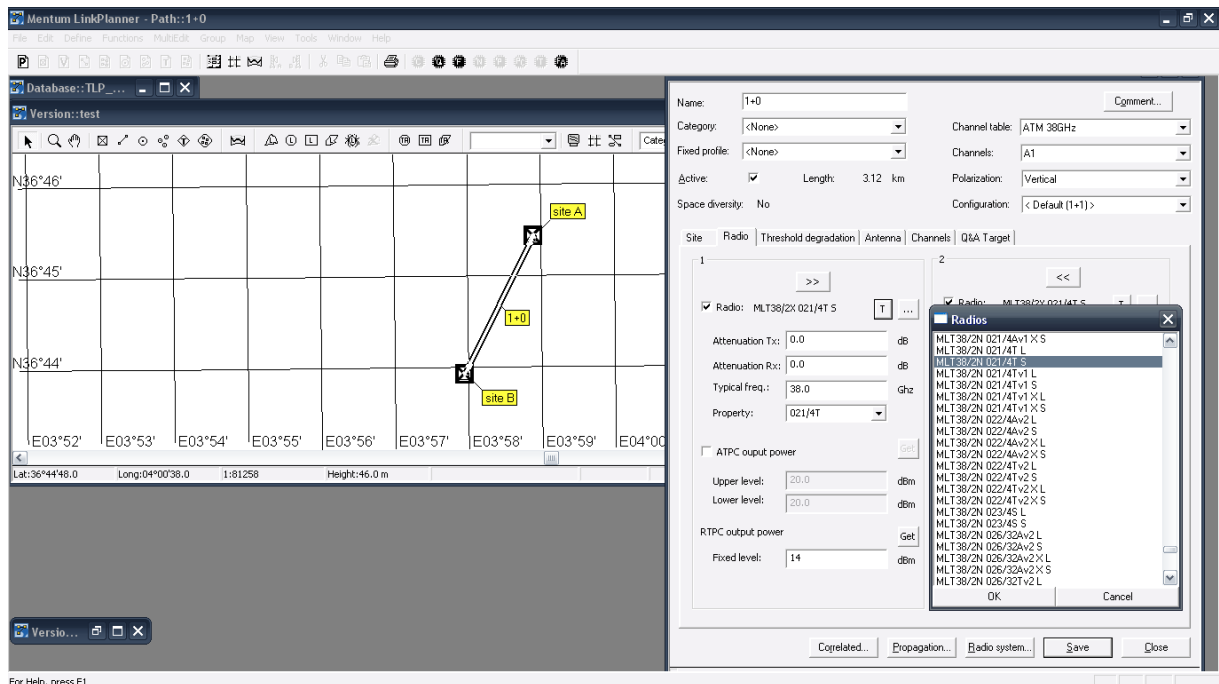


-On a choisi d'utiliser le diagramme LOS qui calcule le cercle de couverture du point A et de vérifier la visibilité à 40 km car c'est la limite des dispositifs utilisés.

-On clique sur le bouton **Cercle**  . On sélectionne le site A, on appuie d'une façon prolongée tout en déplaçant le bouton de la souris sur le côté pour définir le rayon du cercle. On relâche le bouton de la souris lorsque le cercle à la taille souhaitée (40 km). Une nouvelle fenêtre s'affiche (voir figure 2), où il est possible de choisir si les zones ombragées. Dans notre cas, comme le montre la figure 2, la région indiquée par la couleur bleue autour de l'antenne est totalement dégagée ce qui correspond à une très bonne visibilité. Par contre, la région indiquée par la couleur orange marque une mauvaise visibilité.



## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses



**Fig.IV.3.** Interface de liaison entre les deux points

Pour notre cas, la liaison choisie est une liaison RADIO. Il suffit de la sélectionner parmi une liste de liaisons comme le montre la figure.3. La références de cette liaison RADIO est MLT 38/2X21/4TS qui indique :

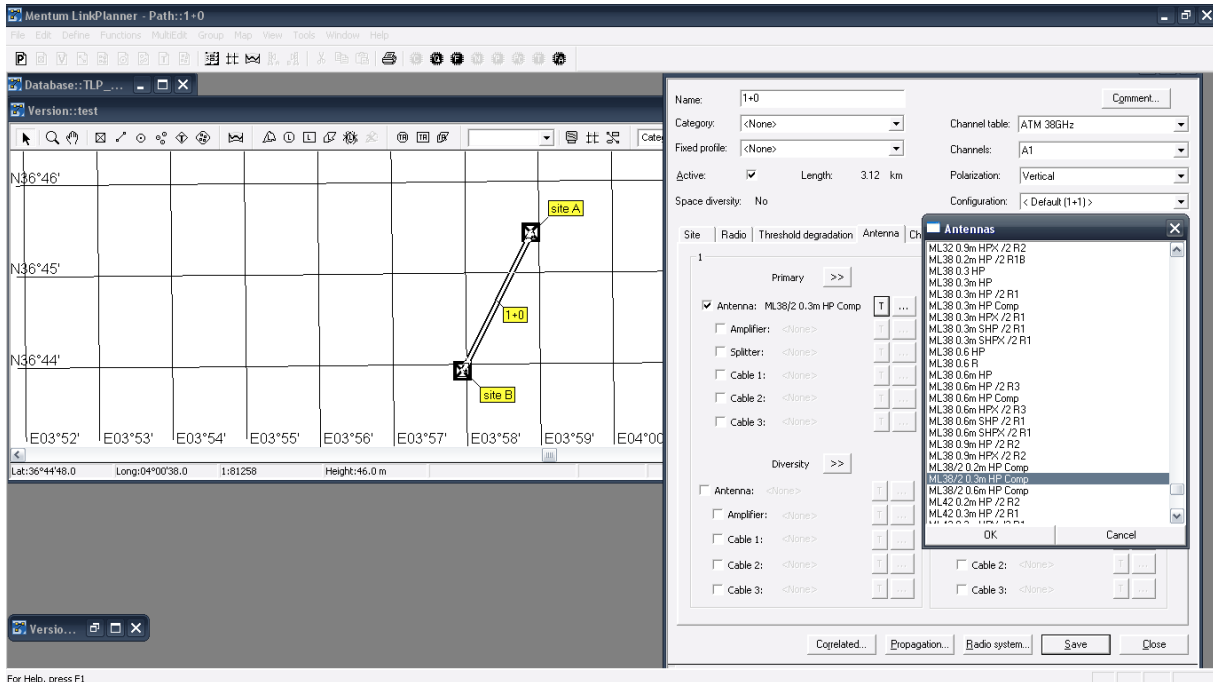
Fréquence : 38GHz due à la distance de 3km choisie

Capacité : 2x21 c'est la capacité de transmettre qui est à 42Mb/s.

Modulation : 4 c'est à dire QPSK

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

- L'antenne choisie c'est une antenne de type ML38/2 0.3 HP qui travaille à une fréquence de 38GHz et son diamètre de 0.3m (voir figure 4).



**Fig.IV.4.** Interface de choix de l'antenne

- Dans le cas d'une seule porteuse, le nombre de canaux qui doit être choisi est à un (un seul canal) (voir figure 5).

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

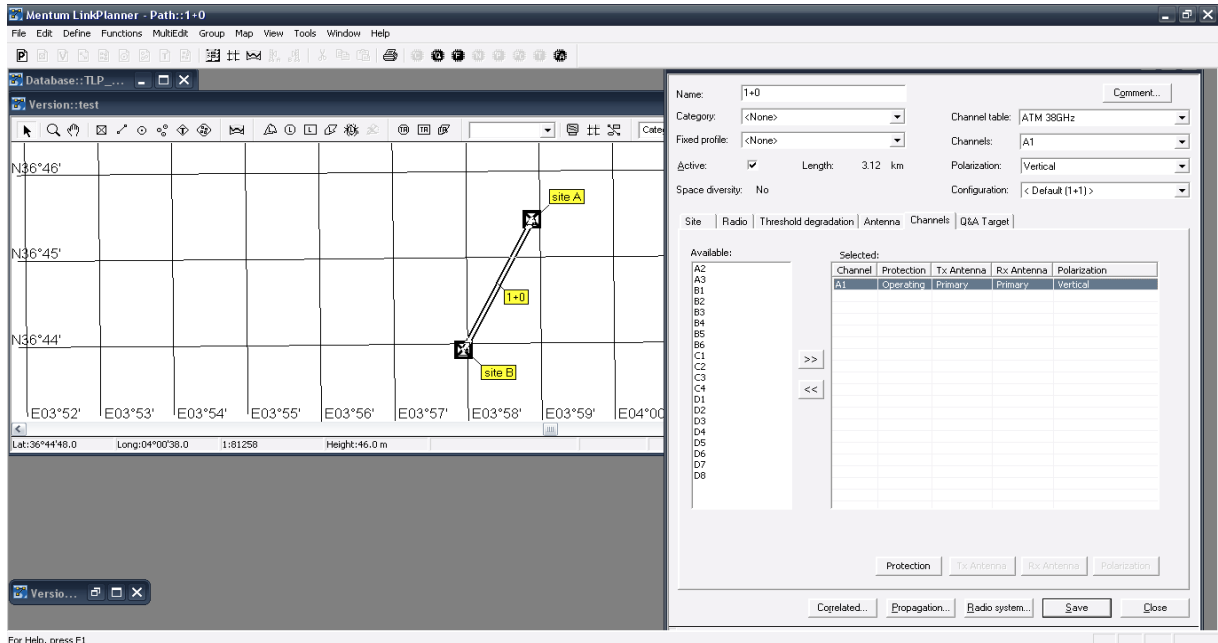


Fig.IV.5. Interface de nombre des canaux.

- La norme choisie est UIT –TREC G.826 G.828 reconnue mondialement pour la transmission de données (voir figure 6).

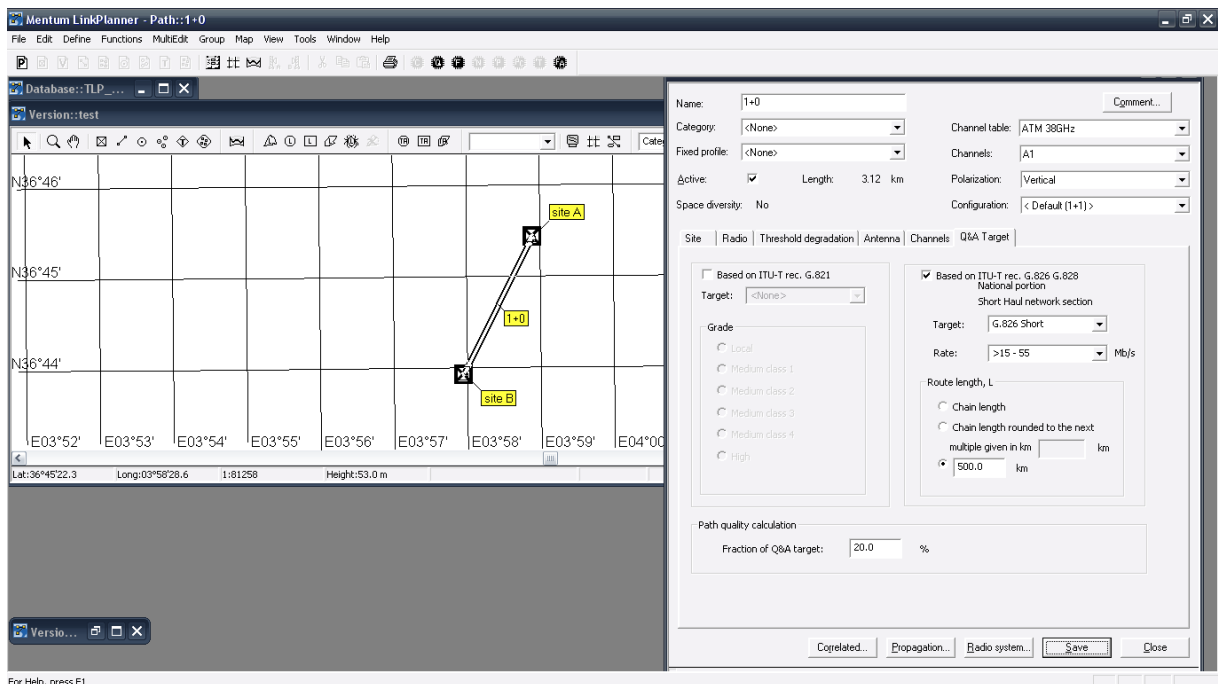
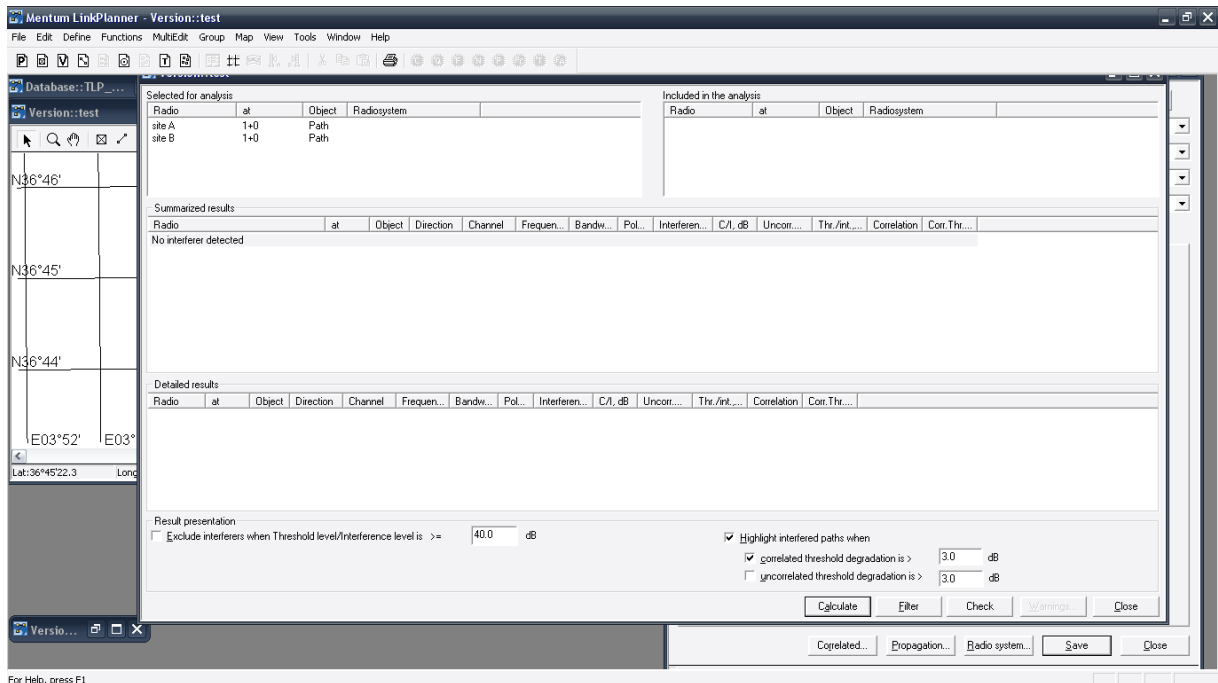


Fig.IV.6. Interface de Configuration de la norme UIT

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

### 2.1.1. Bilan de liaison :

Après cette configuration, on établira un bilan de la liaison qui nous permet de vérifier la qualité de la liaison. Toutefois, un test sur la présence des interférences susceptible d'entraver la qualité de transmission de données doit être effectué avant l'établissement de ce bilan. Ce test est indiqué par la figure



**Fig.IV.7.** Interface de calcul des interférences.

Comme le montre les résultats de test d'interférences, aucune présence n'a été rapportée. Après cette vérification qui a montré la bonne connectivité, nous affichons le bilan en cliquant sur le bouton « bilan ». Les résultats sont donnés par les deux tableaux 1 et 2.

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

La qualité de signal	valeur
Puissance de réception	-36.2db
Fade margin	38.8 dB

**Table.IV.1.** Qualité de signal

	En %	En minute
<b>Disponibilité par mois</b>	99.99271205 %	43796.80788 min
<b>Indisponibilité par mois</b>	0.00728795 %	3.19212 min
<b>Disponibilité par année</b>	99.99895349 %	525594.49954 min
<b>Indisponibilité par année</b>	0.00104651 %	5.50046 min

**Table.IV.2.** Disponibilité et Indisponibilité par mois et par année

Pour vérifier la qualité de la liaison, principalement deux paramètres doivent être contrôlés. Il s'agit de FADE MARGIN (qualité de signal) qui doit être supérieur à 30dB (pour cette simulation, il est à 38.8dB). Aussi, l'indisponibilité 'Worst month unavailability' doit être très faible. Dans le cas d'une liaison à faisceau hertzien d'une seule porteuse la valeur obtenue est de (0.00728795%) qui correspond à 3

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

minutes en termes de temps. A travers ces valeurs, la qualité semble être bonne pour une seule porteuse.

### 3. Simulation multi-porteuses

#### 3.1. Cas de deux porteuses :

Dans ce cas, le nombre de canaux doit être changé et mis donc à deux. L'antenne simulée doit travailler en double polarisation 'horizontal et vertical' ou bien il faut utiliser deux antennes de simple polarisation.

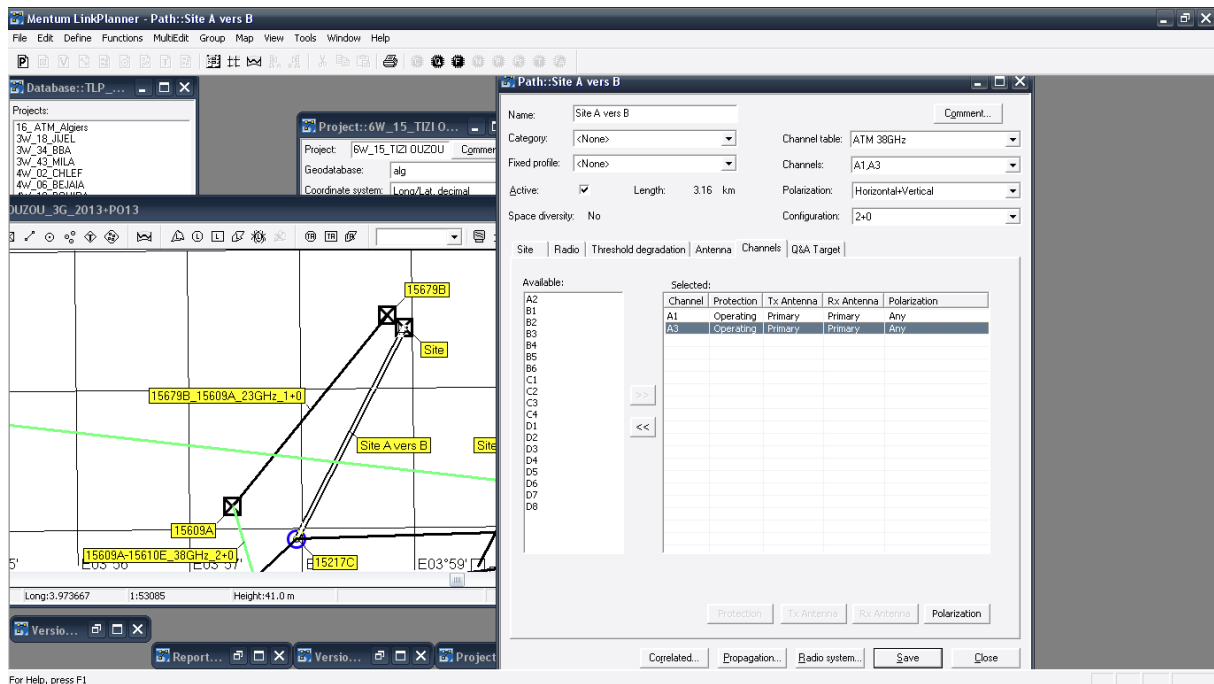


Fig.IV.8. Interface de choix de nombre des canaux.

Comme nous avons utilisé le même équipement que celui d'une seule porteuse, le test d'interférences n'est pas nécessaire. Il est important de rappeler qu'aucune présence de ces interférences n'a été signalée.

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

---

Par ailleurs, les résultats de bilan sont donnés ci-dessous :

<b>La qualité de signal</b>	<b>Valeur</b>
Puissance de réception	-49.2 dB
Fade margin	25.8 dB

**Table.IV.3.** Qualité de signal

	<b>En %</b>	<b>En minute</b>
<b>Disponibilité par mois</b>	99.96365680 %	43784.08168 min
<b>Indisponibilité par mois</b>	0.03634320 %	15.91832 min
<b>Disponibilité par année</b>	99.99358328 %	525566.27372 min
<b>Indisponibilité par année</b>	0.00641672 %	33.72628 min

**Table.IV.4.** Disponibilité et Indisponibilité par mois et par année

En analysant les résultats, nous constatons que la qualité de la liaison a relativement diminué. En effet, le FADE MARGIN passe de 38.8 dB pour une seule porteuse à

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

25.8dB pour deux porteuses. Le paramètre de performance ou l'indisponibilité « Worst month unavailability » passe de 0.00728795 % à 0.03634320% qui correspond à 15 minutes en termes de temps.

Par conséquent, il n'est pas possible de transmettre une grande capacité avec cet équipement parce que la puissance d'émission est limitée et faible. Pour y remédier, il faut changer l'équipement par des équipements de plus grande puissance d'émission.

### 3.2. Cas de quatre porteuses :

Au niveau de la configuration, le nombre de canaux est ramené à quatre. Dans ce cas, deux antennes doivent être utilisées et chacune fonctionnera en horizontal et en vertical. Nous avons gardé les mêmes sites et le même équipement, donc les interférences sont considérées absentes.

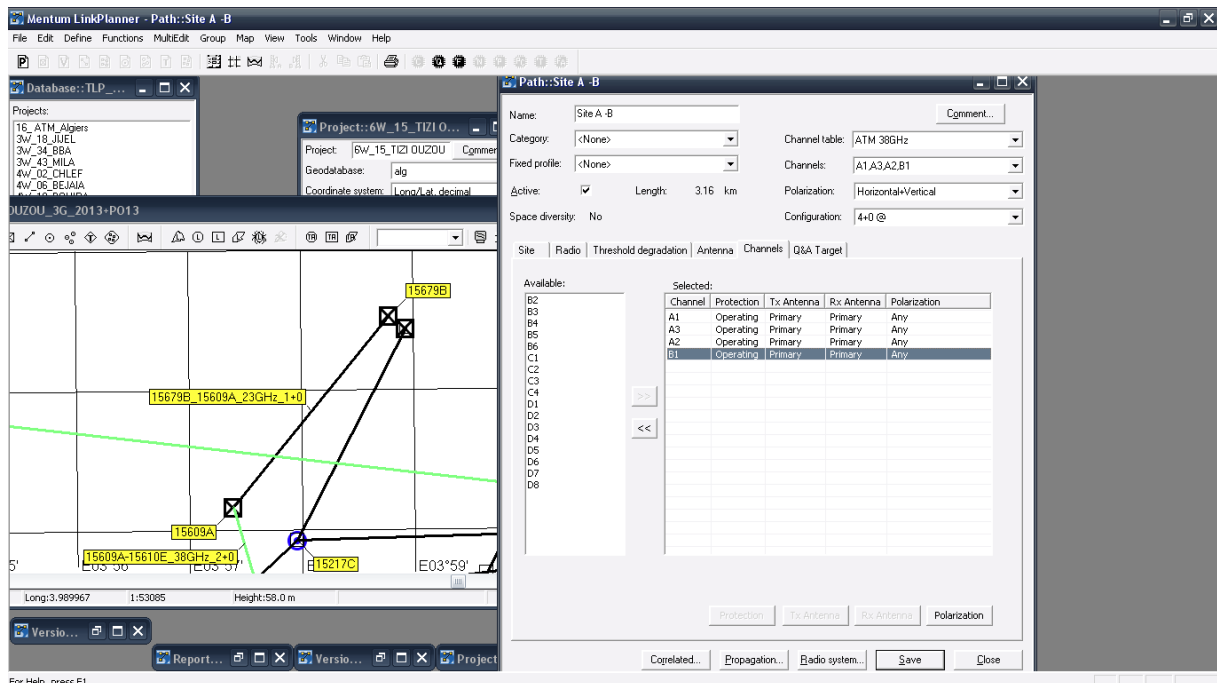


Fig.IV.9. Interface de choix de nombre de canaux.

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

---

Le bilan affiché est présenté ci-dessous :

<b>La qualité de signal</b>	<b>Valeur</b>
Puissance de réception	-62.2 dB
Fade margin	12.8 dB

**Table.IV.5.** Qualité de signal

	<b>En %</b>	<b>En minute</b>
<b>Disponibilité par mois</b>	99.82666188 %	43724.07790 min
<b>Indisponibilité par mois</b>	0.17333812 %	75.92210 min
<b>Disponibilité par année</b>	99.96131875 %	525396.69136 min
<b>Indisponibilité par année</b>	0.03868125 %	203.30864 min

**Table.IV.6.** Disponibilité et Indisponibilité par mois et par année

Les résultats montrent une mauvaise qualité indiquée par le FADE MARGIN qui est à 12.8 dB dont le seuil est de 30 dB et par le Worst month unavailability qui atteint 0.17333812% correspondant à 75 minutes.

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

---

Comme pour les deux porteuses, la capacité à transmettre reste très faible en raison de la puissance limitée en utilisant le même équipement. Il est aussi nécessaire afin de transmettre une plus grande capacité d'utiliser une puissance assez grande.

### **4. Interprétation des résultats :**

A travers cette simulation, il est important de noter que le recours à l'utilisation de transmission de données par multi-porteuse est indispensable lorsqu'on dispose de paquets de données importants. Toutefois, comme on vient de voir sur les résultats (bilans affichés) les performances sont inversement proportionnelles au nombre de porteuse (canaux). En effet, plus le nombre de canaux est élevé, moins la qualité est bonne. Un compromis entre la quantité de données à transmettre et la qualité de cette transmission est donc mis en évidence dans cette simulation.

La solution qui peut être envisagée dans cette simulation est de changer les équipements (antennes) qui peuvent supporter une plus grande puissance d'émission. En effet, l'avantage d'utiliser un nombre élevé de porteuses est de pouvoir transmettre une grande capacité de données, mais on doit s'équiper d'antennes de grande puissance. Cette dernière représente l'inconvénient majeur pour la transmission de données.

### **5. Simulation avec antennes puissantes :**

Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons reconfiguré notre simulation. En effet, nous avons changé l'équipement utilisé précédemment en remplaçant les antennes par d'autres antennes plus puissantes. Ceci est appliqué uniquement pour le cas de multi-porteuses ; c'est-à-dire pour deux porteuses et pour quatre porteuses. Les résultats obtenus par cette simulation sont donnés ci-dessous

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

### 5.1. Cas de deux porteuses :

Les antennes utilisées dans ce cas sont ML 38 0.6m HP La table 6 et 7 contient les résultats obtenus pour les deux porteuses :

<b>La qualité de signal</b>	<b>Valeur</b>
Puissance de réception	-37.4 dB
Fade margin	37.6dB

**Table.IV.6.** Qualité de signal

	<b>En %</b>	<b>En minute</b>
<b>Disponibilité par mois</b>	99.98707842 %	43794.34035 min
<b>Indisponibilité par mois</b>	0.01292158 %	5.65965 min
<b>Disponibilité par année</b>	99.99799480 %	525589.46066 min
<b>Indisponibilité par année</b>	0.00200520 %	10.53934 min

**Table.IV.7.** Disponibilité et Indisponibilité par mois et par année

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

---

Avec ce nouvel équipement, nous constatons que la qualité du signal est nettement améliorée. Ceci est dû à l'augmentation de la puissance d'émission introduite par l'équipement.

### 5.2. Cas de quatre porteuses :

Les antennes utilisées dans ce cas sont ML23 0.6m HPX La table 8 et 9 contient les résultats obtenus pour les quatre porteuses :

<b>La qualité de signal</b>	<b>Valeur</b>
<b>Puissance de réception</b>	-41.1 dB
<b>Fade margin</b>	39.9 dB

**Table.IV.8.** Qualité de signal

	<b>En %</b>	<b>En minute</b>
<b>Disponibilité par mois</b>	99.99962479 %	43799.83566 min
<b>Indisponibilité par mois</b>	0.00037521 %	0.16434 min
<b>Disponibilité par année</b>	99.99996546 %	525599.81848 min
<b>Indisponibilité par année</b>	0.00003454 %	0.18152 min

**Table.IV.9.** Disponibilité et Indisponibilité par mois et par année

## Chapitre IV : Simulation de transmission de données en utilisant une porteuse et multi-porteuses

---

Aussi, la qualité du signal est nettement améliorée pour les quatre porteuses.

### **6. Discussion :**

Dans cette simulation, nous avons mis en évidence le compromis entre la qualité de transmission et la quantité de données à transmettre. Avec une seule porteuse, nous avons constaté une meilleure qualité de transmission. Toutefois, la quantité à transmettre est relativement faible. Afin d'augmenter la quantité de données, nous avons ajouté des porteuses. Selon les résultats de simulation, la qualité de ces données transmises est dégradée. Pour y remédier, nous avons augmenté la puissance d'émission. Ceci est réalisé en remplaçant les antennes par d'autres plus puissantes. Enfin, il est nécessaire de rappeler que pour transmettre une grande capacité avec une meilleure qualité, il faut augmenter le nombre de porteuses et utiliser des antennes de grande puissance et de gain important.

### Conclusion

L'objectif de ce travail a été de mettre en évidence l'importance de l'augmentation de nombre de canaux durant la transmission de données. Pour bien situer cette thématique, nous avons tout au long de ce mémoire présenté les éléments fondamentaux de transmission de données en utilisant les liaisons radio. En effet, nous avons consacré une partie sur les généralités des réseaux téléphoniques et l'évolution de la téléphonie qui a été marquée par plusieurs générations et les différentes techniques de transmission. Ensuite, nous avons parlé sur la technique de transmission adoptée par l'opérateur Mobilis. Aussi, nous avons fait une simulation sur l'effet d'augmenter le nombre de porteuses dans la transmission de données.

A travers ce travail, nous avons abouti à des résultats très concluants. En effet, selon la simulation réalisée, nous avons noté qu'une seule porteuse est utilisée dans le cas où la quantité d'information à transmettre est faible. La qualité pour ce mode de transmission est appréciable. Il est donc nécessaire d'employer une seule porteuse pour transmettre l'information. Dans la transmission radio, la tendance est de privilégier un seul canal et ceci aussi dépend de la quantité d'information à transmettre.

Toutefois, comme nous avons pu le montrer durant la simulation, l'utilisation d'une seule porteuse est insuffisante pour transmettre une quantité d'informations considérable. A cet effet, nous avons augmenté le nombre de porteuses pour tenter de transmettre toute l'information. L'antenne que nous avons utilisée est de même caractéristique que celle utilisée précédemment. Il a été constaté que la qualité est totalement dégradée indiquée par les paramètres d'évaluation à savoir FADE MARGIN et Worst month unavailability .

Pour y remédier, nous avons changé l'antenne en la remplaçant par une autre antenne de puissance supérieure. Les résultats montrent que la transmission de données est réalisée avec succès.

Par ailleurs, l'augmentation de nombre de porteuses ne peut pas être toujours évidente, car il faut maintenir la puissance et le gain de l'antenne important. Ceci signifie que le nombre de porteuses à ajouter dépend de la capacité de l'antenne. En termes de consommation, la source de l'énergie pour l'antenne devient trop élevée.

## Conclusion

---

Il est recommandé donc d'utiliser le mode multi-porteuses uniquement dans la nécessité. En effet, lorsque les informations de grandes quantités doivent être transmises simultanément.

En perspective, il serait intéressant de mettre en pratique cette simulation afin d'identifier d'une façon plus fiable les avantages et les inconvénients de transmission multi-porteuses. Aussi, l'application de cette simulation sur plusieurs liaisons serait d'apport digne d'intérêts.

## Bibliographie

---

- [1] Qi Zhang, Jainjun Yu, Xinying Li, Ming Zhu, Xiangjun Xin, Gee-Kung Chang. Photonic-aided pre-coding QAM signal transmission in multi-antenna radio over fiber system. *Optics Communications*, volume 354, 1 November 2015, Pages 236-239.
- [2] Min Lv, Aiyang Yang, Yong Hua, Shikui Shen, Jianmin Cui, Yu-nan Sun. Simultaneous modulation and transmission of 10 Gb/s baseband and 60 GHz microwave signals in a radio-over-fiber system. *Optics Communications*, volume 283, November 2010, Pages 203-209.
- [3] Maryam Niknamfar, Mehdi Shadaram. Optimization of optical single sideband configurations for radio over fiber transmission and multi-type data communication over a DWDM. *Computers & Electrical Engineering*, volume 40, January 2014, Pages 83-91.
- [4] M. Baskaran, M. Ganesh Madhan. A novel approach for simultaneous millimeter wave generation and high bit rate data transmission for radio over fiber (ROF) systems. *Optics – International Journal for Light and Electron Optics*, volume 125, November 2014, Pages 6347-6351.
- [5] Scott A. Wright, Thomas D. Mock. Radio Broadcast Data System. *National Association of Broadcasters Engineering Handbook*, 2007, Pages 969-981.
- [6] Huang-yu LI, Xiao-dong XU, Bao-xue WU. Optimal energy efficiency capacity under joint design of sensing and transmission duration for cognitive radio system. *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, Volume 20, December 2013, Pages 1-8, 41.
- [7] Krzysztof Stebel, Dariusz Choinski. Self-stabilizing Communication Channel Based on Context Information. *IFAC Proceedings Volumes*, Volume 42, 2009, Pages 671-676.

## Bibliographie

---

[8] Sassan Ahmadi. Radio Link Control Functions. LTE-Advanced, 2014, pages 311-341.

[9] Kacimi Tassadite et Reggaz Dehbia. 2007/2008. « Simulation et étude de l'effet de l'ajout de nouvelles porteuses sur la capacité de réseau UMTS ».

[10] Arib Meriem et Boualem Kamelia. 2013/2014. « Etude et mise en service d'une nouvelle station UMTS (nodeB) à Tizi-Ouzou.

[11] Dekkiche Nassima. 2008/2009. « Processus de planification du réseau GSM de Mobilis.