

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة
Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الإلكترونيك
Département d'Électronique



Mémoire de Projet de Fin d'Études

présenté par

BOUCETTA Mohamed Imad Eddine

&

HADDAD Malik

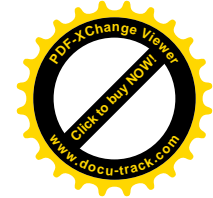
Pour l'obtention du diplôme de Master en Électronique spécialité Réseaux et
Télécommunication

Thème

Planification et Ingénierie Des Réseaux 2G et 3G

Proposé par : M.DJEBARI & ZAHRAOUI Samir

Année Universitaire 2012-2013



Remerciements

A qui je dois ce que je suis, à qui je dois le meilleur de moi-même en témoignage de ma reconnaissance infinie, pour leur guide dans mes études, leur amour dont ils m'ont entouré pour leur patience et les nombreux sacrifices qu'ils n'ont cessé de consentir qu'ils veuillent trouver dans ce travail l'expression de mon profond attachement !

A ma chère maman et à toute ma famille

A ceux qui me sont chers et proches

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment

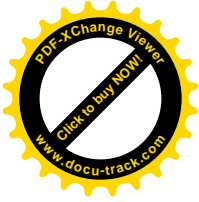
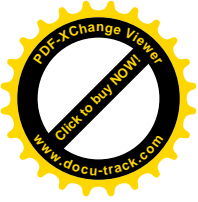
A tous mes amis

Ce mémoire leur est dédié.

Ce travail a été effectué au sein de la direction générale MOBILIS unité de transmission à BAB EZZOUAR ALGER sous la direction de Monsieur ZAHRAOUI Samir chef responsable de l'unité de transmission, au terme de ce modeste travail, j'ai le grand plaisir de remercier tous ceux qui m'ont engagé ou aidé de façons diverses en particulier NASRI Redouane à préparer cette thèse dans les meilleures conditions qu'ils trouvent ici l'expression sincère de ma profonde gratitude !

Imad & Malik





ملخص:

في إطار مشروع التخرج ماستر "الهندسة و التخطيط لشبكة الجيل الثاني و الثالث", لقد بدأنا هذا البحث بوصف للعوامل المختلفة التي تعمل في البث الرقمي، ثم تطرقنا إلى تشغيل الميكروويف والتسلسلات الهرمية الرقمية. في المرحلتين الأخيرتين، أعطينا لمحة عامة من المعلومات عن الهوائيات التي تلعب دورا كبيرا في التخطيط والتي شرحنا الخطوات الأساسية لتصميم كل من شبكات الجيل الثاني و الثالث ثم قدمنا النتائج التي تم الحصول عليها.

كلمات المفاتيح: التخطيط, شبكات الجيل الثاني, شبكات الجيل الثالث, التسلسلات الهرمية الرقمية

Résumé :

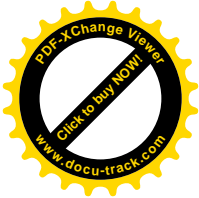
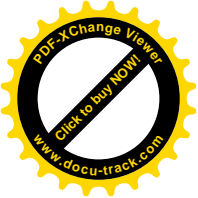
Dans le cadre de notre projet de fin d'études MASTER intitulé « Planification et ingénierie réseaux 2G et 3G », nous avons débuté ce mémoire par une description des différents facteurs qui agissent dans une transmissions numérique, ensuite, on s'est étalé sur le fonctionnement des faisceaux hertziens ainsi que les hiérarchies numériques de multiplexages. Dans les deux dernières parties, on a donné un aperçu sur les paramètres des antennes qui jouent un rôle conséquent dans la planification, dont on a expliqué les étapes fondamentales pour la conception des deux réseaux 2G et 3G et les résultats obtenus.

Mots clés : Planification, SDH, PDH, Réseau 2G, Réseau 3G, Faisceaux Hertziens.

Abstract:

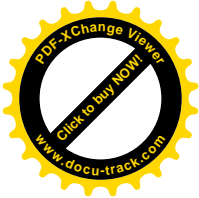
As part of our project graduation MASTER "Planning and Engineering 2G and 3G networks," we began this paper with a description of various factors that act in a digital transmission, then it was spread on the operation of radio and digital multiplexing hierarchies beams. In the last two parts, we gave an overview of the parameters of antennas that play a substantial role in the planning, which we explained the basic steps for the design of both 2G and 3G networks and the results obtained

Keyword: planning, SDH, PDH, network 2G, network 3G, beams Hertzian.



Listes des acronymes et abréviations

- 1- SNR : signal noise ratio
- 2- TEB : taux d'erreur binaire
- 3- PEB : Probabilité d'Erreur Binaire
- 4- QAM: quadrature amplitude modulation
- 5- ASK: amplitude shift keying
- 6- QPSK: quadrature phase shift keying
- 7- FSK: frequency shift keying
- 8- CBS: canal binaire symétrique
- 9- WAGN: Additive White Gaussian Noise
- 10- MIMO: Multi-Input Multi-Output
- 11- PDH : plesiochronous digital hierarchy
- 12- SDH: synchronous digital hierarchy
- 13- MIC: modulation à impulsion codées
- 14- SONET : modulation à impulsion codées
- 15- STM : Synchronous Transport Module
- 16- C : conteneur
- 17- VC : conteneur virtuel
- 18- TU : Tributary Unit
- 19- TUG : Tributary Unit Group TUG
- 20- AU: Administrative Unit
- 21- AUG: Administrative Unit Group
- 22- POH: Path Overhead
- 23- HO: High Order
- 24- QOS: qualité de service
- 25- BTS: base transceiver station
- 26- BSC: base station controller
- 27- GSM: Global System for Mobile
- 28- LOS: Line of Sight
- 29- AMPS: advanced mobile phone service
- 30- GPRS: general packet radio service



- 31- EDGE: enhanced data rates for GSM evolution
- 32- 3G: 3eme generation
- 33- 2G: 2eme generation
- 34- universal mobile telecommunication system
- 35- RNC: radio network controller
- 36- LAN: local area network
- 37- WAN: wide area network
- 38- ATM: asynchronous transfer mode
- 39- HLR: home location register
- 40- MSC: mobile switching center
- 41- IP: Internet Protocol
- 42- UIT: Union international des telecommunications
- 43- UE: User Equipement
- 44- PDN: Packet Data Network
- 45- RTCP: Réseau Téléphonique Public Commuté
- 46- PS-CN : Packet Switch-Core Network
- 47- SGSN: Serving GPRS Support Node
- 48- GGSN: Gateway GPRS Support Node
- 49- CS-CN : Circuit Switch-Core Network
- 50- VLR: Visitor Location Register
- 51- GMSC: Gateway Mobile Switching Center
- 52- CAPEX: Capital Expenditure

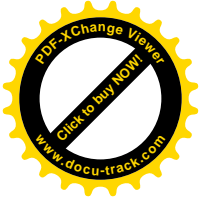
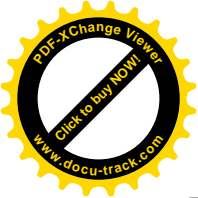
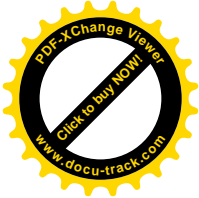
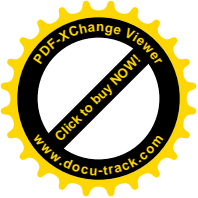


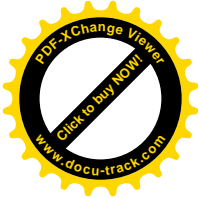
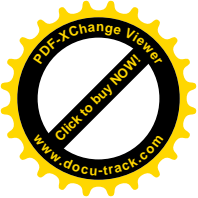
Table des matières

- 1.1 Introduction2
- 1.2 Chaîne de transmission numérique classique2
- 1.3 Modulations numériques5
 - 1.3.1 Modulations numériques classiques5
 - 1.3.2 Modulation d’amplitude en quadrature (QAM)6
- 1.4 Canaux de transmission.....7
 - 1.4.1 Canal binaire symétrique7
 - 1.4.2 Canal à bruit additif blanc gaussien.....8
 - 1.4.3 Canal à évanouissements9
- 1.5 Définition de l’étalement temporel9
- 1.6 Effet Doppler.....9
- 1.7 Notion de diversité 10
 - 1.7.1 Diversité temporelle 11
 - 1.7.2 Diversité fréquentielle 11
 - 1.7.3 Diversité de polarisation 12
 - 1.7.4 Diversité spatiale 12
- 1.8 Conclusions 13

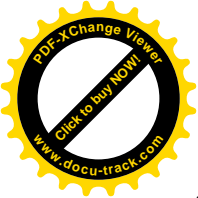
- 2.1 Introduction 14
- 2.2 Les Faisceaux Hertiens 14
 - 2.2.1 Structure générale d’une liaison hertzienne 15
 - 2.2.2 Type des Stations relais 16
 - 2.2.3 Paraboles réflecteurs 17
 - 2.2.4 Plan réflecteur 18
 - 2.2.5 La modulation 18
- 2.3 Généralités sur les Hiérarchies synchrones 19



| | |
|---|----|
| 2.3.1 Rappel sur la numérisation du réseau téléphonique | 19 |
| 2.3.2 Organisation de la trame MIC primaire E1 | 19 |
| 2.4 La hiérarchie plésiochrone PDH | 19 |
| 2.4.1 Synchronisation des réseaux | 19 |
| 2.4.2 Multiplexage MIC- E1 à 2 Mbit/s..... | 19 |
| 2.4.3 Multiplexage MIC-E2 à 8 Mbit/s [rec G744] | 20 |
| 2.4.4 Multiplexage MIC-E3 à 34 Mbit/s [rec G751] | 20 |
| 2.4.5 Multiplexage MIC-E4 à 139.264 Mbit/s [rec G751] | 21 |
| 2.5 La hiérarchie SDH /SONET [14] | 21 |
| 2.5.1 Les aspects de la SDH | 21 |
| 2.5.2 Le multiplexage SDH | 21 |
| 2.5.3 Constitution d'une trame SDH | 25 |
| 2.6 Conclusion : | 28 |
| 3.1 INTRODUCTION | 29 |
| 3.2 Eléments de la problématique | 29 |
| 3.3 Processus de planification | 30 |
| 3.3.1 La phase de négociation | 30 |
| 3.3.2 La phase d'initialisation (dimensionnement) | 30 |
| 3.3.3 La phase du plan nominal des cellules | 31 |
| 3.3.4 La phase d'enquêtes et mesure par radio | 31 |
| 3.3.5 Implémentation | 31 |
| 3.3.6 Système TUNING | 31 |
| 3.4 Outil de planification TEMS LINKPLANNER | 32 |
| 3.5 Description de la zone géographique..... | 33 |
| 3.6 Composition d'un site | 35 |
| 3.6.1 Antennes | 35 |



| | | |
|-------|--|----|
| 3.6.2 | Fréquences d'utilisation | 35 |
| 3.6.3 | Directivité..... | 35 |
| 3.6.4 | Azimut | 37 |
| 3.6.5 | Tilt | 38 |
| 3.6.7 | Base Transceiver Station | 40 |
| 3.7 | LANCEMENT DU SIMULATEUR TEMS LINKPLANNER | 41 |
| 3.7.1 | PARAMÈTRES PAR DÉFAUT | 41 |
| 3.7.2 | GEO DATABASE | 41 |
| 3.7.3 | Création d'un nouveau projet | 42 |
| 3.7.4 | Version | 43 |
| 3.7.5 | Création d'une nouvelle version | 43 |
| 3.7.6 | Ouverture de la carte de planification | 44 |
| 3.7.7 | Barre D'outils de la planification | 45 |
| 3.7.8 | Création d'un site | 45 |
| 3.7.9 | Configuration Du PATH entre les deux sites | 46 |
| 3.8 | PATH PROFILE | 48 |
| 3.8.1 | Facteur K | 48 |
| 3.8.2 | PATH CALCULATION | 50 |
| 3.8.3 | Résultat de la planification | 54 |
| 3.9 | Conclusion | 56 |
| 4.1 | Introduction | 57 |
| 4.2 | Caractéristiques des réseaux UMTS | 57 |
| 4.2.1 | Le réseau d'accès UTRAN | 58 |
| 4.2.2 | Le réseau coeur CN | 58 |
| 4.3 | Les services IP | 60 |
| 4.4 | La modulation adaptative AM | 60 |



| | |
|---|----|
| 4.5 Micro-ondes hybride pour 2G/3G | 61 |
| 4.6 Analyse de la planification du réseau d'accès 3G | 62 |
| 4.6.1 Le dimensionnement radio | 63 |
| 4.6.2 Dimensionnement du RNC | 63 |
| 4.7 Application sur un cas réel | 63 |
| 4.7.1 Définition de la zone de service (service area) | 63 |
| 4.7.2 Gestion et sélection de sites GSM existants | 65 |
| 4.7.3 Logiciel de planification | 65 |
| 4.7.4 Détermination des HUB potentiels | 65 |
| 4.7.5 Protection entre les HUB potentiels..... | 67 |
| 4.7.6 La visibilité entre les HUB et avec les Nodes B | 67 |
| 4.7.7 Vérification des LOS sur terrain | 68 |
| 4.7.8 Gestion des fréquences | 69 |
| 4.8 Bilan de liaison | 70 |
| 4.8.1 Profil du chemin | 70 |
| 4.8.2 La disponibilité | 72 |
| 4.8.3 L'interférence | 73 |
| 4.8.4 Le bruit thermique | 73 |
| 4.8.5 Le facteur du bruit | 73 |
| 4.8.6 Rapport Signal/Interférence | 74 |
| 4.8.7 Seuil de sensibilité (Threshold) | 74 |
| 4.8.8 Détection d'interférence | 74 |
| 4.9 Conclusion | 75 |



Liste des figures

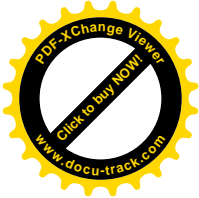
- Figure 1 Chaîne de transmission numérique
- Figure 2 Constellations pour modulations QAM-E
- Figure 3 Description d'un canal binaire symétrique
- Figure 4 Diagramme du canal binaire symétrique
- Figure 5 exemples de canal radio-mobile soumis aux multi-trajets
- Figure 6 Diversité temporelle
- Figure 7 Diversité fréquentielle
- Figure 8 Liaison point à point
- Figure 9 Structure générale d'une liaison hertzienne
- Figure 10 Types des stations relais
- Figure 11 Répéteur RF
- Figure 12 Répéteur régénérateur
- Figure 13 Station parabole réflecteur
- Figure 14 Plan réflecteur
- Figure 15 Les niveaux de multiplexage SDH
- Figure 16 Constitution du bloc de conteneur
- Figure 17 Constitution d'un Conteneur Virtuel
- Figure 18 constitutions du Tributary Unit
- Figure 19 Emplacement des Conteneurs Virtuels dans les Tributary Units
- Figure 20 constitutions d'une TUG à partir de 3 TUS
- Figure 21 Formation d'un signal STM-1 à partir d'affluents E1
- Figure 22 Groupe d'unités administratives
- Figure 23 Structure de la trame STM-n
- Figure 24 Interface du logiciel TEMS LinkPlanner
- Figure 25 vu satellitaire de la Willaya de TIZI OUZOU avant planification



- Figure 26 Diagramme de rayonnement antenne-brin omnidirectionnelle
- Figure 27 Diagramme de rayonnement d'une antenne-panneau directionnelle
- Figure 28 repérages d'AZIMUT
- Figure 29 Antenne directionnelle avec Tilt positif
- Figure 30 Antenne directionnelle avec Tilt négatif
- Figure 31 Baies Nortel Networks S8000 vues de l'extérieur et de l'intérieur
- Figure 32 Paramètres par default
- Figure 33 Geo DataBase
- Figure 34 Projet TIZI OUZOU
- Figure 35 Version Tizi_Date
- Figure 36 Fenêtre de planification
- Figure 37 Barre D'outils de la planification
- Figure 38 créations des sites
- Figure 39 configurations du PATH
- Figure 40 Line of Sight
- Figure 41 Facteur K
- Figure 42 PATH profile
- Figure 43 PATH QualiTy1
- Figure 44 PATH QualiTy2
- Figure 45 Willaya de Tizi Ouzou après planification
- Figure 46 Planification Final
- Figure 47 Architecture du réseau d'accès UTRAN
- Figure 48 Architecture du réseau cœur de l'UMTS
- Figure 49 Modulation adaptative
- Figure 50 Trafic sur un lien radio hybride
- Figure 51 Cartographie fournie

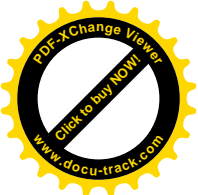


- Figure 52 Masque de la zone de service choisie
- Figure 53 Les HUB potentiels
- Figure 54 Les zones de visibilité
- Figure 55 Vérification du LOS sur terrain effet miroir
- Figure 56 Profil du chemin
- Figure 57 Probabilités de disponibilité
- Figure 58 Calcul d'interférence



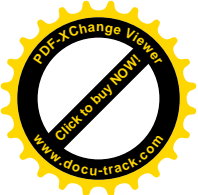
Liste des tableaux

- | | |
|-----------|--|
| Tableau 1 | Largeurs de bande des canaux |
| Tableau 2 | Structure de trame de l'IT 0 |
| Tableau 3 | Répertoire des débits SDH/SONET |
| Tableau 4 | Répartition des fréquences utilisées |
| Tableau 5 | Audibilité du bruit par rapport au BER |



Introduction Générale

La planification d'un réseau mobile consiste à déterminer l'ensemble des composantes matérielles et logicielles de ces systèmes, les positionner, les interconnecter et les utiliser de façon optimale, en respectant, entre autres, une série de contraintes de qualité de service, Ce processus qui peut être à la fois long et coûteux a lieu avant la mise en opération du réseau. Pour les réseaux « 1G », « 2G » et « 3G », une série de recherches ont été menées et visent à minimiser les coûts des équipements, tout en maintenant une communication de qualité et une capacité élevée. Toutefois, les recherches visent surtout sur l'analyse des réseaux « 3G » dont l'objectif est d'offrir toute une gamme de services (l'accès rapide à l'Internet, le commerce électronique, la vidéo conférence, la télémédecine, l'apprentissage à distance, etc.). Notre étude de planification se porte sur les liaisons « point à point » dont le but est d'arriver à la meilleure conception possible de notre réseau, qu'il soit 2G avec ses propres équipements ou le réseau 3G qui diffère sur le précédent dont le matériel physique évidemment et les services offerts qui, en plus des services de voix, il offre même des services de données, ce qu'on va expliquer dans notre travail.



CHAPITRE 1 Généralités Sur Les Transmissions Numérique

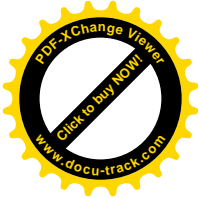
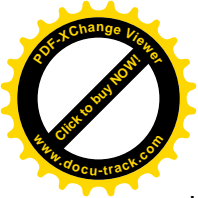
1.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'introduire le concept des communications numériques et les généralités qui serviront à la bonne compréhension de l'ensemble de cette thèse. Nous allons dans un premier temps décrire le fonctionnement d'une chaîne de transmission numérique, de la source d'information binaire au destinataire, par les étapes successives de codage, de transmission dans un canal physique et de décodage. Les canaux de transmission vont alors être décrits, et comme nous privilégions dans ce document les transmissions hertziennes, nous nous attarderons sur les canaux à évanouissements. Nous ferons ensuite un rappel rapide sur les techniques de diversité qui permettent de combattre les évanouissements et les distorsions provoqués par les canaux de transmission.

1.2 Chaîne de transmission numérique classique

Les systèmes de transmission numérique véhiculent de l'information entre une Source et un ou plusieurs destinataires (Fig. 1) en utilisant un support physique comme le câble, la fibre optique ou encore la propagation sur un canal radioélectrique. Les signaux transportés peuvent être soit numérique, comme dans les réseaux de données, soit analogique (parole, image...) mais convertis en numérique. Les caractéristiques de l'environnement de transmission sont très importantes et peuvent affecter la fiabilité des systèmes de communications et leurs fonctions.

Si le message produit par la source est analogique, il est converti en une séquence binaire par des étapes successives d'échantillonnage, de quantification et de codage binaire. Dans le cas idéal, cette séquence doit être la plus courte possible. Pour augmenter



l'efficacité de la transmission et optimiser l'utilisation des ressources du système, un codeur de source compresse donc les données en éliminant les éléments binaires non significatifs.

Afin d'augmenter la fiabilité de la transmission, un codeur de canal introduit de la redondance dans la séquence d'information. Ce codage est appelé détecteur et correcteur d'erreurs puisque le récepteur connaît la loi de codage utilisée et est donc capable de détecter puis éventuellement corriger les données binaires erronées. Cependant, cette amélioration de la qualité du message se fait au détriment du débit global de transmission, le codage de canal n'est possible que si le débit de la source binaire est inférieur à la capacité du canal de transmission.

À la sortie du codeur de canal, la séquence d'information binaire passe par un modulateur numérique, qui sert d'interface avec le canal de communication formant ainsi un signal électrique susceptible d'être envoyé dans le canal en bande de base ou sur fréquence porteuse. Les différentes modulations numériques sont détaillées dans le paragraphe suivant.

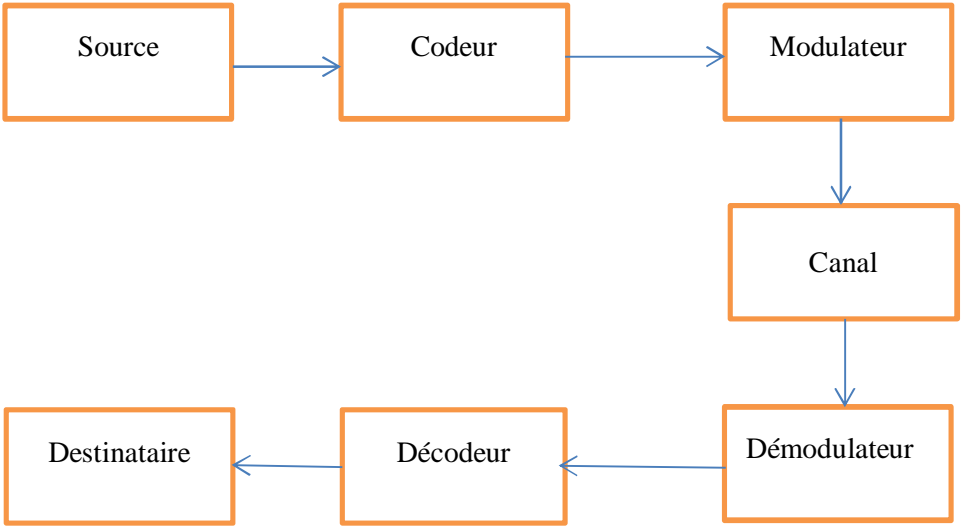


Figure1. Chaîne de transmission numérique

Le canal de transmission est le support physique utilisé pour envoyer l'information de l'émetteur au récepteur, et il diffère selon le type d'application envisagée. Ainsi, si le téléphone utilise le câble bifilaire, des applications plus gourmandes en débit privilégieront le câble coaxial, autorisant des débits de l'ordre du Mbit/s, ou mieux la fibre optique qui peut supporter des débits de plusieurs Gbit/s.



Dans le cadre de notre travail, nous envisagerons plutôt les transmissions radio-mobiles, qui utilisent la propagation des ondes électromagnétiques dans l'espace libre. Quel que soit le support employé lors de la propagation du signal, celui-ci subit des dégradations d'origine diverse, comme les évanouissements propres à la propagation, le bruit thermique généré par les appareils électroniques, ou encore des perturbations électriques dues aux brouilleurs, parasites, à la foudre.

À la réception d'un système de communications numériques, le démodulateur traite les formes d'onde en provenance du canal par des processus d'estimation et de quantification et les réduit à des séquences de nombres, qui représentent des estimations des symboles émis. Ces séquences sont ensuite décodées selon les opérations inverses de celles employées à l'émission, ce qui permet au destinataire de retrouver l'information binaire initiale.

L'information binaire n'arrive pas toujours intacte au destinataire à cause des perturbations subit par le signal lors de son passage dans le canal de transmission, ce qu'on appelle le bruit.

Afin de mesurer ces perturbations, on appelle donc SNR [1] le rapport entre la puissance totale du signal émis et la puissance du bruit au niveau du récepteur. La fréquence à laquelle les erreurs se produisent constitue une bonne indication de la fiabilité de la communication. Pour la quantifier, on définit le TEB [2] comme le rapport entre le nombre de bits erronés et le nombre total de bits émis, et le terme de PEB [3] indique une estimation de ce rapport.

Enfin l'occupation spectrale du signal émis doit être connue pour utiliser efficacement la bande passante du canal de transmission, et les besoins en débit des applications nouvelles conduisent de plus en plus à des modulations à grande efficacité spectrale. La modulation QAM [4], que nous utiliserons tout au long de cette thèse, en fait partie et est détaillée dans le prochain paragraphe.



1.3 Modulations numériques

La modulation a pour objectif d'adapter le signal à émettre au canal de transmission. Pour les transmissions en bande de base, la forme d'onde utilisée pour la mise en forme du signal physique est le plus souvent une porte ou un créneau. Dans le cas de transmissions sur porteuse, l'opération consiste à modifier un ou plusieurs paramètres d'une onde porteuse de forme sinusoïdale d'expression générale $S(t) = A \cos(\omega t + \phi)$.

Dans cette expression les paramètres modifiables sont:

- L'amplitude de l'onde A
- La fréquence porteuse $F = \omega / 2\pi$
- La phase (ϕ)

Dans la modulation binaire, l'information est transmise à l'aide d'un paramètre qui ne prend que deux valeurs possibles. Dans la modulation M-aire, l'information est transmise à l'aide d'un symbole qui prend sa valeur parmi $M = 2^n$ réalisations possibles, ce qui permet d'associer à un état de modulation un mot de n éléments binaires. L'ensemble de ces symboles est appelé alphabet et forme une constellation caractéristique pour chaque modulation.

1.3.1 Modulations numériques classiques

La **modulation à déplacement d'amplitude** ASK [5] consiste à faire varier l'amplitude du signal selon la loi de transcodage associée. Celui-ci s'exprime alors:

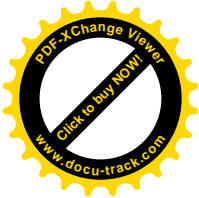
$$S(t) = A(t) \cos(\omega_0 t + \phi) \quad \text{avec} \quad A(t) = \sum_k a_k h(t - kT_s)$$

Où $h(t)$ est un filtre de mise en forme des impulsions, Ce type de modulation est simple à réaliser mais est assez peu employé pour $M > 2$ car ses performances sont moins bonnes que celles d'autres modulations, notamment en ce qui concerne sa résistance au bruit.

Pour la **modulation à déplacement de phase** QPSK [6], le seul paramètre susceptible de varier est la phase de l'onde porteuse. A la sortie du modulateur, le signal s'exprime:

$$S(t) = A \sum_k h(t - kT_s) \cos(\omega_0 t + \phi_k)$$

où A représente l'amplitude constante de l'onde porteuse et ϕ_k la valeur de la phase pendant un intervalle de temps $[kT_s; (k+1)T_s]$.



La complexité de l'ensemble émission/réception de la QPSK augmente avec M, mais reste raisonnable, ce qui en fait une modulation fréquemment utilisée pour M allant de 2 à 16 avec de bonnes performances. Dans les inconvénients de la QPSK, citons l'existence de sauts de phase importants qui font apparaître des discontinuités d'amplitude.

En ce qui concerne **la modulation à déplacement de fréquence** FSK [7], c'est la fréquence instantanée, dérivée de la phase instantanée, qui peut prendre plusieurs valeurs associées aux états possibles. Après modulation, le signal a pour expression:

$$S(t) = A \cos [(\omega_0 + 2\pi a_k \Delta F) t]$$

avec les symboles a_k appartenant à $\{\pm 1, \pm 3, \dots, \pm(M-1)\}$ et l'excursion en fréquence $2\Delta F = m/T_s$ ou m est l'indice de modulation. Une modulation fréquemment utilisée considère le cas particulier $m = 0.5$. Le spectre est alors concentré autour de la fréquence porteuse.

1.3.2 Modulation d'amplitude en quadrature (QAM)

Les modulations précédentes ne constituent pas une solution satisfaisante pour utiliser efficacement l'énergie émise lorsque le nombre de points M est grand. En effet, dans la ASK les points de la constellation sont sur une droite, et dans la QPSK les points sont sur un cercle. Or, la probabilité d'erreur est en fonction de la distance minimale entre les points de la constellation, et la meilleure modulation est celle qui maximise cette distance pour une puissance moyenne donnée. Un choix plus rationnel est alors une modulation qui répartit les points uniformément dans le plan. Pour ce faire, on écrit le signal modulé s(t) sous la forme suivante:

$$S(t) = a(t) \cos(\omega_0 t + \phi_0) - b(t) \sin(\omega_0 t + \phi_0)$$

Où les deux signaux a(t) et b(t) ont pour expression :

$$a(t) = \sum_k a_k h(t - kT) \quad \text{et} \quad b(t) = \sum_k b_k h(t - kT)$$

Le signal modulé s(t) est donc la somme de deux porteuses en quadrature, modulées en amplitude par les deux signaux a(t) et b(t).

On considère généralement que les symboles a_k et b_k prennent respectivement leurs valeurs dans le même alphabet à M éléments donnant ainsi naissance à une modulation possédant $E = M^2$ états. Chaque état est donc représenté par un couple (a_k, b_k) ou ce qui

revient au même par un symbole complexe $c_k = a_k + j b_k$. Dans le cas particulier mais très fréquent où M peut s'écrire $M = 2^n$ alors les a_k représentent un mot de n bits et les b_k représentent aussi un mot de n bits. Le symbole complexe $c_k = a_k + j b_k$ peut par conséquent représenter un mot de $2n$ bits. L'intérêt de cette configuration est que le signal $s(t)$ est alors obtenu par une combinaison de deux porteuses en quadrature modulées en amplitude par des symboles a_k et b_k indépendants. Cette modulation prend naturellement le nom de modulation d'amplitude en quadrature (QAM) et si sa constellation comporte E états, on la note QAM- E .

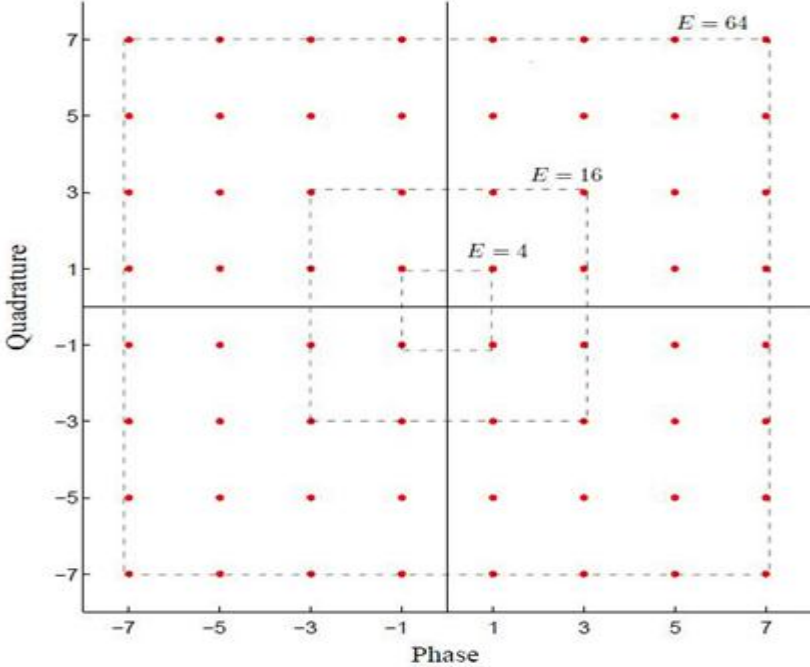


Figure 2. Constellations pour modulations QAM-E

La figure 2 représente les constellations de modulations de type QAM pour plusieurs nombres d'états.

1.4 Canaux de transmission

1.4.1 Canal binaire symétrique

Le canal binaire symétrique CBS [8] est un canal discret dont les alphabets d'entrée et de sortie sont finis et égaux à $\{0,1\}$. On considère dans ce cas que le canal comprend tous les éléments de la chaîne compris entre le codeur de canal et le décodeur correspondant (Figure3).

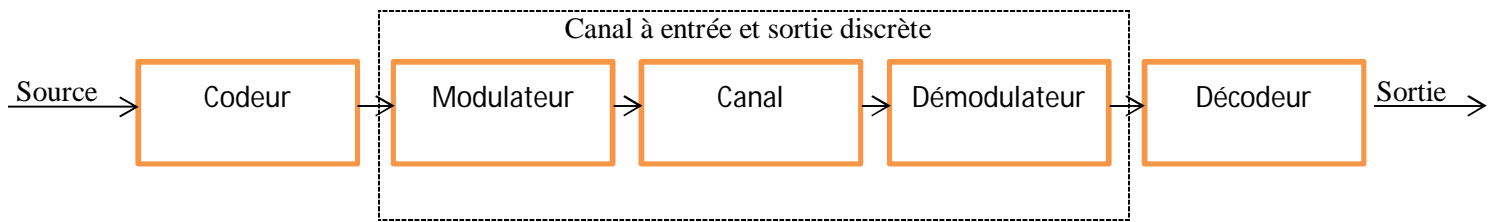
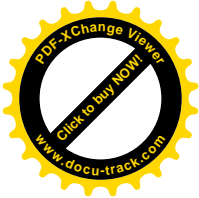


Figure 3. Description d'un canal binaire symétrique

On note respectivement a_k et y_k les éléments à l'entrée et à la sortie du CBS. Si le bruit et autres perturbations causent des erreurs statistiquement indépendantes dans la séquence binaire transmise avec une probabilité p , alors :

$$\Pr (y_k = 0 | a_k = 1) = \Pr (y_k = 1 | a_k = 0) = P$$

$$\Pr (y_k = 1 | a_k = 1) = \Pr (y_k = 0 | a_k = 0) = 1-P$$

Le fonctionnement du CBS est résumé sous forme de diagramme sur la figure 4. Chaque élément binaire à la sortie du canal ne dépendant que de l'élément binaire entrant correspondant, le canal est appelé sans mémoire.

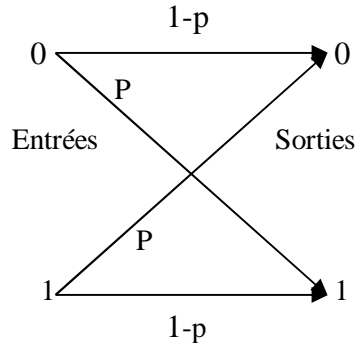
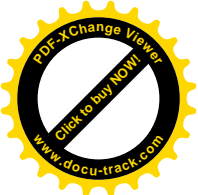


Figure 4. Diagramme du canal binaire symétrique

1.4.2 Canal à bruit additif blanc gaussien

Le modèle de canal le plus fréquemment utilisé pour la simulation des transmissions numériques, qui est aussi un des plus faciles à générer et à analyser, est le canal à bruit blanc additif gaussien WAGN [9]. Ce bruit modélise à la fois les bruits d'origine interne (bruit thermique dû aux imperfections des équipements) et le bruit d'origine externe (bruit



d'antenne). Ce modèle est toutefois plutôt associé à une transmission filaire, puisqu'il représente une transmission quasi-parfaite de l'émetteur au récepteur.

1.4.3 Canal à évanouissements

Les communications radio ont souvent besoin d'un modèle plus élaboré prenant en compte les différences de propagation du milieu, appelées encore atténuations ou évanouissements, qui affectent la puissance du signal. Cette atténuation du signal est principalement due à un environnement de propagation riche en échos et donc caractérisé par de nombreux multi-trajets, mais aussi au mouvement relatif de l'émetteur et du récepteur entraînant des variations temporelles du canal.

Le phénomène de multi-trajets s'observe lorsque l'onde électromagnétique portant le signal modulé se propage par plusieurs chemins de l'émetteur au récepteur. En ce qui concerne les variations temporelles du canal, on peut distinguer deux classes, l'étalement temporel et l'effet Doppler, pouvant par ailleurs constituer une base pour la classification des canaux à évanouissements.

1.5 Définition de l'étalement temporel

Lors d'une transmission sur un canal à évanouissements, les composantes du signal ayant emprunté des chemins distincts arrivent au récepteur avec des retards différents. L'étalement temporel est donc défini par la différence entre le plus grand et le plus court des retards et permet de caractériser la dispersion temporelle du canal. La bande de cohérence du canal, notée B_c , correspond à la gamme de fréquences sur laquelle les amplitudes des composantes fréquentielles du signal, fortement corrélées, subissent des atténuations semblables. En dehors de cette bande de fréquence en revanche, les distorsions du signal deviennent non négligeables.

1.6 Effet Doppler

Quand l'émetteur et le récepteur sont en mouvement relatif avec une vitesse radiale constante, le signal reçu est sujet à un décalage constant de fréquence, appelé effet

Doppler, proportionnel à cette vitesse et à la fréquence porteuse. Cette dispersion fréquentielle, due à l'inconstance des caractéristiques du canal durant la propagation, résulte en une augmentation de la bande de fréquence occupée par le signal.

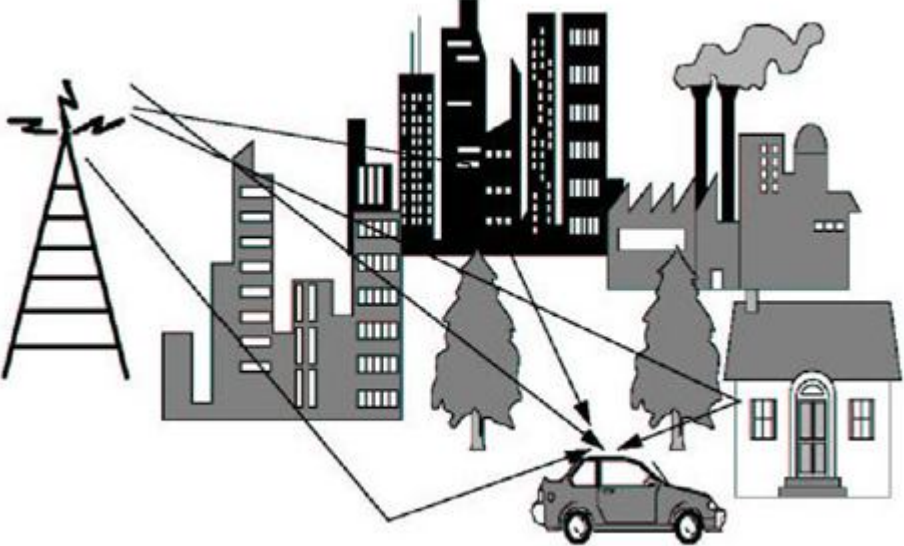
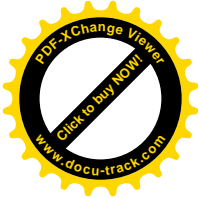
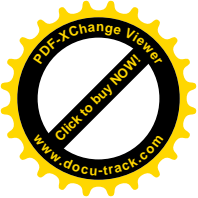


Figure 5.exemple de canal radio-mobile soumis aux multi-trajets

1.7 Notion de diversité

La diversité est utilisée dans les systèmes de transmission sans fil pour combattre l'évanouissement à faible échelle causé par les multi-trajets. En effet, si plusieurs répliques de l'information sont reçues par des liaisons dont les évanouissements respectifs sont indépendants les uns des autres, il y a une très forte probabilité pour que l'une de ces liaisons au moins ne subisse pas de forte atténuation, augmentant ainsi la fiabilité de la liaison. La diversité se révèle donc être un outil très puissant pour combattre les évanouissements et les interférences entre canaux de transmission, et permet notamment d'augmenter la capacité et la couverture des systèmes radios. Les trois formes de diversité traditionnellement exploitées en communications numériques sont la diversité temporelle, la diversité fréquentielle et la diversité spatiale.



1.7.1 Diversité temporelle

Utilisée pour combattre l'évanouissement sélectif en temps, la diversité temporelle consiste à émettre plusieurs répliques du signal (ou des versions redondantes) dans des intervalles temporels séparés d'au moins le temps de cohérence du canal T_c (Figure6). Ce type de diversité est obtenu par l'utilisation conjointe d'un entrelaceur et d'un code correcteur d'erreur, ou encore par demande de répétition automatique. Le principal inconvénient de ce procédé est bien sûr le retard induit par la diversité, et la baisse de débit correspondante.

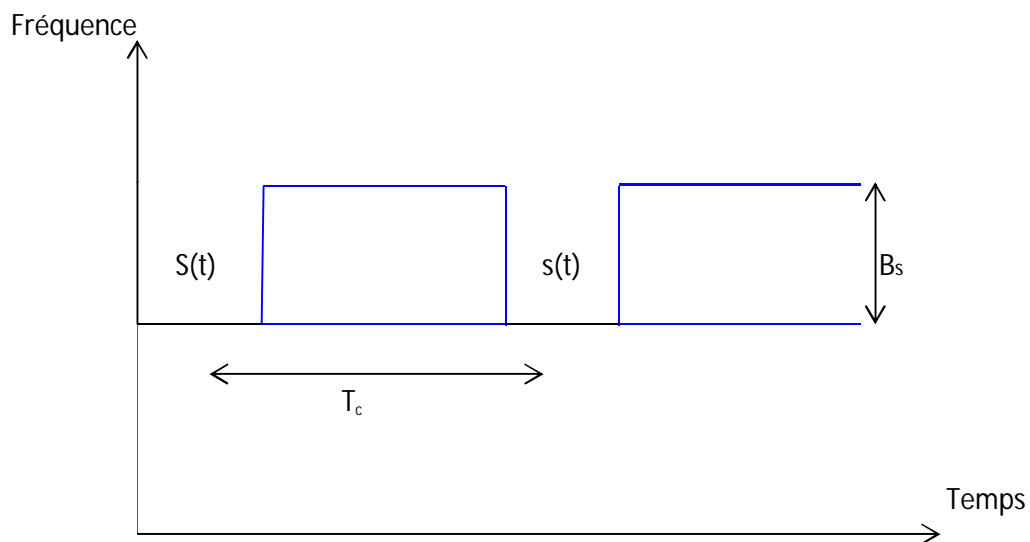
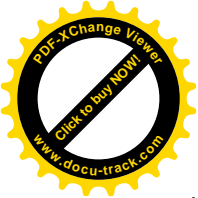


Figure 6. Le même signal est transmis sur plusieurs intervalles temporels

1.7.2 Diversité fréquentielle

La diversité fréquentielle revient à émettre le même signal (ou des versions redondantes) sur plusieurs fréquences porteuses, dont l'écartement fréquentiel est d'au moins la bande de cohérence du canal BC (Figure7). La diversité fréquentielle peut être exploitée par l'utilisation d'une modulation multi porteuse conjointement avec un entrelaceur et un codage correcteur d'erreur. Les techniques d'étalement de spectre sont parfois considérées comme une source potentielle de diversité fréquentielle. Ces techniques autorisant ainsi une bonne résistance aux perturbations et une grande discrétion de



transmission. L'étalement de spectre par séquence directe et l'étalement par sauts de fréquence sont généralement les plus répandus.

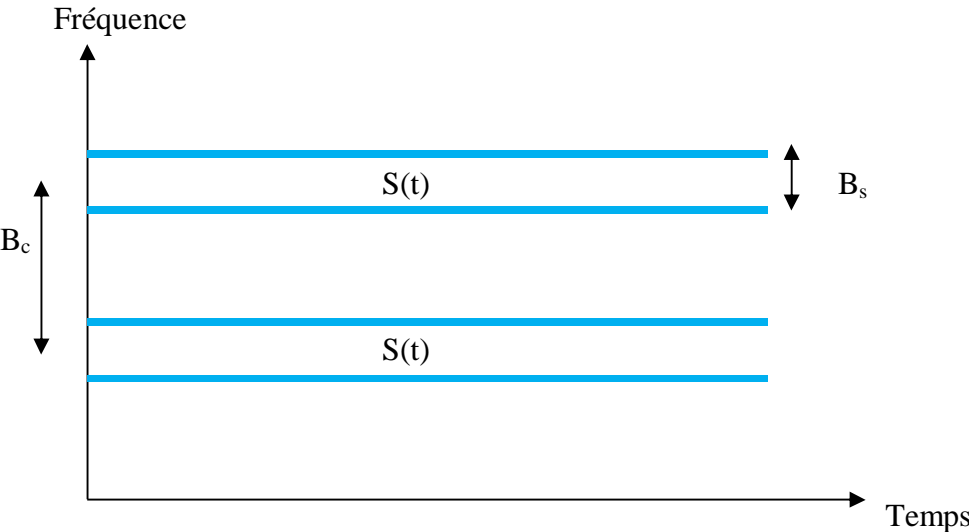


Figure 7. Le même signal est transmis sur plusieurs intervalles fréquentiels

1.7.3 Diversité de polarisation

On parle de diversité de polarisation quand le même signal est émis et reçu simultanément sur des ondes polarisées orthogonalement et dont les caractéristiques de propagation sont indépendantes. Contrairement à la diversité spatiale, il n'y a pas de contrainte sur l'écartement relatif des antennes, et une diversité d'ordre 2 peut ainsi être facilement obtenue en utilisant une paire d'antennes de polarisations orthogonales.

1.7.4 Diversité spatiale

Elle consiste à émettre ou recevoir l'information par plusieurs antennes, séparées dans l'espace d'au moins la distance de cohérence, qui correspond à la séparation minimale des antennes garantissant un évanouissement indépendant et dépend donc de l'angle de départ et/ou d'arrivée des multi-trajets. Cette distance de cohérence peut varier très largement selon le type et l'emplacement de l'antenne considérée. Des mesures empiriques ont montré une forte corrélation entre la hauteur de l'antenne d'une station de base et la distance de cohérence. De grandes antennes imposent ainsi une grande distance de



cohérence. Du côté du mobile, en revanche, généralement plus bas en altitude et donc soumis à de nombreux échos, la distance de cohérence reste raisonnable. D'une manière générale, une séparation de 0.4λ à 0.6λ semble adéquate pour le mobile, alors que pour une station de base, elle peut atteindre plus de 10λ .

La tendance actuelle est d'associer plusieurs antennes à la fois à l'émission et la réception, formant ainsi des systèmes multi-antennaires plus connus sous le nom de MIMO [10] et qui permettent d'atteindre de hauts degrés de diversité.

1.8 Conclusions

Nous avons présenté dans ce chapitre quelques généralités sur les transmissions numériques. Nous avons détaillé une chaîne classique de transmission, de la source binaire jusqu'au destinataire. Les modèles de canaux, en particulier les canaux à évanouissements qui caractérisent les communications radio-mobiles. Nous avons ainsi défini l'étalement temporel et l'effet Doppler. Pour pouvoir évaluer les performances des systèmes proposés.

Pour combattre les évanouissements, les solutions les plus efficaces restent les techniques de diversité, qu'elle soit temporelle, spatiale ou encore fréquentielle, et un paragraphe leur a donc été consacré.



CHAPITRE 2 Faisceaux Hertziens Hiérarchies SDH PDH

2.1 Introduction

Les réseaux PDH [11] ont été développés à une époque où les transmissions point par point représentaient l'essentiel des besoins. L'évolution du réseau de transport haut débit est marquée par l'introduction des techniques synchrones SDH [12]. Fondée sur un réseau de distribution d'horloge, la hiérarchie synchrone garantit la délivrance de bits en synchronisme avec une horloge de référence. Elle autorise de plus des débits plus élevés et répond aux besoins de normalisation des fibres optiques.

Dans ce chapitre, on va parler de la structure générale des faisceaux hertziens ainsi que leurs caractéristiques fonctionnelles en hiérarchie numérique synchrone (SDH) et en hiérarchie numérique plésiochrone (PDH) en vue de leur intégration dans l'exploitation des réseaux utilisant ces deux hiérarchies.

2.2 Les Faisceaux Hertziens

Un faisceau hertzien est une liaison radioélectrique point à point, bilatérale et permanente (full duplex), à ondes directives, offrant une liaison de bonne qualité permettant la transmission d'informations en mode multiplex à plus ou moins grande capacité. On peut dire aussi qu'il est un système de transmission de signaux permettant l'interconnexion de sites distants.

Ce type de liaisons radio point à point est aujourd'hui principalement numérique et est utilisé pour des liaisons voix et données. Il utilise comme support les ondes radioélectriques, avec des fréquences porteuses allant de 1 GHz à 40 GHz.

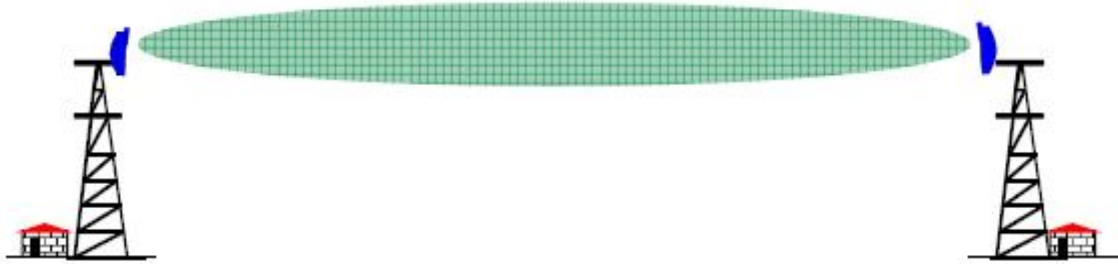


Figure 8 Liaison point à point.

2.2.1 Structure générale d'une liaison hertzienne

Une liaison hertzienne comprend deux stations terminales et des stations relais, elle est composée d'un ou plusieurs bonds. On appelle station terminale, toute station située à la fin d'une liaison hertzienne. On appelle stations relais, celles situées entre les stations terminales. On appelle bond hertzien, la distance séparant deux stations consécutives.

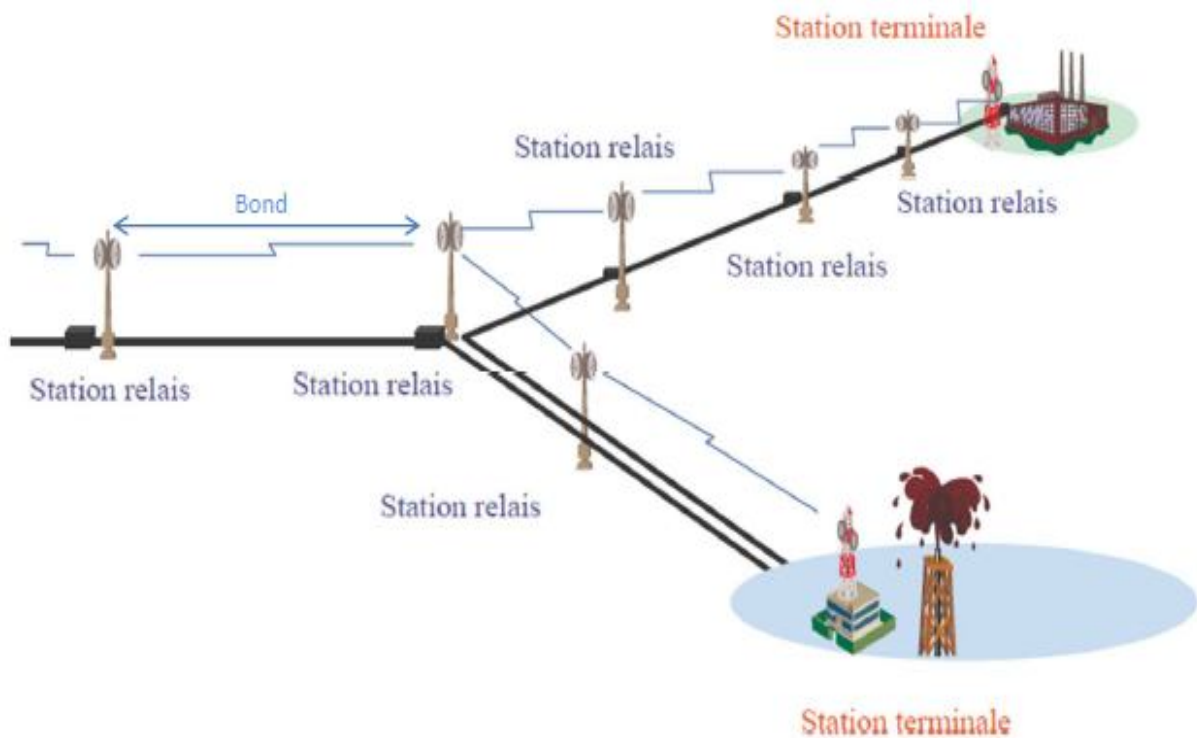


Figure 9 Structure générale d'une liaison hertzienne.

2.2.2 Type des Stations relais

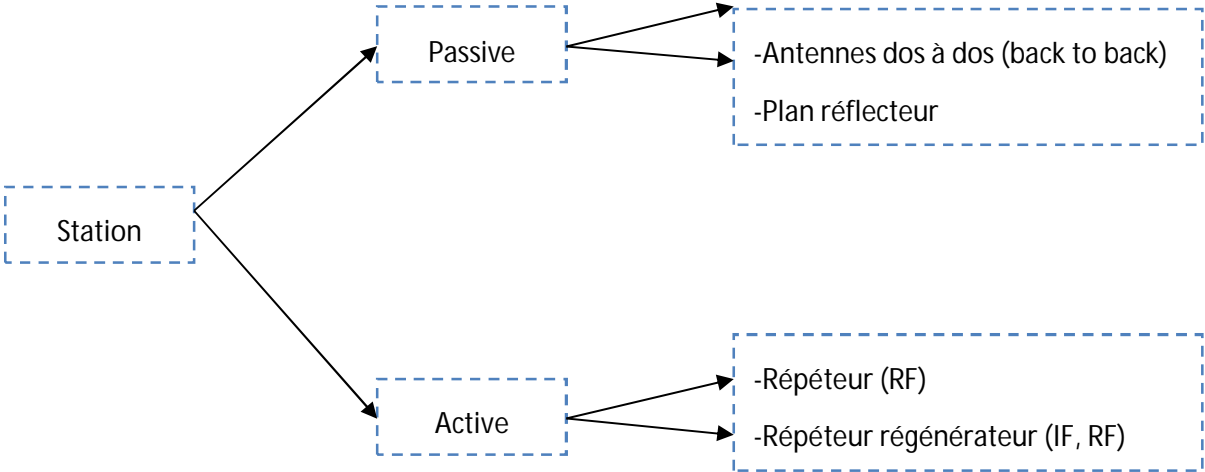


Figure 10 Types des stations relais.

a. Relais actifs

Les répéteurs actifs sont utilisés dans le cas où la distance entre les terminaux est grande. Il y a deux types :

- Répéteur RF Le signal reçu est amplifié et retransmis.

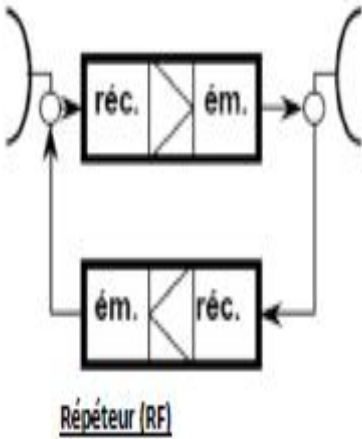


Figure 11 Répéteur RF.

- Répéteur régénérateur (IF,RF): Les signal reçu est régénéré , amplifié et retransmis.

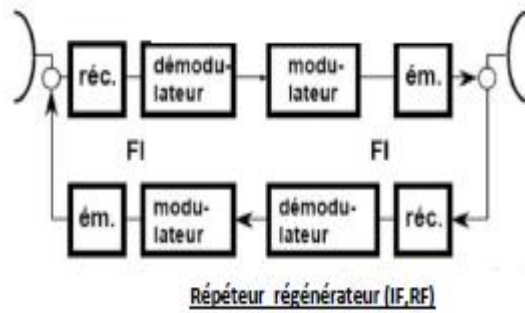


Figure 12 Répéteur régénérateur.

b. Relais passifs

Les stations relais passives sont utilisées lorsqu'il existe un obstacle entre l'émetteur et le récepteur, et qu'on ne peut pas éviter même en utilisant des grandes hauteurs d'antenne, en général la hauteur d'antenne ne dépasse pas les 60 m.

2.2.3 Paraboles réflecteurs

La station paraboles réflecteurs est un relai passif constitué de deux antennes paraboliques reliées par un guide d'onde dos à dos.

Les antennes paraboliques de ces stations sont souvent à grande dimension, dans ces cas le bond ne dépasse pas 1km.

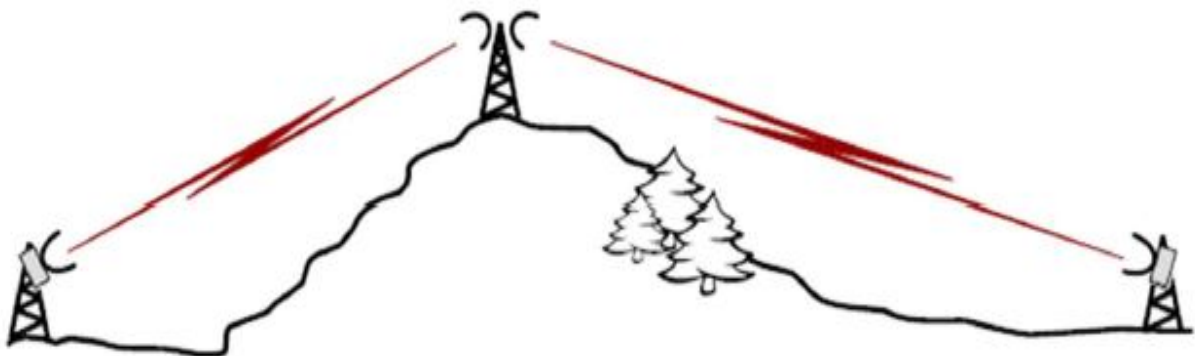


Figure 13 Station parabole réflecteur.

2.2.4 Plan réflecteur

Un panneau en métal qui a une surface lisse, il reflète l'onde venant de l'émetteur vers le Récepteur.

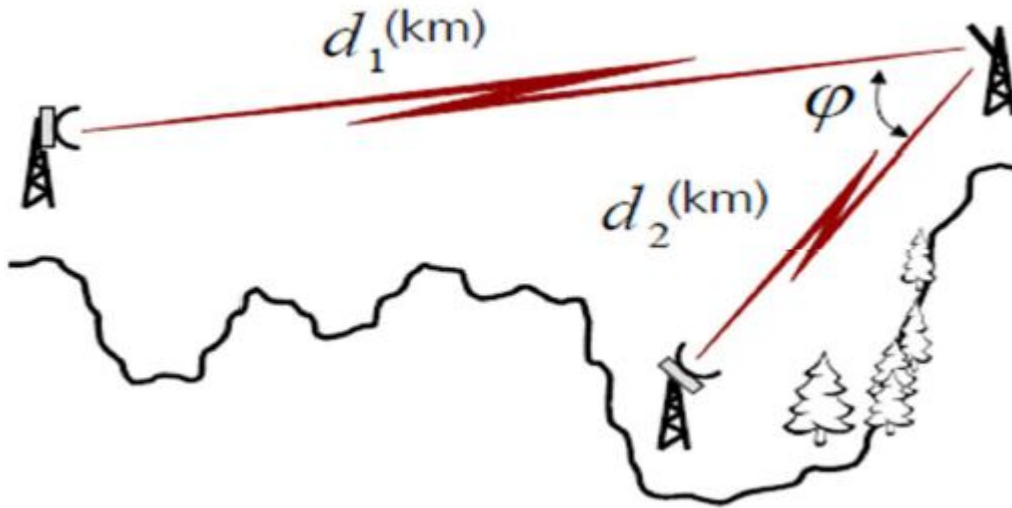


Figure 14 Plan réflecteur.

2.2.5 La modulation

Le modulateur adapte le signal à transmettre au canal de propagation. L'opération de modulation transforme le signal, à l'origine en bande de base, en signal à bande étroite, dont le spectre se situe à l'intérieur de la bande passante du canal.

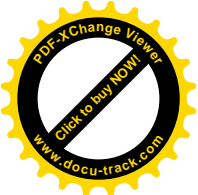
Les modulations utilisées sont :

- a. 4 ou 16 états (par exemple 4 QAM, 16QAM) pour les signaux **PDH**.
- b. 64 ou 128 états (par exemple 64 QAM, 128 QAM) pour les signaux **SDH**.

Le tableau 1 résume les largeurs de bande nécessaires en fonction des débits rencontrés dans le hertzien et le type de modulation utilisée.

| Norme | PDH | PDH | PDH | PDH | SDH |
|-----------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| Débit | 2*2 Mbit/s | 4*2 Mbit/s | 8*2 Mbit/s | 16*2 Mbit/s | 155 Mbit/s |
| 4 états | 3.5 Mhz | 7 Mhz | 14 Mhz | 28 Mhz | - |
| 16 états | 1.75 Mhz | 3 Mhz | 7 Mhz | 14 Mhz | - |
| 64 états | - | - | - | - | Mhz |
| 128 états | - | - | - | - | Mhz |

Tableau 1 Largeurs de bande des canaux.



2.3 Généralités sur les Hiérarchies synchrones

2.3.1 Rappel sur la numérisation du réseau téléphonique

La modernisation du réseau téléphonique commuté s'est conçue en numérisant les signaux analogiques de la voix. La bande passante étant de 300 Hz à 3400 Hz, la voix est échantillonnée à $f_e=8$ kHz, soit $T_e=125\mu s$.

On échantillonne le signal à 8 kHz puis on converti les échantillons en données numérique sur 8 bits, soit un débit par voix de 64 kHz.

2.3.2 Organisation de la trame MIC primaire E1

Le système MIC normalisé par les Européens est appelé MIC [13] E1 (Européen, 1er Niveau). La normalisation s'est arrêtée sur la transmission de 30 voies de données plus deux voies annexes appelées voies d'information par multiplexage temporel. On divise donc l'intervalle séparant 2 échantillons successifs pour une voie par 32 Intervalles de Temps égaux.

2.4 La hiérarchie plésiochrone PDH

2.4.1 Synchronisation des réseaux

Le débit affecté à chaque voie incidente est référencée vis-à-vis d'une horloge interne qui est soit fournie par un oscillateur soit asservie sur une horloge de référence. Que ce soit au niveau trame ou affluent, chaque information est véhiculée à un débit fixé par la fréquence de fonctionnement de l'horloge de la voie incidente. Les affluents sont alors dits plésiochrones (du grec plésio presque) puisque les horloges sont proches mais non identiques.

2.4.2 Multiplexage MIC- E1 à 2 Mbit/s

La hiérarchisation définie en Europe pour les réseaux de transmission est à 4 niveaux. Ainsi la recommandation G 732 adoptée en Europe fixe le débit à 2048 kbit/s. Chaque trame est définie par une durée de 125 μs divisée en 32 IT numérotés de 0 à 31.

Au niveau Européen, les IT 1 à 15 et 17 à 31 sont dédiés aux transferts d'informations. Les autres IT servent à la signalisation.

- IT 0 des trames paires est réservé au verrouillage de trame
- IT 0 des trames impaires est réservé au service (alarmes)



- IT 16 est réservé à la signalisation

| Position du bit | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------|----|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Trame avec VT | SI | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Trame sans VT | SI | 1 | A | S _{a4} | S _{a5} | S _{a6} | S _{a7} | S _{a8} |

Tableau 2 Structure de trame de l'IT 0.

Signal de verrouillage, modèle – 0011011

S_i = réservé pour usage international

S_n = réservé pour usage national

A = mise à 1 pour indiquer la condition d'alarme

2.4.3 Multiplexage MIC-E2 à 8 Mbit/s [rec G744]

La trame secondaire TN2 se compose de 4 affluents primaires (E1) et elle a un débit de 8,448 Mbit/s. La trame est composée de 1056 bits émis sur une durée de 125µs.

Dans ce type de multiplexage, on suppose la synchronisation de toutes les horloges des canaux affluents. Il n'y a donc aucun dispositif de régulation d'horloge (justification) à prévoir. Les 4 affluents entrant fournissent au multiplexeur 32 IT à 2048 kbit/s. La trame comporte 132 ITs de 8 bits soit 1056 bits en 125 µs. L'horloge de sortie est donc de 8448 kHz. Il s'agit d'un multiplexage octet par octet.

Le verrouillage de trame est de 14 bits : 11100110100000.

2.4.4 Multiplexage MIC-E3 à 34 Mbit/s [rec G751]

La trame tertiaire se compose de 4 affluents E2 et elle a un débit de 34,368 Mbit/s. La trame est composée de 1536 bits, ce qui correspond à une durée de 44,69 µs.



2.4.5 Multiplexage MIC-E4 à 139.264 Mbit/s [rec G751]

La trame TN4 se compose de 4 affluents E3 et elle a un débit de 139,264 Mbit/s. La trame est composée de 2928 bits, ce qui correspond à une durée de 21.02 μ s.

2.5 La hiérarchie SDH /SONET [14]

L'inconvénient de la PDH est qu'il faut démultiplexer complètement l'ensemble des différents ordres de multiplexage pour extraire un signal. De plus, la synchronisation de chaque émetteur avec chaque récepteur qui est une condition clef à une transmission sans erreur est parfois délicate à obtenir dans ce système où les horloges donnant le rythme sont réparties sur les émetteurs et les récepteurs et on se retrouve avec presque autant d'horloges différentes qu'il y a de machines différentes dans le réseau. Pour pallier ces problèmes, une nouvelle hiérarchie de système de transmission a vu le jour :

SDH : Synchronous Digital Hierarchy (en Europe)

SONET : Synchronous Optical NETwork (aux USA)

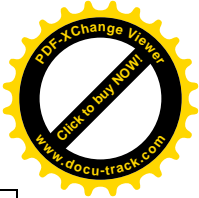
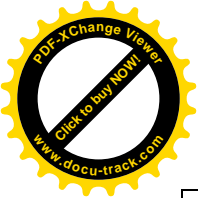
L'un des aspects principaux est que tous les équipements du réseau SDH sont pilotés par le même signal d'horloge, c'est pour cette raison que ce mode de transmission est appelé synchrone.

2.5.1 Les aspects de la SDH

La technologie SDH dispose de débits de transport considérables permettant de réserver une capacité significative pour la gestion du réseau. La gestion du réseau SDH inclut l'exploitation, la gestion, la maintenance et la mise en service, elle est effectuée par des informations de surdébit transportées dans les trames. Chaque couche d'un réseau SDH (niveau d'encapsulation) dispose de moyens propres de gestion. Certaines données dites de bourrage sont incluses juste pour la synchronisation.

2.5.2 Le multiplexage SDH

Pour la norme SDH, les niveaux sont organisés hiérarchiquement en STM-n (Synchronous Transport Module, niveau n). Pour SONET ils sont organisés en STS-n (Synchronous Transport signal, niveau n).



| SDH | SONET | Désignation optique | Débit (Mbit/s) |
|--------|---------|---------------------|----------------|
| | STS-1 | OC-1 | 51.84 |
| STM-1 | STS-3 | OC-3 | 155.52 |
| STM-4 | STS-12 | OC-12 | 622.08 |
| STM-16 | STS-48 | OC-48 | 2488.32 |
| STM-64 | STS-192 | OC-192 | 9953.28 |

Tableau 3 Répertoire des débits SDH/SONET.

Lors du multiplexage SDH, les données sont encapsulées dans des blocs (trames) qui seront multiplexés pour donner des blocs de plus en plus gros jusqu'à obtenir une trame STM [15]. Chaque bloc porte un nom, on trouve : Conteneur C [16], Conteneur Virtuel VC [17], Tributary Unit TU [18], Tributary Unit Group TUG [19], Administrative Unit AU [20], Administrative Unit group AUG [21], et Synchronous Transport Module (STM).

Un bloc de données SDH (C, VC, TU, TUG, AU, AUG, STM) est toujours transmis en 125 µs, c'est la période clef des transmissions SDH. Comme les blocs ne contiennent pas le même volume de données, cela suppose l'utilisation d'horloge de plus en plus rapide au fur et à mesure qu'on avance dans l'arbre de multiplexage.

Le multiplexage SDH se fait en deux étapes. Un premier niveau, dit niveau inférieur **LO** (Low Order) suivi d'un deuxième niveau, dit niveau supérieur **HO** (High Order). Dans le premier niveau les VC-LO sont multiplexés pour former les VC-HO, en suite, dans le 2ème niveau, les VC-HO sont multiplexées pour former la trame STM.

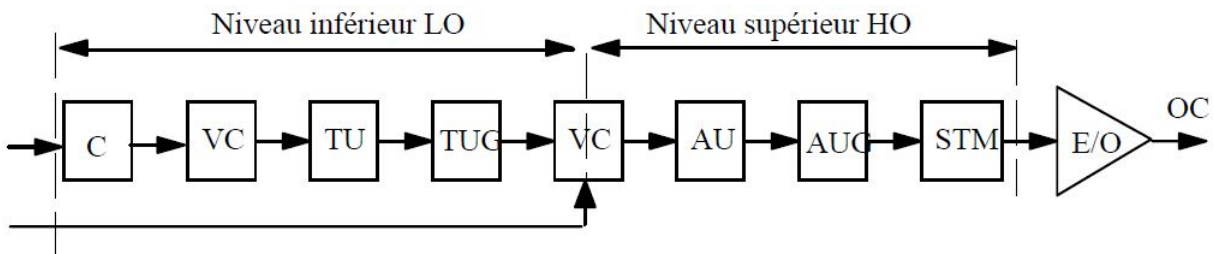


Figure 15 Les niveaux de multiplexage SDH.

a. La notion de Conteneur

Les signaux à transporter proviennent de liaisons qui peuvent être synchrones ou asynchrones. Pour faciliter leur transport, on les segmente en petit blocs appelés conteneurs. Un conteneur contient un paquet de données utiles (payload) arrivés au rythme du débit de l'affluent pendant $125 \mu s$ plus un certain nombre d'octets de bourrage dont le rôle est d'adapter le débit incident à la structure de la trame.

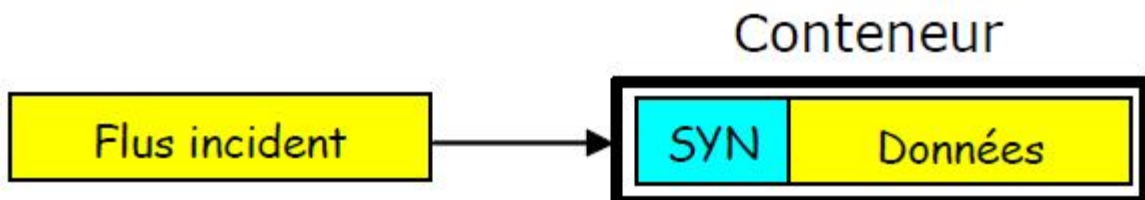


Figure 16 Constitution du bloc de conteneur.

b. La notion de Conteneur Virtuel

Le conteneur sera transporté à travers le réseau SDH en suivant un chemin (path) entre le point d'entrée et le point de sortie. Une des propriétés essentielle de la SDH est de pouvoir gérer ce conteneur et son chemin à travers le réseau indépendamment de son contenu. A cette fin, des bits de gestion appelés **POH** (Path Overhead) sont ajoutés au conteneur, l'ensemble constitue ce qu'on appelle un **conteneur virtuel** VC (Virtual Container).

Les VCs sont les éléments de bases transportés par le réseau SDH, ils seront multiplexés pour obtenir des blocs plus grands et ainsi de proche en proche jusqu'à l'obtention d'une trame de base STM-1 constituée de 2430 octets.

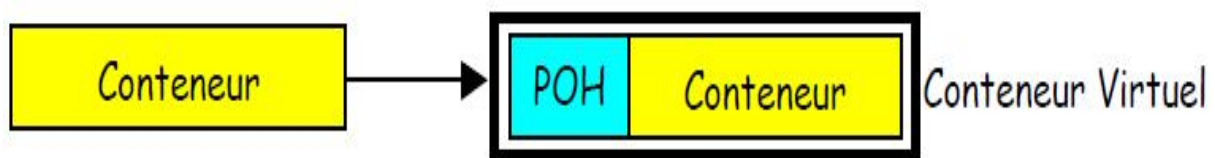


Figure 17 Constitution d'un Conteneur Virtuel.

c. L'unité d'affluent

Pour pouvoir localiser un VC dans une trame SDH sans que celui-ci soit placé toujours à la même position, on utilise un **pointeur** qui indique l'adresse relative du VC par

rapport au début de trame. Le pointeur plus le VC constitue ce qu'on appelle une **Tributary Unit TU** (Unité d'affluent).

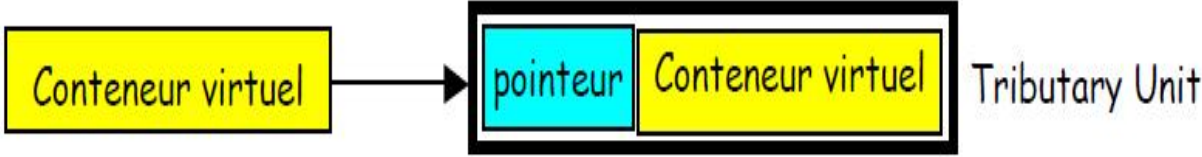


Figure 18 constitutions du Tributary Unit.

Ce pointeur est nécessaire car les TUs sont construites à l'aide de l'horloge SDH qui est indépendante de celle des affluents, le début d'une TU ne coïncide pas forcément avec celui d'un VC.

Le fait qu'un VC puisse se trouver à n'importe quelle position de la TU, on dit que celui-ci **flotte** à l'intérieur de la TU et donc de la trame. Il arrive souvent qu'un VC tombe à cheval entre deux trames successives.

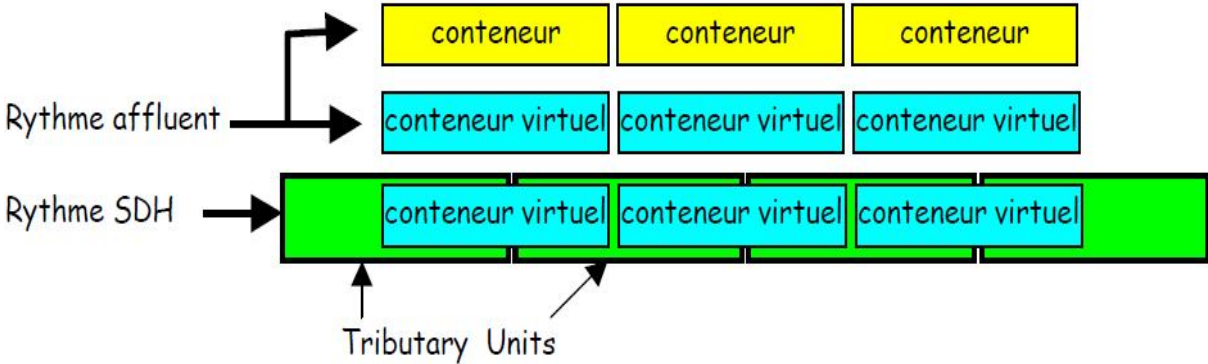


Figure 19 Emplacement des Conteneurs Virtuels dans les Tributary Units.

d. Groupe d'unité d'affluent

Les TUs de différents affluents sont multiplexées (groupées par 3 ou 4) pour former des blocs plus grand appelés des **Tributary Unit Group TUG** (Groupe d'unité d'affluents). Le multiplexage se fait toujours octet par octet. Il n'y a pas de surdébit propre à une TUG.

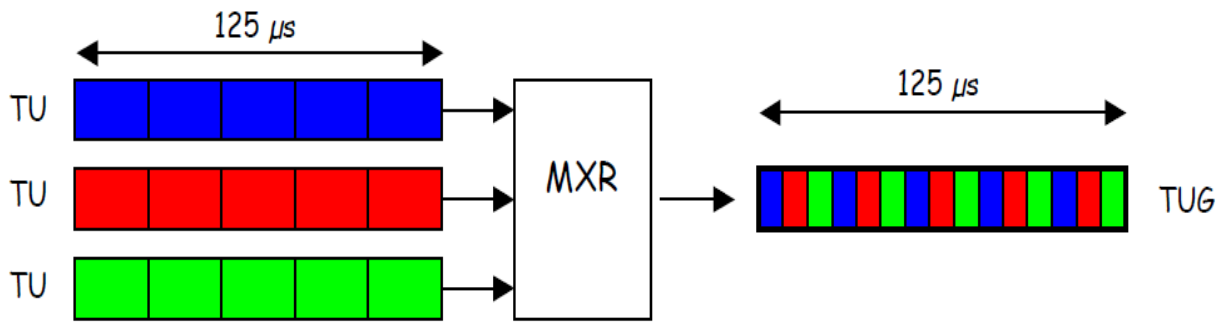


Figure 20 constitutions d'une TUG à partir de 3 TUS.

e. Les Conteneurs Virtuels d'ordre supérieur

Un Conteneur Virtuel de niveau supérieur VC-HO est constitué soit par groupement de plusieurs TUG, soit directement à partir d'un affluent extérieur haut débit. Dans tous les cas, 9 octets POH [22] sont attribués à chaque VC-HO. Des octets de bourrage et de justification peuvent aussi être ajoutés afin d'adapter la taille du VC-HO à la structure de la trame SDH.

f. Les unités administratives AU

Dans le niveau supérieur HO [23], les Unités administratives sont l'équivalent des Tributary Units dans le niveau inférieur. Ici aussi, les VC-HO flottent dans les AU_s, d'où la nécessité de pointeurs pour localiser les VC_s dans les AU_s.

2.5.3 Constitution d'une trame SDH

Pour illustrer le mécanisme de multiplexage, nous allons détailler les étapes de constitution d'une trame STM-1 à partir d'affluents E1 en suivant le chemin :

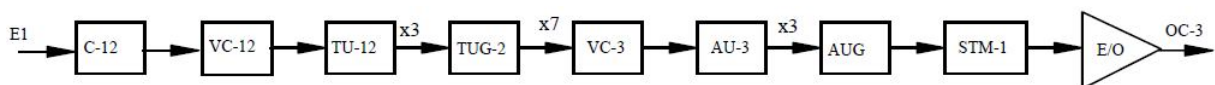
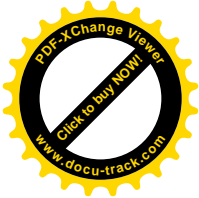
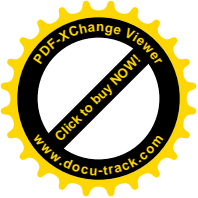


Figure 21 Formation d'un signal STM-1 à partir d'affluents E1.

a. Constitution du conteneur C-12

Le C-12 est issu d'un affluent PDH E1 (2.048Mb/s). Nous savons que ce multiplex est constitué de trames de 32 octets d'une durée de 125 μs. Comme SDH aussi procède à des découpages de 125 μs, on se retrouve avec des blocs de données de 32 octets. En ajoutant deux octets de sur débit, on obtient le conteneur C-12 de capacité 34 octets. Les deux octets supplémentaires servent à adapter le débit de l'affluent au rythme de l'horloge SDH.



b. Constitution du Conteneur Virtuel VC-12

Après la constitution d'un conteneur C-12, on lui ajoute un identificateur de chemin POH et on obtient un conteneur virtuel VC-12 de capacité 35 octets. L'obligation de disposer de quatre octets POH pour gérer le chemin des Conteneurs rend nécessaire le regroupement des VCs en multitrames de 4 VC, chacun portant un octet de POH.

c. Constitution de l'unité d'affluents TU-12

L'unité d'affluents TU-12 est obtenue en ajoutant un pointeur au VC-12. Là aussi, l'obligation de disposer de 4 pointeurs menés à regrouper les TU-12 en multitrames de 4. Ces pointeurs, comme nous l'avons déjà signalé, permettent de localiser le début du VC par rapport au début de la TU.

d. Organisation matricielle des Unités d'affluents

Pour faciliter la gestion des TUs, on les représente en matrices de 9 lignes, le nombre de colonnes dépend de la capacité de la TU, il y en a quatre pour le cas de TU-12. Cela vient du fait que la trame de base de la SDH (STM-1) est elle-même représentée sur 9 lignes. Un avantage important de cette représentation, est de pouvoir montrer et repérer aisément les octets de données et ceux de service. La transmission se fait ligne après ligne.

e. Le groupe d'unités d'affluents TUG-2

La TUG-2 est généralement constituée de Trois TU-12 multiplexées octet par octet. Elle est donc constituée de 108 octets organisés en une matrice de 12 colonnes.

f. Le Conteneur Virtuel VC-3

Le VC-3 est constitué de 7 TUG-2 multiplexées octet par octet auxquelles on ajoute 9 octets de POH qui sont placés à la première colonne.

g. L'unité Administrative AU-3

L'unité administrative AU-3 reçoit un Conteneur Virtuel VC-3 dans un espace de 9 lignes. On utilise 3 octets de pointage H1, H2 et H3 pour indiquer sa position dans l'AU-3 ces 3 octets sont placés à la 4ème ligne.

h. Le groupe d'unités administratives AUG

Le groupe AUG reçoit Trois AU-3 multiplexées octet par octets.

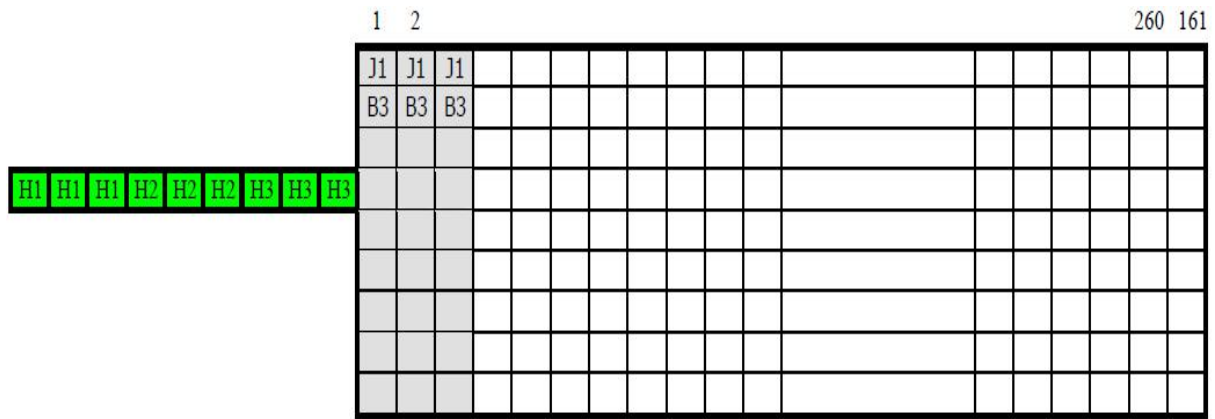


Figure 22 Groupe d'unités administratives

i. La trame STM-1

La trame STM-1 est constituée d'une AUG à laquelle on a ajouté le sur débit RSOH (Regenerator Section Overhead) qui contient les informations utiles aux modules régénérateurs ainsi que le sur débit MSOH (Multiplex Section Overhead) qui contient les informations utiles aux modules de multiplexage.

j. La trame STM-n

Ces trames sont obtenues par multiplexage octet par octets de n trames STM-1

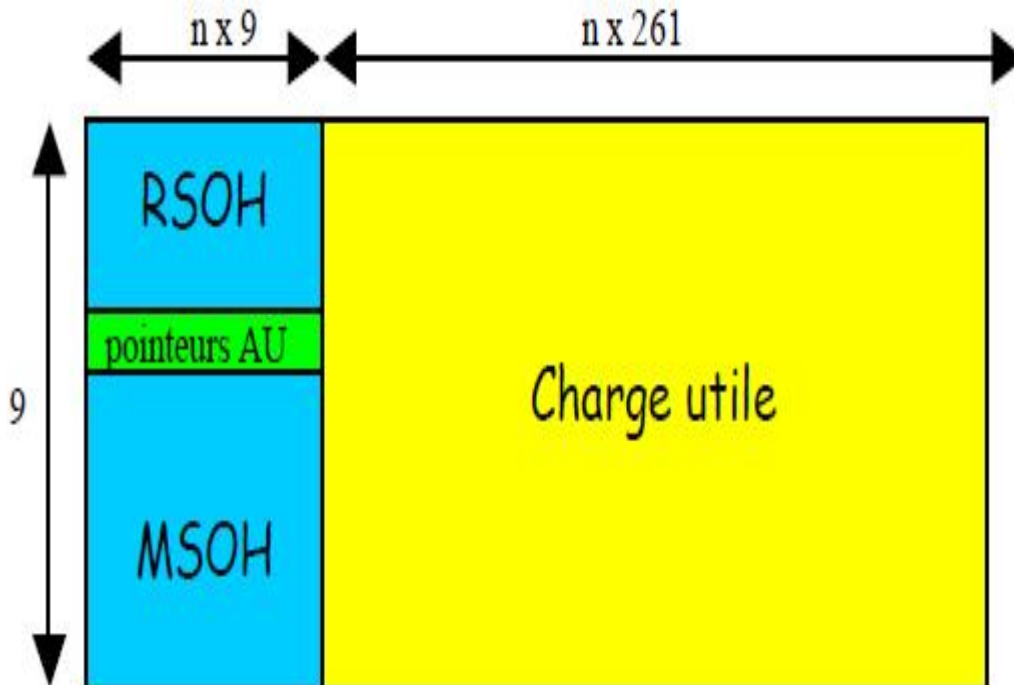
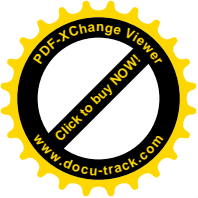


Figure 23 Structure de la trame STM-n



2.6 Conclusion :

Dans ce chapitre on a donné un aperçu sur les faisceaux hertziens en évoquant les différents éléments qui agissent dans les transmissions point à point, comme on a pu détailler le principe des hiérarchies PDH et SDH utilisées notamment dans les réseaux numériques téléphoniques. En effet, si les cœurs de réseaux sont aujourd'hui SDH, la distribution des débits chez l'utilisateur repose sur la hiérarchie plésiochrone.



Chapitre 3 Planification Et Ingénierie Réseau 2G

3.1 INTRODUCTION

L'objectif de la planification est de déterminer le nombre minimal de sites requis pour assurer la couverture d'une zone bien déterminée en fonction des services offerts et du nombre d'abonnés en tenant compte des contraintes de qualité de service. Donc il faudrait atteindre le maximum de couverture avec une capacité optimale tout en maintenant le coût de déploiement le plus faible possible.

Dans ce contexte, il y a quelques opérateurs qui préfèrent réduire le nombre de stations de base plus que réduire la puissance de transmission et ceci pour des raisons de budget. Par contre, d'autres opérateurs préfèrent couvrir la zone d'une manière à réduire la puissance nécessaire dans le sens montant et offrir aux utilisateurs ainsi des services plus consommateurs d'énergie avec une meilleure QoS [24], et ceci au détriment de l'implantation d'un réseau plus cher avec plus de stations de bases et par suite des frais de communication plus élevés.

3.2 Eléments de la problématique

La planification des réseaux mobiles présente beaucoup de défis, c'est un processus itératif composé de plusieurs phases, présentant chacune un degré de complexité différent. Dans le cadre de ce chapitre nous allons s'intéresser à la phase de planification qui consiste à déterminer la topologie d'interconnexion entre les BTS [25] et les BSC [26] via l'interface Abis qui permet de choisir le chemin le plus court possible pour réduire les coûts du réseau et le nombre d'opérations.



3.3 Processus de planification

L'opérateur définit de nouvelles zones à équiper, pour compléter la couverture du territoire, Pour cela, il commande un sous-traitant spécialisé et il définit une zone de quelques kilomètres en zone rurale ou de quelques centaines de mètres en ville où devra se trouver les sites. Il définit aussi les besoins de couverture, la capacité en trafic, les fréquences utilisées (900, 1800, 1900-200 MHz), le processus se déroule comme suit :

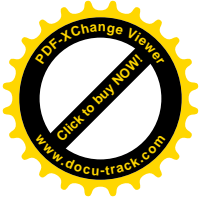
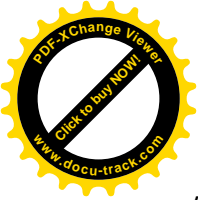
3.3.1 La phase de négociation

Quand des emplacements ont été trouvés, le sous-traitant s'occupe de la négociation avec le propriétaire C'est cette phase la plus délicate, puisque les propriétaires sont très réticents pour accueillir des antennes. Cette négociation dure tout au long de l'étude, et après la visite technique qui définit la position des baies et des antennes, une proposition est faite au propriétaire. Si la négociation s'est bien déroulée, le montant de la location (qui peut aller d'une centaine à un millier d'euros par mois) payé par l'opérateur est fixé et un accord de principe est signé.

3.3.2 La phase d'initialisation (dimensionnement)

elle correspond à l'introduction des sites au niveau de la zone géographique considérée, l'ajustement des paramètres des sites, des secteurs et des cellules selon les contraintes déjà fixé (caractéristiques de l'environnement, et des antennes) .ainsi faire une analyse qui devrait fournir des informations sur la zone géographique utilisé qui sont :

- *Le coût
- *La capacité
- *La couverture
- *Les fréquences utilisées et la qualité du service.



Ainsi on aura besoin d'une demande de trafic c'est-à-dire combien d'abonnés joindront le système et combien de trafic sera produit cela constitue la base de l'ingénierie cellulaire du réseau.

3.3.3 La phase du plan nominal des cellules

Sur la compilation des données reçues de l'analyse du trafic et de couverture, un plan nominal de cellules est produit. Le plan nominal de cellules est une représentation graphique du réseau et ressemble simplement à un modèle de cellules sur une carte. Cependant, beaucoup de travail se trouve derrière lui. Une telle planification a besoin des outils d'analyse assistés par ordinateur et parmi le logiciel de planification on va travailler avec le TEMS LINKPLANNER.

3.3.4 La phase d'enquêtes et mesure par radio

Le plan nominal des cellules a été produit après, radio des mesures sont effectuées afin de vérifier les prévisions de couverture et d'interférence. Les sites et les matériels installés seront visités, une étape critique parce qu'il est nécessaire d'évaluer le vrai environnement pour déterminer s'il est un emplacement approprié en prévoyant un réseau cellulaire.

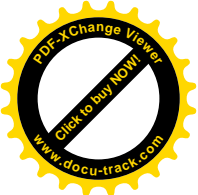
3.3.5 Implémentation

C'est l'installation du système après la planification des cellules et la conception du réseau final.

3.3.6 Système TUNING

Après que le système ait été installé on l'évalue continuellement pour déterminer à quel point il satisfait la demande, ceci s'appelle accord de système, il implique :

- Vérifiant que le plan final des cellules a été mis en application avec succès
- Plaintes d'évaluation de client
- Vérifiant que la performance du réseau est acceptable
- Paramètres changeants et exécution d'autres mesures si nécessaire



3.4 Outil de planification TEMS LINKPLANNER

TEMS LinkPlanner est l'outil d'Ericsson pour la planification de transmission de liaison hertzienne. C'est un outil basé sur PC puissant pour concevoir et optimiser des réseaux de transmission par radio, il soutient la planification intégrée des réseaux point par point et point-à-multipoint. TEMS LinkPlanner inclut des algorithmes avancés tels que les dernières « UIT-recommandations » et d'autres algorithmes par radio bien connus, aussi bien que des algorithmes et des concepts Ericsson-développés pour la planification de transmission par radio. TEMS LinkPlanner possède plusieurs versions nous allons travailler sur la version 6.3.0 qui nécessite une configuration bien requise du système tel que :

- Système d'exploitation Windows® Vista, Windows® XP Professional
- Processeur 2GHz ou plus
- Mémoire 512 MB pour « RAM »
- Disque dur 40 GB

Après avoir installé TEMS LinkPlanner, ce dernier possède multiples caractéristiques :

- Présentations de carte
- Calculs de chemin
- Appui d'attribution des fréquences
- Analyse d'interférence
- Planification point-à-multipoint

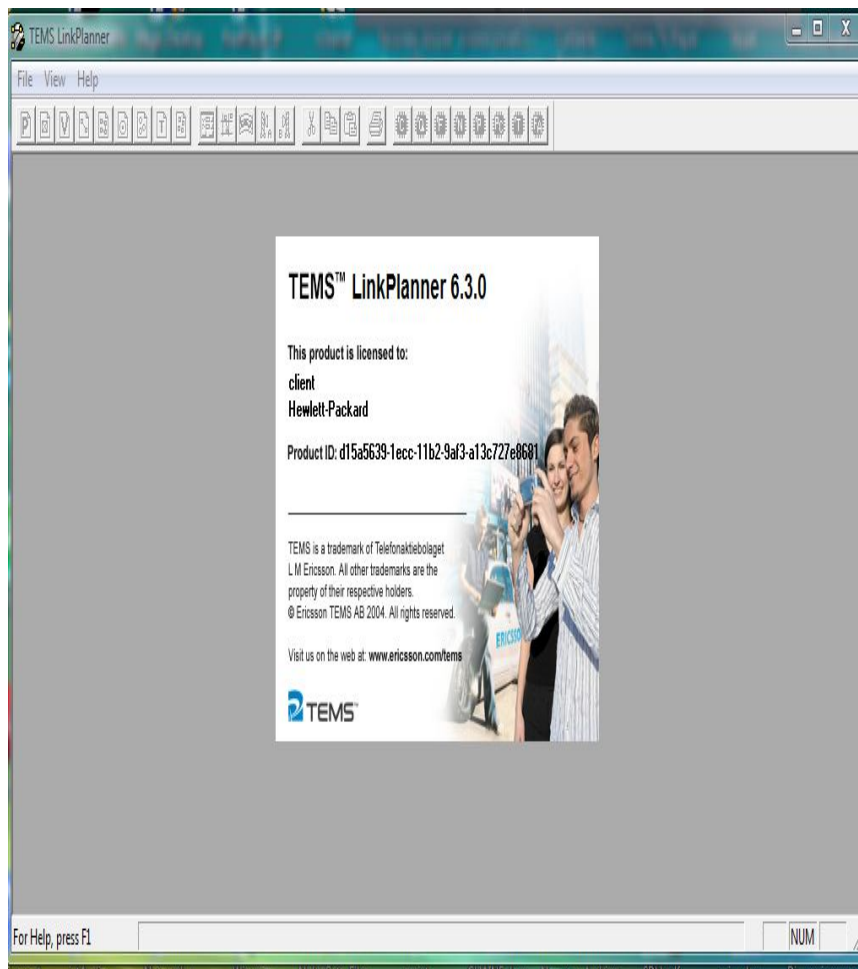


Figure 24 Interface du logiciel TEMS LinkPlanner.

3.5 Description de la zone géographique

La zone à étudier correspond à des secteurs de la wilaya de TIZI OUZOU située dans la région de la Kabylie en plein cœur du massif du Djurdjura Elle est divisée administrativement en 67 communes et 21 dairas. La wilaya de Tizi-Ouzou contient le plus grand nombre de communes en Algérie.

La wilaya de Tizi Ouzou s'étend sur une superficie de 3 568 km². La population résidente telle qu'évaluée lors du recensement de 2008 est de 1 127 607 habitants. La densité atteint 381,21 habitants au km².

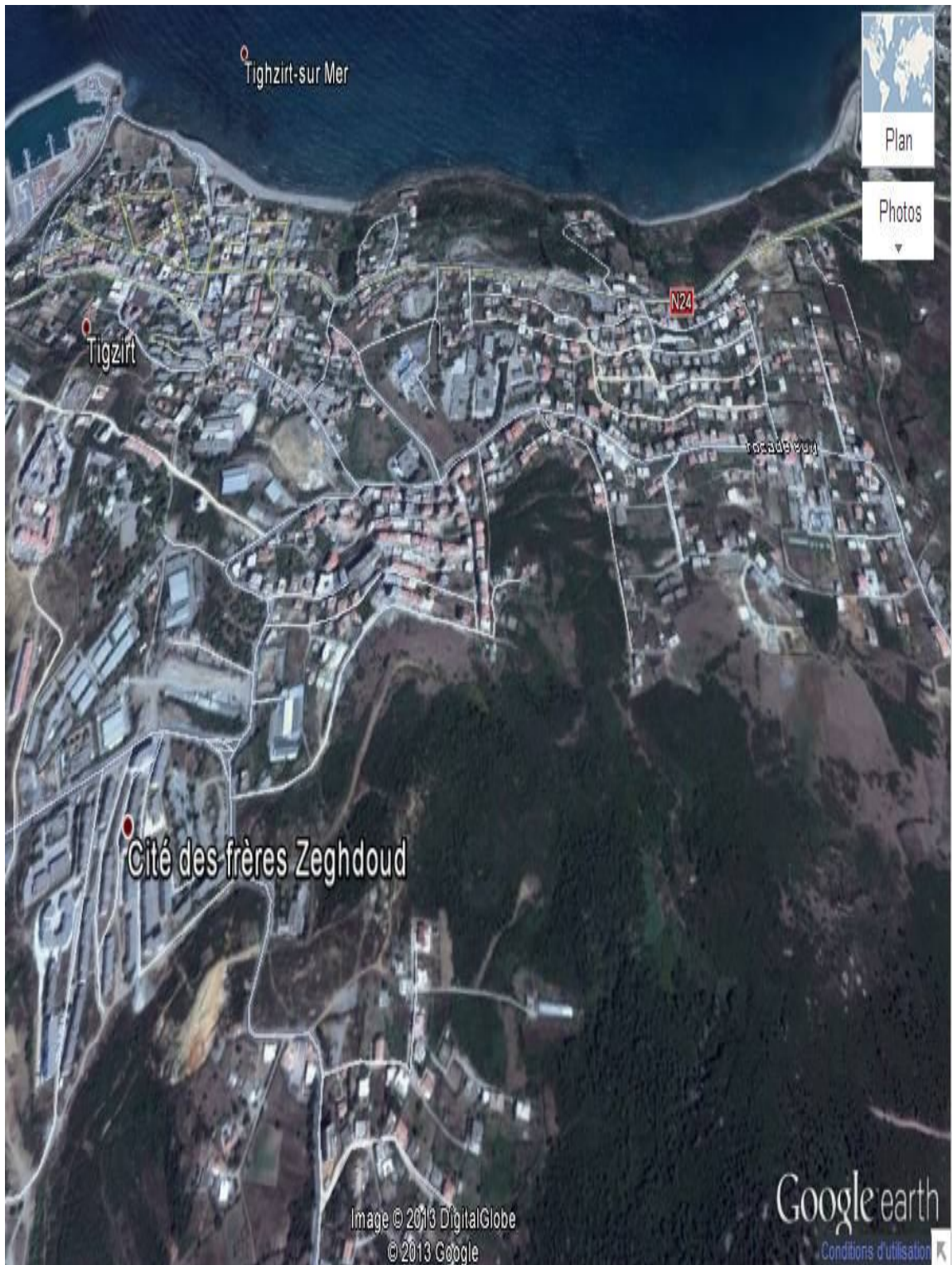
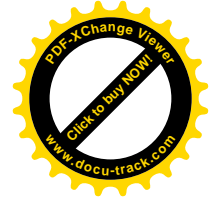
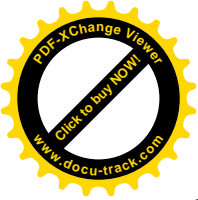


Figure 25 vu satellitaire de la Willaya de TIZI OUZOU avant planification



3.6 Composition d'un site

Nous allons voir dans cette partie les caractéristiques principales d'un site GSM [27], ainsi que sa composition, d'une manière assez simplifiée.

3.6.1 Antennes

Les antennes sont les composantes les plus visibles, On les voit un peu partout, souvent sur des hauts pylônes, sur des toits d'immeubles, contre des murs, à l'intérieur des bâtiments, il arrive assez souvent qu'elles soient invisibles pour des raisons esthétiques. Ces antennes permettent de réaliser les différentes liaisons sur le réseau.

3.6.2 Fréquences d'utilisation

La caractéristique la plus importante d'une antenne, aussi appelée aérien, est la bande de fréquences supportée ; c'est-à-dire les fréquences que l'antenne pourra émettre et recevoir. Sur les sites, on trouve des antennes qui émettent seulement en 900 MHz ou seulement en 1800 MHz ou des antennes bi-bandes 900 et 1800 on trouve aussi des antennes bi-modes (GSM et UMTS) qui sont bi-bandes ou bien même tri-bandes (900,1800 & 1900-2200 MHz), qui sont des antennes qui servent à la fois pour le GSM en 900 et 1800 mais aussi pour l'UMTS en 1900-2200 MHz.

3.6.3 Directivité

La deuxième caractéristique importante est la directivité sur le plan horizontal, c'est en fait là où les direction(s) dans laquelle l'antenne va émettre. Il existe deux grands types de directivités pour les antennes :

a-Omnidirectionnelle : Elles sont assez peu répandues. Lors de l'utilisation pour des macros cellules, elles ressemblent à des brins d'environ 2 m de haut et 5 cm de diamètre, alors que pour les micros cellules, ce sont des brins de 40 cm de haut et 2 à 3 cm de diamètre. Ces antennes-brins sont omnidirectionnelles, elles émettent de manière égale dans toutes les directions. Pour la macro cellules, les sites comportent souvent deux à trois antennes omnidirectionnelles.

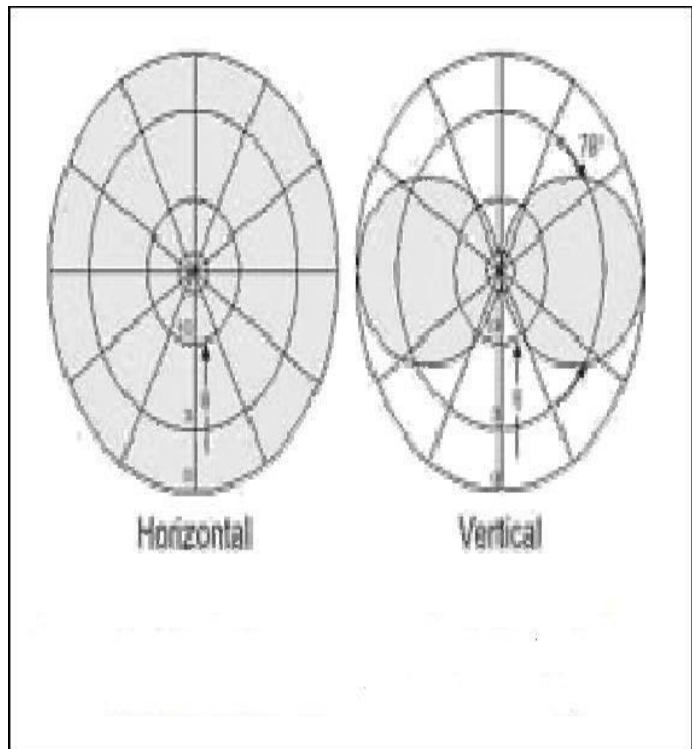


Figure 26 *Diagramme de rayonnement antenne-brin omnidirectionnelle.*

Comme on peut le voir sur ces diagrammes, l'antenne émet dans toutes les directions sur le plan horizontal, et dans deux directions principales sur le plan vertical.

b-Directionnelle : Elles représentent la quasi-totalité des antennes utilisées. Lors de l'utilisation pour la couverture des macros cellules, elles ressemblent à des panneaux de couleur beige ou blanche d'environ 2 m de haut, 20 cm de large et 10 cm d'épaisseur, alors que pour les micros cellules, ce sont des petits panneaux d'une vingtaine de centimètres de haut, 10 cm de large et quelques centimètres d'épaisseur.

Ces antennes-panneaux sont directionnelles, elles émettent seulement dans la direction dans laquelle elles sont orientées, ce qui permet de limiter le champ de propagation d'une fréquence pour pouvoir ainsi de la réutiliser à une distance proche, sans risque de brouillage. Les relais sont souvent composés de trois antennes-panneaux orientées à environ 120° l'une de l'autre, de manière à couvrir sur 360°.

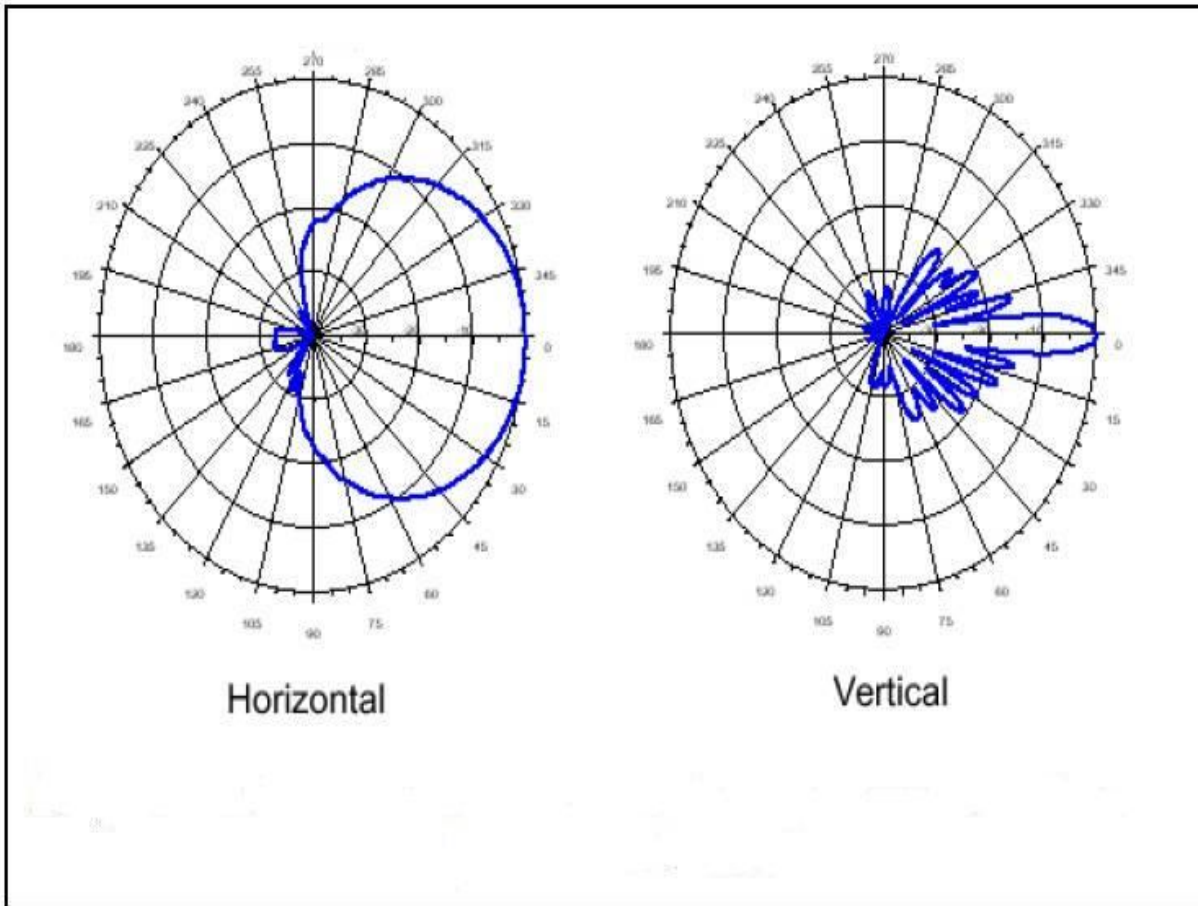


Figure 27 *Diagramme de rayonnement d'une antenne-panneau directionnelle.*

On peut constater sur le plan horizontal que l'antenne-panneau émet à forte puissance vers l'avant, et avec une puissance faible derrière elle. On remarque sur le plan vertical, que l'antenne émet avec une puissance faible au-dessus et au-dessous, mais avec une puissance beaucoup plus importante devant elle.

3.6.4 Azimut

Chaque antenne est dirigée dans une direction déterminée par des simulations, de manière à couvrir exactement la zone définie. La direction principale de propagation de l'antenne, c'est-à-dire la direction dans laquelle l'antenne émet à sa puissance la plus importante est dirigée dans l'azimut établi. L'azimut est un angle qui se compte en degrés, positivement dans le sens horaire, en partant du nord (0°). De cette façon, l'azimut 90° correspond à l'est, l'azimut 180° au sud.

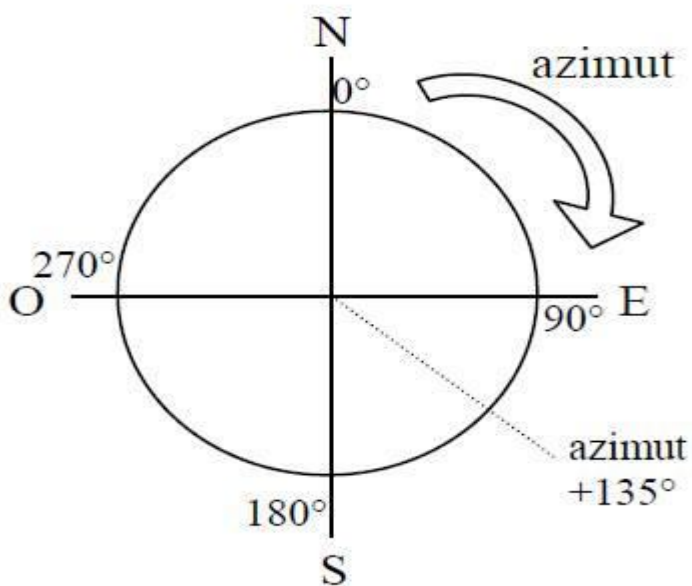


Figure 28 repérages d'AZIMUT.

3.6.5 Tilt

Tout comme l'azimut, le tilt (ou down-tilt) est laissé à la discrétion des installateurs d'antennes qui les orientent selon les recommandations de l'opérateur. Le tilt est l'angle d'inclinaison (en degrés) de l'azimut du lobe principal de l'antenne dans le plan vertical. Le diagramme de rayonnement d'une antenne avec un tilt positif sera dirigé vers le haut, alors qu'un tilt négatif fera pointer l'antenne vers le bas.

Il existe deux types de tilt :

- Mécanique : il suffit de relever légèrement l'antenne sur son support, pour qu'elle soit Dirigée dans la direction souhaitée.
- électrique : réglage d'environ 2 à 10°, en tournant une partie mécanique à l'arrière de L'antenne qui joue sur le déphasage des signaux dans les différents dipôles constituant l'antenne.



Figure 29 Antenne directionnelle avec Tilt positif.



Figure 30 Antenne directionnelle avec Tilt négatif.

3.6.7 Base Transceiver Station

La BTS est le premier élément électronique actif du réseau GSM, vu par le mobile. C'est l'élément intermédiaire entre le BSC qui reçoit des informations, donne des ordres et le mobile qui les exécute, elle est composée d'une baie (grande armoire métallique) modulaire avec des emplacements disponibles pour enficher des cartes électroniques

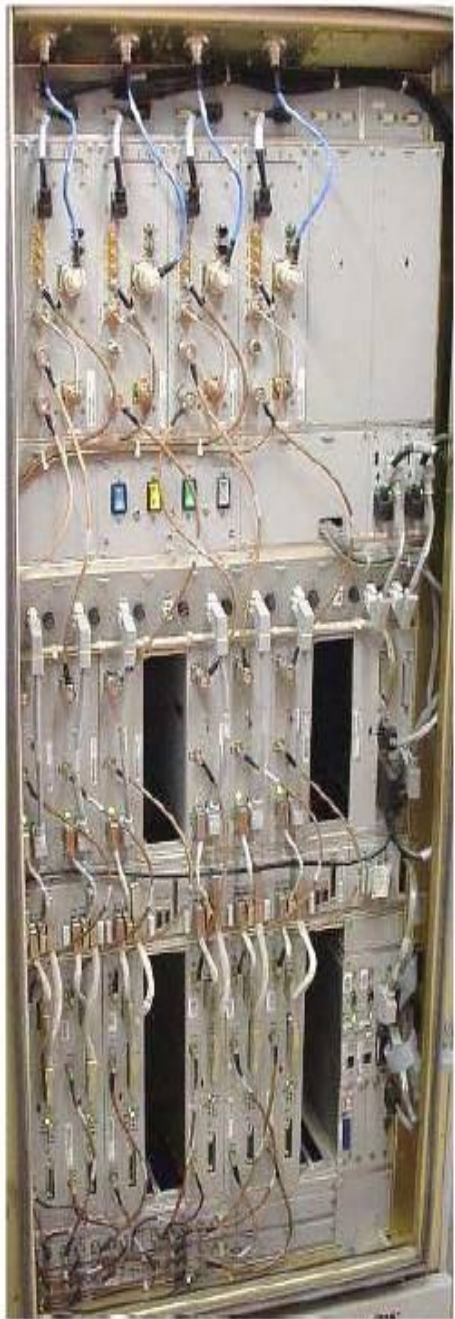


Figure 31 Baies Nortel Networks S8000 vues de l'extérieur et de l'intérieur.

3.7 LANCEMENT DU SIMULATEUR TEMS LINKPLANNER

3.7.1 PARAMÈTRES PAR DÉFAUT

Avant de commencer à faire notre premier projet, nous devons régler les paramètres de défaut dans TEMS LinkPlanner, pour cela on sélectionne "Define-Default Parameters " une fenêtre apparaît sur l'écran



Figure 32 Paramètres par default.

Par la suite, on clique sur " **New**" et on va créer des nouveaux paramètres on va nommer le fichier "Algeria_North" les paramètres, sont donnés par l'opérateur MoBilis et sont confidentiels.

3.7.2 GEO DATABASE

Pour cette manipule nous devons créer une base de donnée "Geo Database", pour cela ils nous ont confié des informations et des bases de données spécifiques et très confidentielles pour la société MOBILIS. On sélectionne " **Define-Geo database** " sur le menu une fenêtre apparaît sur l'écran comme le montre la figure ci-dessous et on va créer une nouvelle base de donnée qui se nomme Algeria

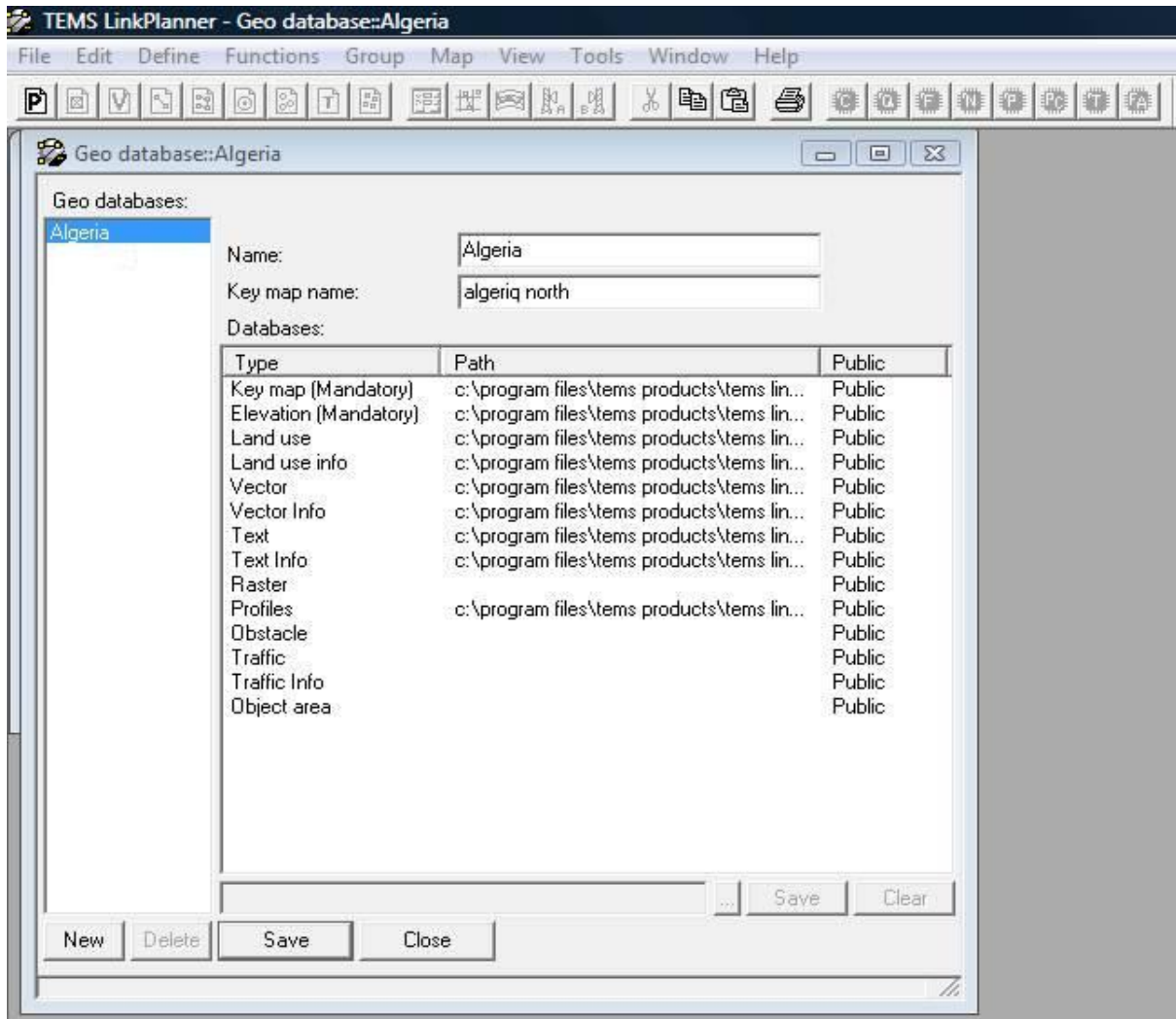
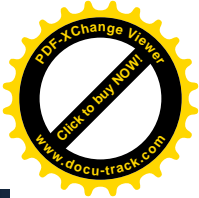
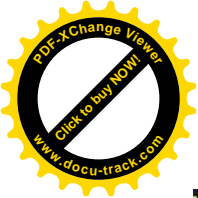


Figure 33 Geo DataBase.

Par la suite on doit remplir chaque type de paramètres par le fichier qui lui convient afin de pouvoir passer à l'étape suivante.

Remarque : si on n'a pas une base de données spécifique on peut s'en servir de celle du logiciel "Demo-DataBase."

3.7.3 Création d'un nouveau projet

On sélectionne " **File-New-Project**" sur le menu une fenêtre apparait comme le montre la figure ci-dessous

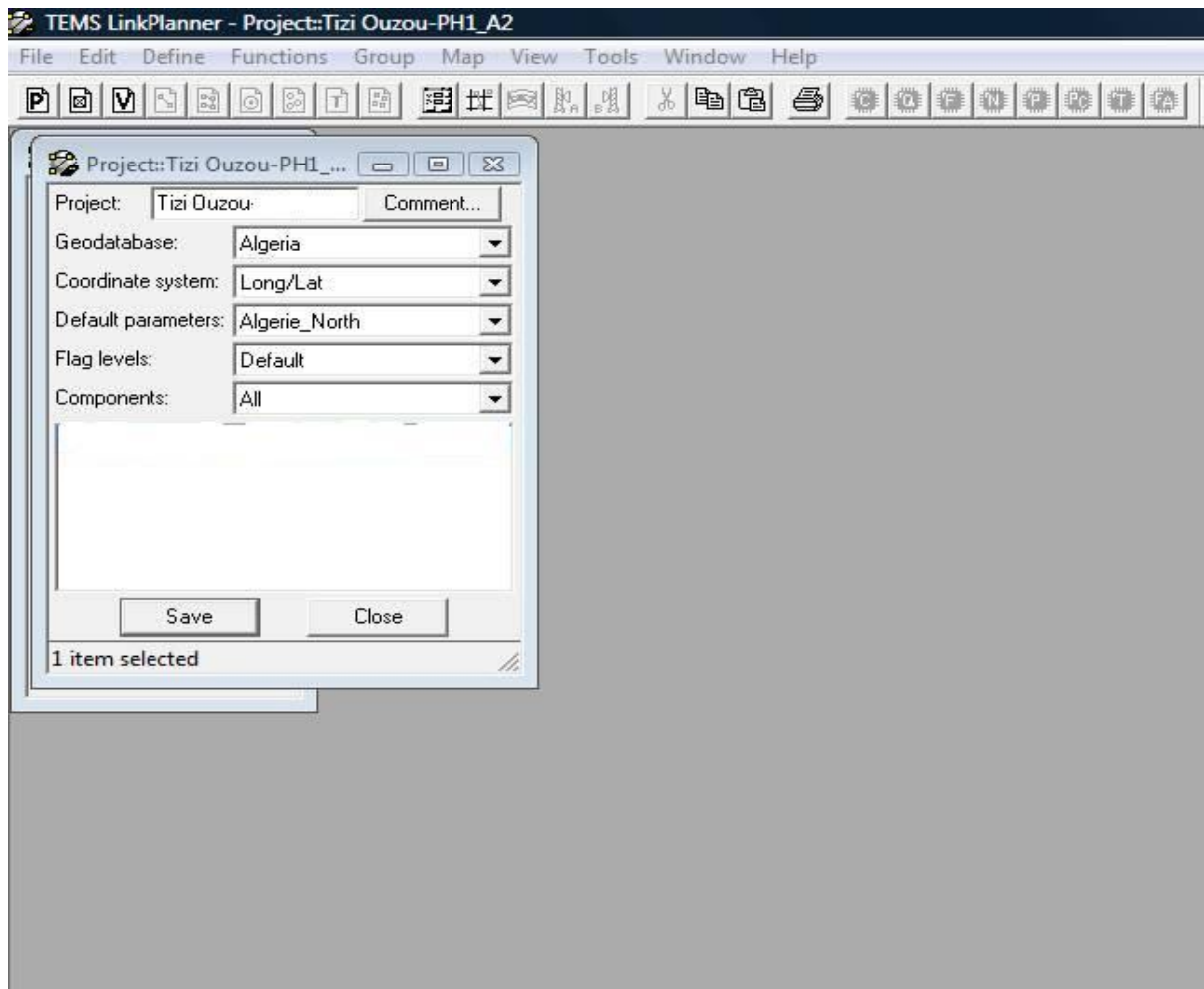


Figure 34 Projet TIZI OUZOU.

On va nommer notre projet " Tizi Ouzou" et on clique sur la case Geo DataBase pour sélectionner " Algeria", on fait la même chose sur la case Default paramètres pour sélectionner " Algerie_North".

3.7.4 Version

Un projet peut se composer de plusieurs versions. Les versions peuvent être les solutions de rechange à une certaine tâche de planification.

3.7.5 Création d'une nouvelle version

Il est nécessaire de créer une version qui va nous permettre par la suite d'ouvrir la carte de planification pour cela on ouvre notre projet " Tizi Ouzou" et on sélectionne " **File-New-Version** " sur le menu une fenêtre apparaît sur l'écran comme nous montre la figure ci-dessous, puis on va la nommer " Tizi_Date"

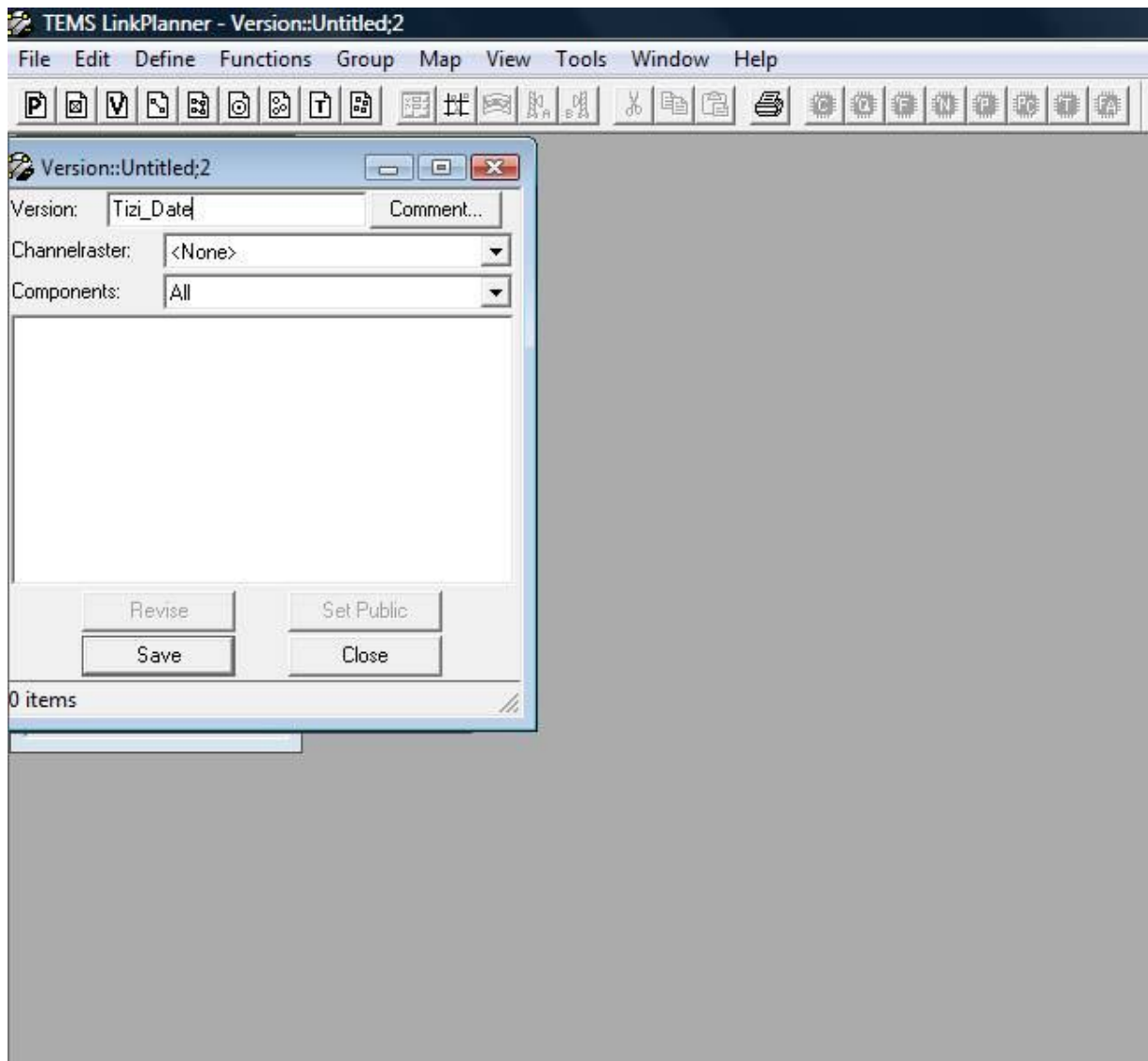
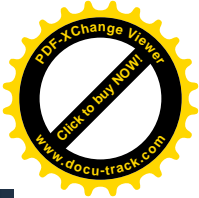
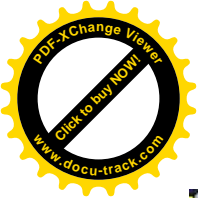



Figure 35 Version Tizi_Date.

3.7.6 Ouverture de la carte de planification

Pour ouvrir la carte de planification on doit sélectionner notre Version " Tizi Ouzou"

puis cliquer sur l'icône  qui se trouve sur le menu une fenêtre blanche va apparaitre à l'écran sur laquelle on va faire nos premiers pas vers la planification des sites la figure ci-dessous nous le montre

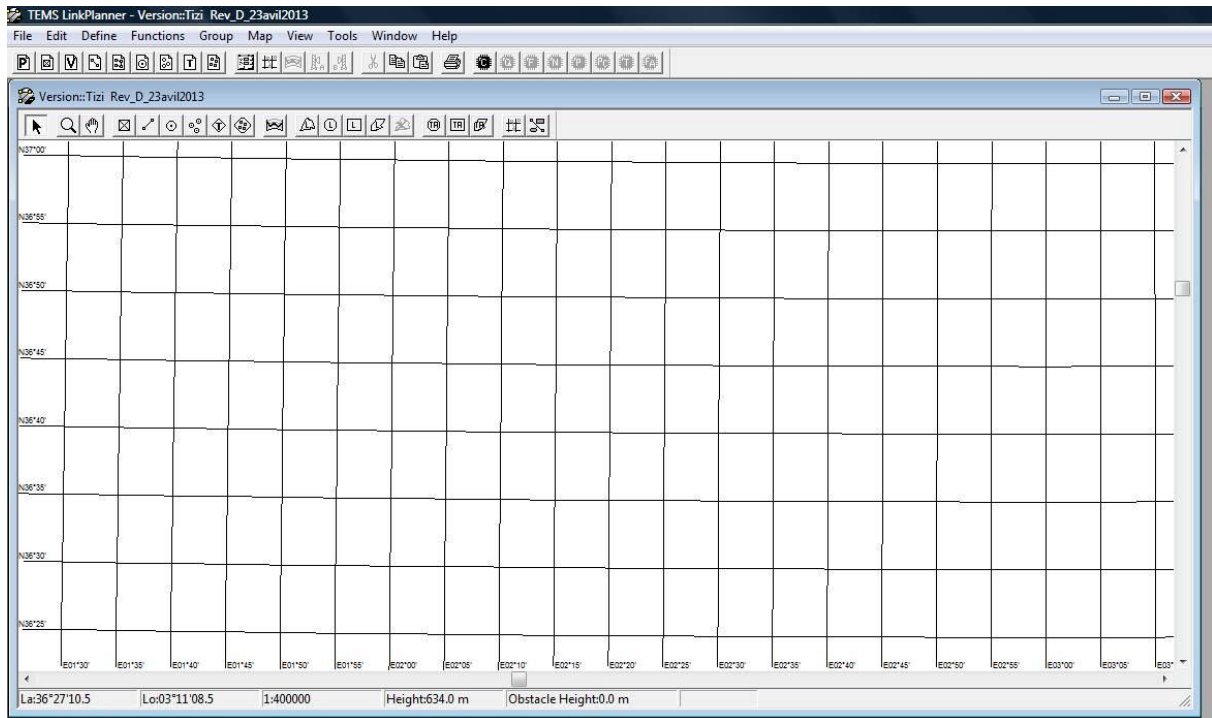
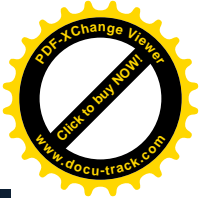
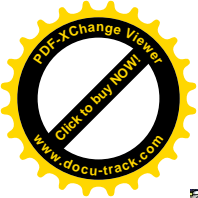


Figure 36 Fenêtre de planification.

3.7.7 Barre D'outils de la planification

La barre d'outils est toujours reliée à une Version spécifique elle possède plusieurs fonctions qui sont disponible sous forme de boutons comme le montre la figure ci-dessous

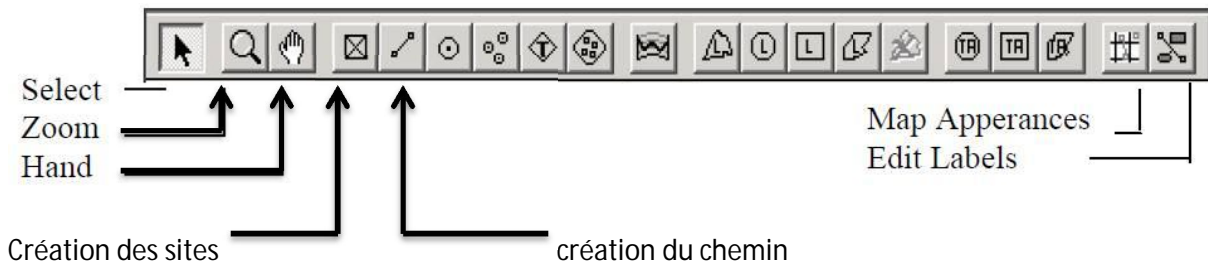



Figure 37 Barre D'outils de la planification.

3.7.8 Création d'un site

Un site peut être créé seulement quand une Version d'un projet est ouverte.

Ce dernier peut être créé de deux manières différentes :

- 1- En cliquant directement sur la carte en utilisant l'outil de création des sites 
- 2- En sélectionnant le Dossier nouveau-site dans le menu.

Pour cela on va créer deux sites et on va les nommer de manière bien précise afin de faire une liaison entre les deux sites et les paramétré la figure ci-dessous nous le montre.

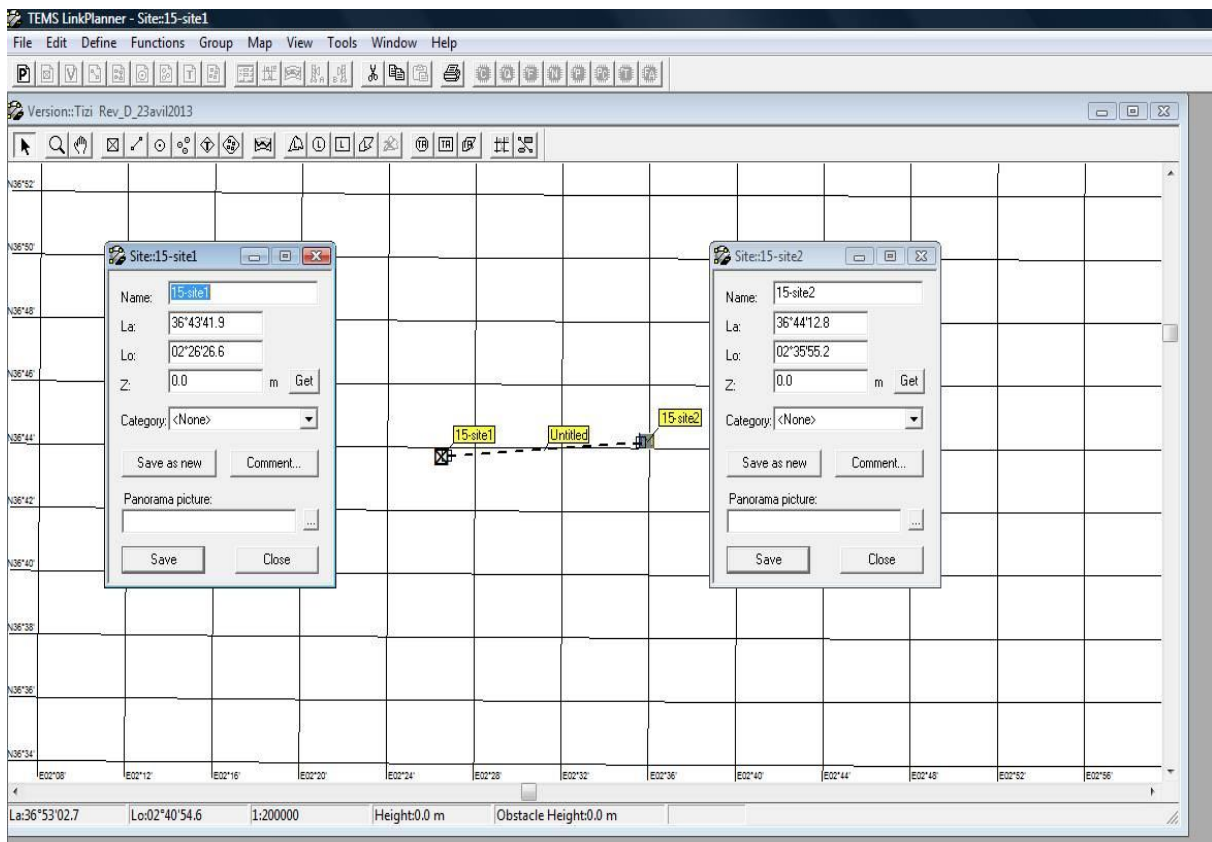


Figure 38 créations des sites.

Comme le montre la figure les deux sites sont créés et une liaison est faite pour les relier mais elle n'est pas encore active pour cela il faut l'a configurer.

Les paramètres des deux sites :

- 1- Le nom du site qui doit commencer par le numéro de la Willaya concernée
- 2- L'altitude et longitude et l'Azimut qui sont donnés grâce au GPRS

3.7.9 Configuration Du PATH entre les deux sites

Après avoir créé une liaison entre les deux sites cette dernière doit être configurée et activée pour la mise en marche la figure ci-dessous nous montre les différents paramètres à régler :

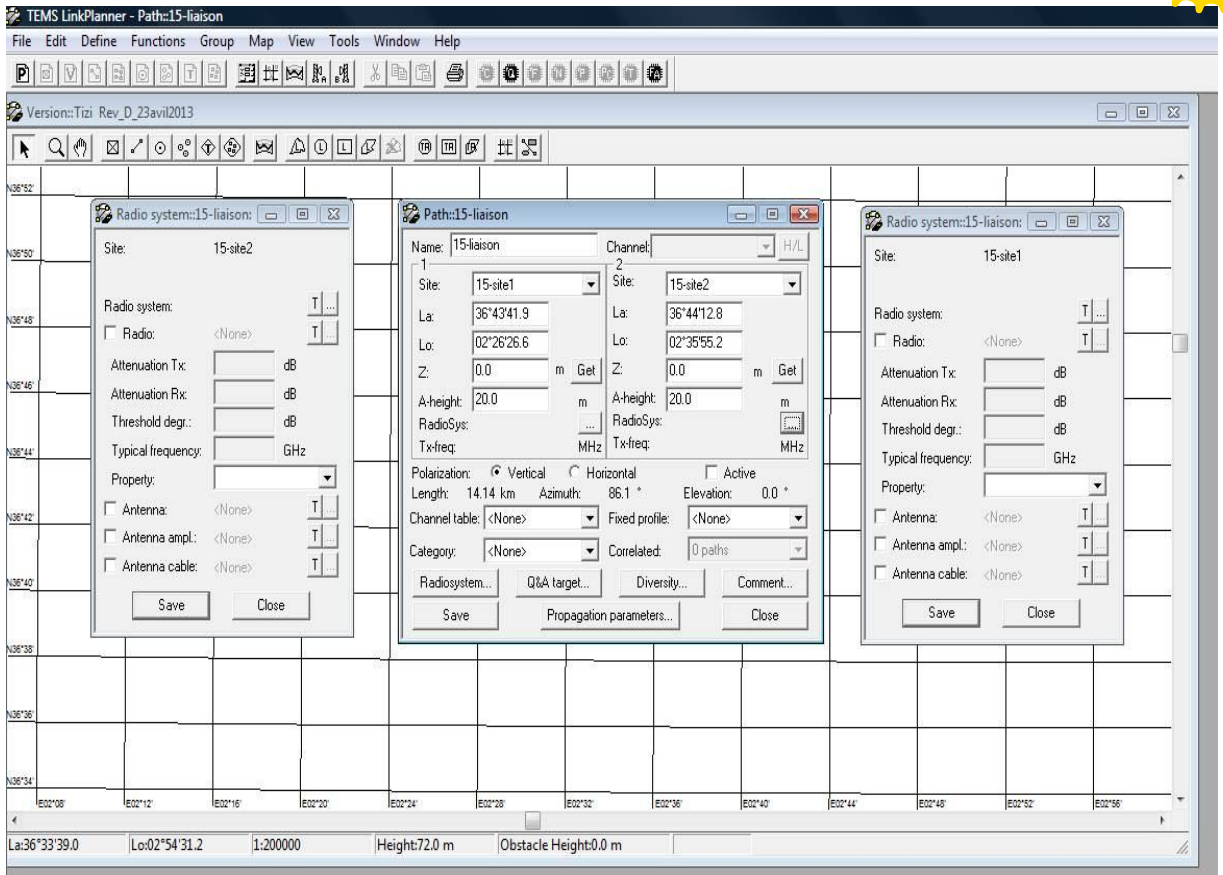


Figure 39 configuration du PATH.

En cliquant deux fois sur la ligne qui relie les deux sites une fenêtre apparait sur notre écran

Les paramètres de cette ligne sont :

- 1- Le nom de la liaison
- 2- Les deux sites 1 et 2 avec leurs altitudes et longitude et l'azimut
- 3- Radio fréquence, pour cela on clique dessus et une autre fenêtre apparait et là on doit choisir nos équipements et les fréquences utilisées et les systèmes de sécurité exemple : ATM/38/17x2/1+1
- 4- Type d'antennes utilisé et là aussi tout dépend de la distance entre les sites et la fréquence utilisée.

Après avoir rempli tous les paramètres, on enregistre les modifications et il suffit de cliquer à droite pour activer le PATH.

3.8 PATH PROFILE

Le PATH profile nous permet de voir s'il y a une visibilité directe ou pas entre les deux stations voir aussi s'il y a des obstacles et aussi la distance entre les deux sites, comme le montre la figure ci-dessous.

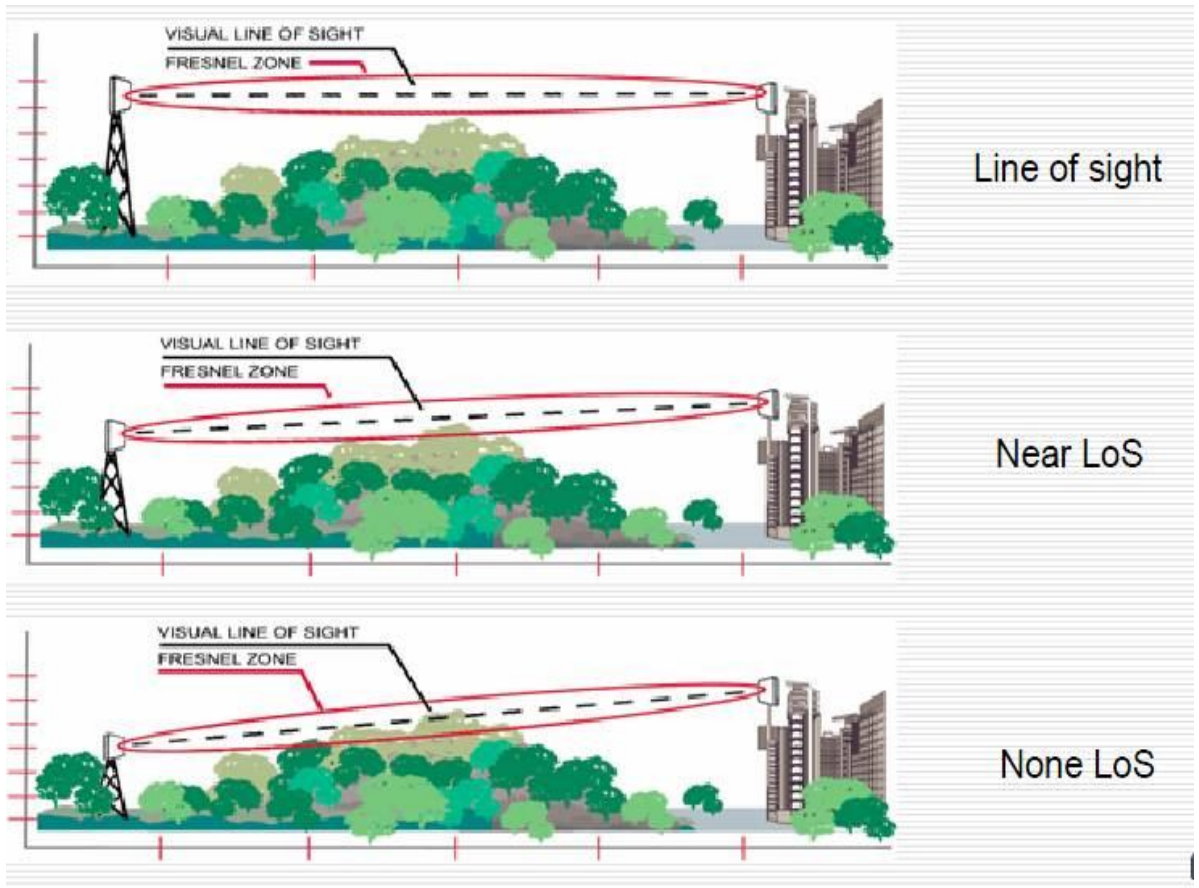


Figure 40 LOS [28].

3.8.1 Facteur K

Le K-facteur prend en compte la réfractivité dans l'atmosphère qui plie le rayon (la poutre) en haut ou en bas

$$K = \text{rayon efficace de la terre/véritable rayon de la terre}$$

En effet, le recourbement du faisceau l'un ou l'autre en haut ou en bas fait apparaître comme si le rayon de la terre est inférieur ou supérieure au vrai rayon quand le $K > 1$ cela veut dire que le faisceau est pliés vers la terre et quand le $K < 1$ cela signifie que le faisceau est plié vers le haut

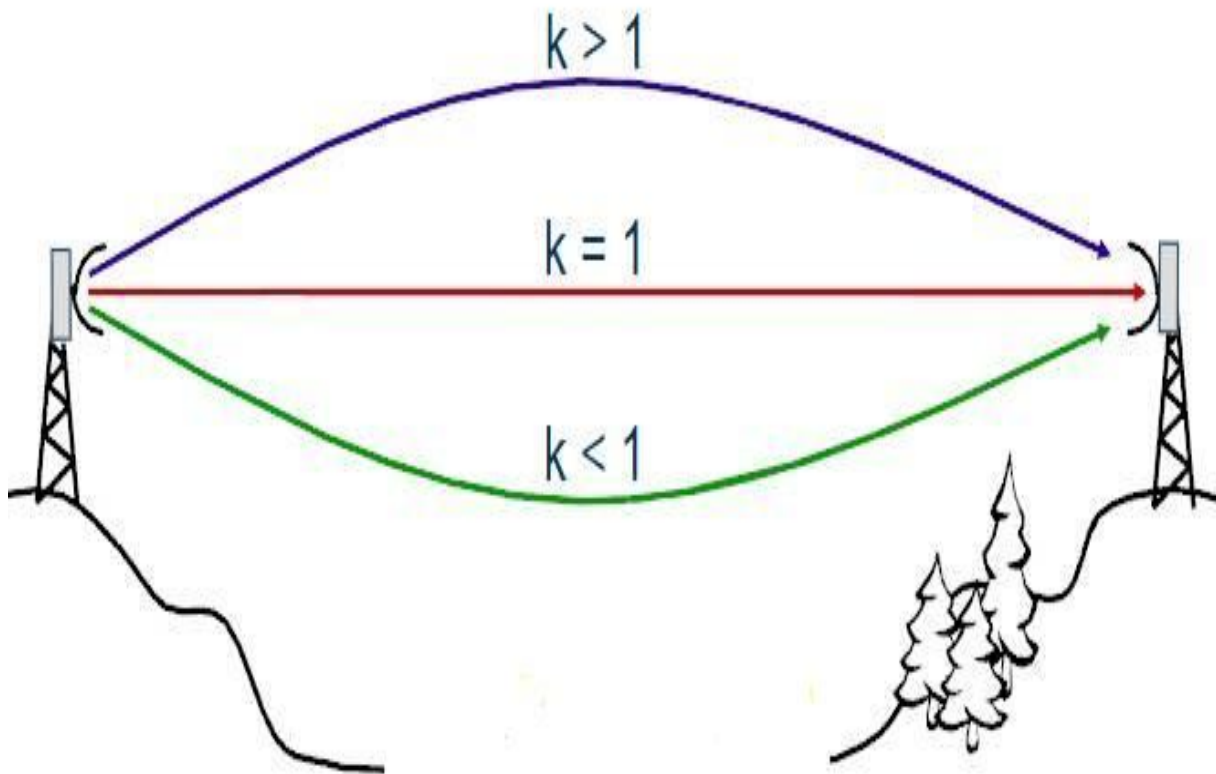


Figure 41 Facteur K.

- Pour $K > 1$, l'horizon radio est plus long que l'horizon optique, ce qui permet des tours plus courtes
- Pour K (4/3) ou bien 1.33 ce cas est utilisé dans la plus part des planifications des liens
- Pour $K < 0.5$ cela est utilisé dans des régions humides et côtières.

Pour ouvrir le path profile il faut cliquer à droite sur la ligne de liaison et on sélectionne " open PATH profile" la figure ci-dessous nous le montre.

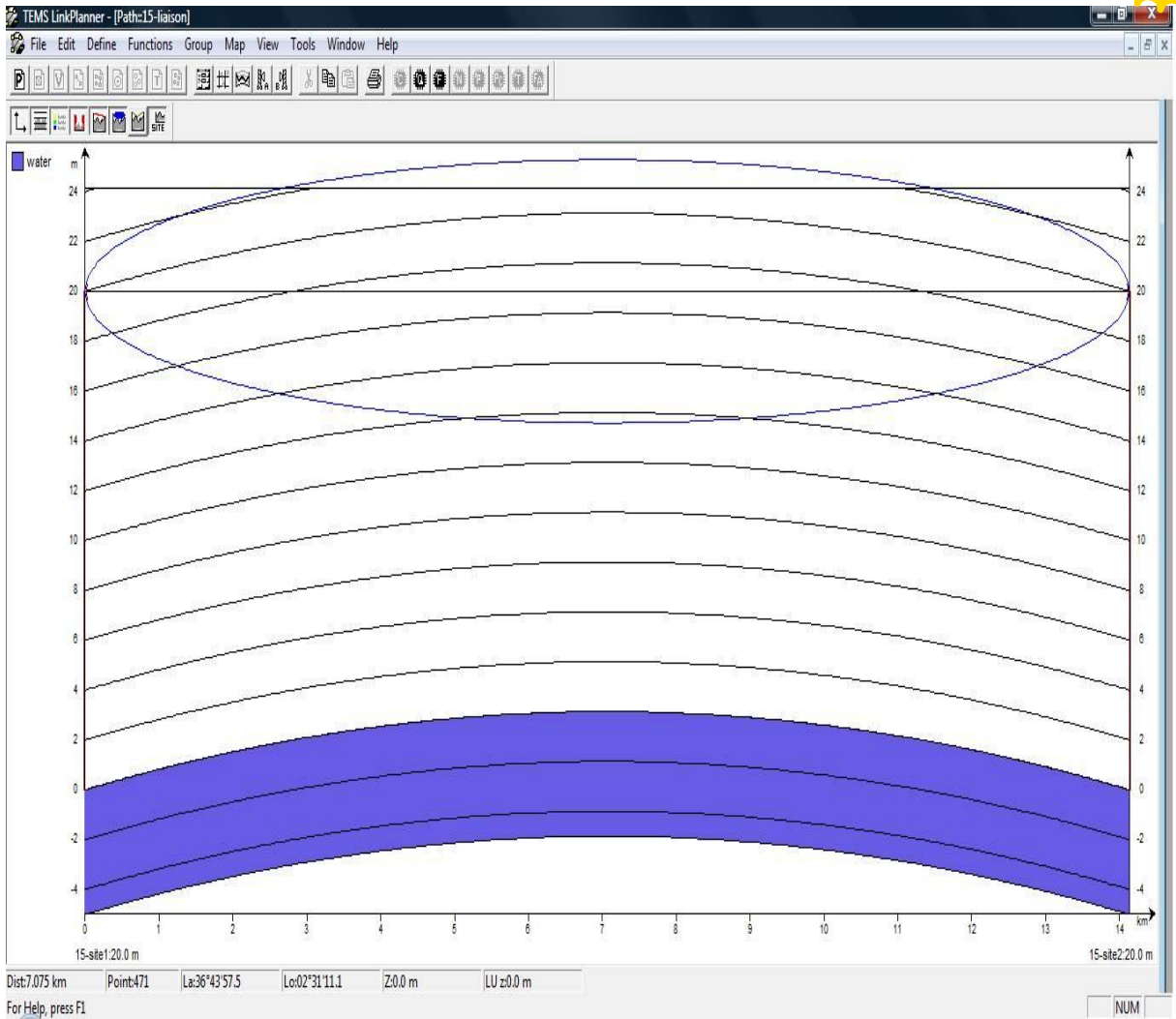

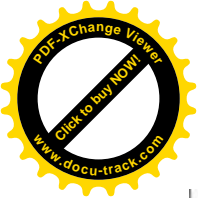


Figure 42 PATH profile.

Sur notre cas, entre les deux stations il y a une rivière et on remarque qu'il n'y a pas d'obstacle et on voit bien qu'il y'a une visibilité directe, la distance entre les deux stations est de 14Km et le diagramme de rayonnement est vertical.

3.8.2 PATH CALCULATION

Le calcul de chemin signifie calculer le niveau de signal reçu, les pertes et la marge et ainsi la qualité et la disponibilité. En calculant la qualité de chemin le profil de chemin est d'importance essentielle, le calcul de qualité de chemin se fait en cliquant directement sur la carte en utilisant l'icône de "Calculate-Path quality"  la figure ci-dessous nous le montre



Path: 15-liaison

| | | | |
|----------------|----------|--|-----------|
| Losses: | | Signal levels (BER>10⁻⁶): | |
| Free space: | 147.1 dB | Rec. sign. level: | -49.7 dBm |
| Obstacle: | 0.0 dB | Fade margin: | 27.3 dB |
| Gas: | 2.0 dB | Threshold degr. uncorr: | 0.0 dB |
| Path loss: | 66.7 dB | Eff. fade margin uncorr: | 27.3 dB |
| | | Threshold degr. corr: | 0.0 dB |
| | | Eff. fade margin corr: | 27.3 dB |

| | | | |
|---|--------------|---|---------------|
| Probability that BER>10⁻⁶ (worst month): | | Probability that BER>10⁻⁶ (worst month): | |
| Multipath | | Multipath | |
| Flat: | 0.10757819 % | Flat: | 47.11925 min |
| Freq. selective: | 0.00004675 % | Freq. selective: | 0.02048 min |
| Total: | 0.10762494 % | Total: | 47.13972 min |
| Refraction: | 0.00216318 % | Refraction: | 0.94747 min |
| Rain: | 0.16317031 % | Rain: | 71.46859 min |
| Total performance: | | Total performance: | |
| Worst month: | 0.27295842 % | Worst month: | 119.55579 min |
| Year: | 0.06074433 % | Year: | 319.27218 min |

Quality and Availability based on ITU-T Rec.-

| | Calculated | Target | Normalized |
|----------------------------------|--------------|-----------------|------------|
| ESR (worst month): | - | - | - |
| SESR (worst month): | 0.0006195153 | - | - |
| BBER (worst month): | - | - | - |
| Unavailability: | | | |
| UATR (year) | | | |
| Wave prop. : | 0.0003068207 | - | - |
| Hardware: | 0.0000053720 | - | - |
| Total: | 0.0003121927 | - | - |
| G.826 related attributes: | | | |
| Br: - | Iref: - | Route length: - | |
| A1: - | B1: - | C1: - | |
| Rate:- | | | |

Ericsson TEM S LinkPlanner

For Help, press F1

Figure 43 PATH Quality1.

Le bilan de liaison montré sur le TEMS nous indique le signal reçu RSL (Rec Signal Level)

Qui se calcul avec la formule suivante :



$$RSL = P_0 - L_{tx} + G_{atx} - FSL - MFM - RA - L_{rc} + G_{rc} - L_m$$

P_0 = Puissance de sortie de l'émetteur (dBm)

L_{tx} = Les pertes entre l'émetteur et son antenne (dB)

G_{atx} = Gain de l'antenne d'émission (dBi)

FSL = Affaiblissement en espace libre (dB)

MFM = Marge d'évanouissement par trajets multiples (dB)

RA = Affaiblissement dû à la pluie (dB)

L_{rc} = les pertes entre le récepteur et son antenne (dB)

G_{rc} = Gain de l'antenne de réception (dBi)

L_m = Pertes diverses (dB)

Comme on peut le voir sur la figure le signal reçu est de -49.7 dB pour dire qu'on a reçu un bon signal il faut que ce dernier soit dans un intervalle de $-50\text{dB} < RSL < -30\text{dB}$, pour la marge c'est la différence entre le niveau d'entrée nominal et le niveau de seuil du récepteur (Threshold) reçu du bilan de liaison, elle est calculée suivant la formule suivante :

$$FM = \text{puissance reçue} - \text{Seuil du récepteur}$$

La valeur de la marge est d'environ 27.3dB



| Site: 15-site1 | | Site: 15-site2 | |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Tx Site: 15-site2 | | Rx Site: 15-site1 | |
| Site data: | | Site data: | |
| La: | 36°43'41.9 | La: | 36°44'12.8 |
| Lo: | 02°26'26.6 | Lo: | 02°35'55.2 |
| Path length: | 14.14 km | | |
| Ground level: | 0.0 m | Ground level: | 0.0 m |
| Antenna height | | Antenna height | |
| above gr. lev. (1): | 20.0 m | above gr. lev. (1): | 20.0 m |
| above gr. lev. (2): | <None> | above gr. lev. (2): | <None> |
| Path azimuth: | 86.10 ° | Path azimuth: | 266.19 ° |
| Radio related data: | | Radio related data: | |
| Radio system: | ATM/38/4x2/1+1/0.6m | Radio system: | ATM/38/4x2/1+1/0.6m |
| Radio: | ATM_ML38E 4X2 ST/RAU2 | Radio: | ATM_ML38E 4X2 ST/RAU2 |
| Capacity: | 8.00 Mbit/s | | |
| Frequency: | 38.00 GHz | | |
| Output power: | 17.0 dBm | Output power: | 17.0 dBm |
| Receiver threshold (primary) | | Receiver threshold (primary) | |
| at BER 10 ⁻⁶ : | -77.0 dBm | at BER 10 ⁻⁶ : | -77.0 dBm |
| Receiver threshold (secondary) | | Receiver threshold (secondary) | |
| at BER 10 ⁻⁸ : | -81.0 dBm | at BER 10 ⁻⁸ : | -81.0 dBm |
| Effective radiated power: | 28.2 dBW | Effective radiated power: | 28.2 dBW |
| Channel/Duplex index: | <None> | | |
| Frequency, Tx: | <None> | Frequency, Tx: | <None> |
| Antenna data: | | Antenna data: | |
| Antenna type: | ML38/2 0.6m HP Co | Antenna type: | ML38/2 0.6m HP Co |
| Antenna gain: | 44.3 dBi | Antenna gain: | 44.3 dBi |
| Polarization: | Vertical | | |
| Antenna azimuth: | 86.10 ° | Antenna azimuth: | 266.19 ° |
| Auto azimuth calc.: | Yes | Auto azimuth calc.: | Yes |
| Antenna tilt: | 0.00 ° | Antenna tilt: | 0.00 ° |
| Auto tilt calc.: | Yes | Auto tilt calc.: | Yes |
| Antenna amplifier: | <None> | Antenna amplifier: | <None> |
| Output power: | <None> | Output power: | <None> |
| Receiver gain: | <None> | Receiver gain: | <None> |
| Transmission line | | Transmission line | |
| type: | ML38 0.65m Asy | type: | ML38 0.65m Asy |
| length: | 0.7 m | length: | 0.7 m |
| loss: | 3.1 dB | loss: | 3.1 dB |

Figure 44 PATH Quality2.

Comme le montre la figure le deuxième bilan nous indique tous les paramètres des deux sites et de la liaison ainsi que les équipements utilisés.

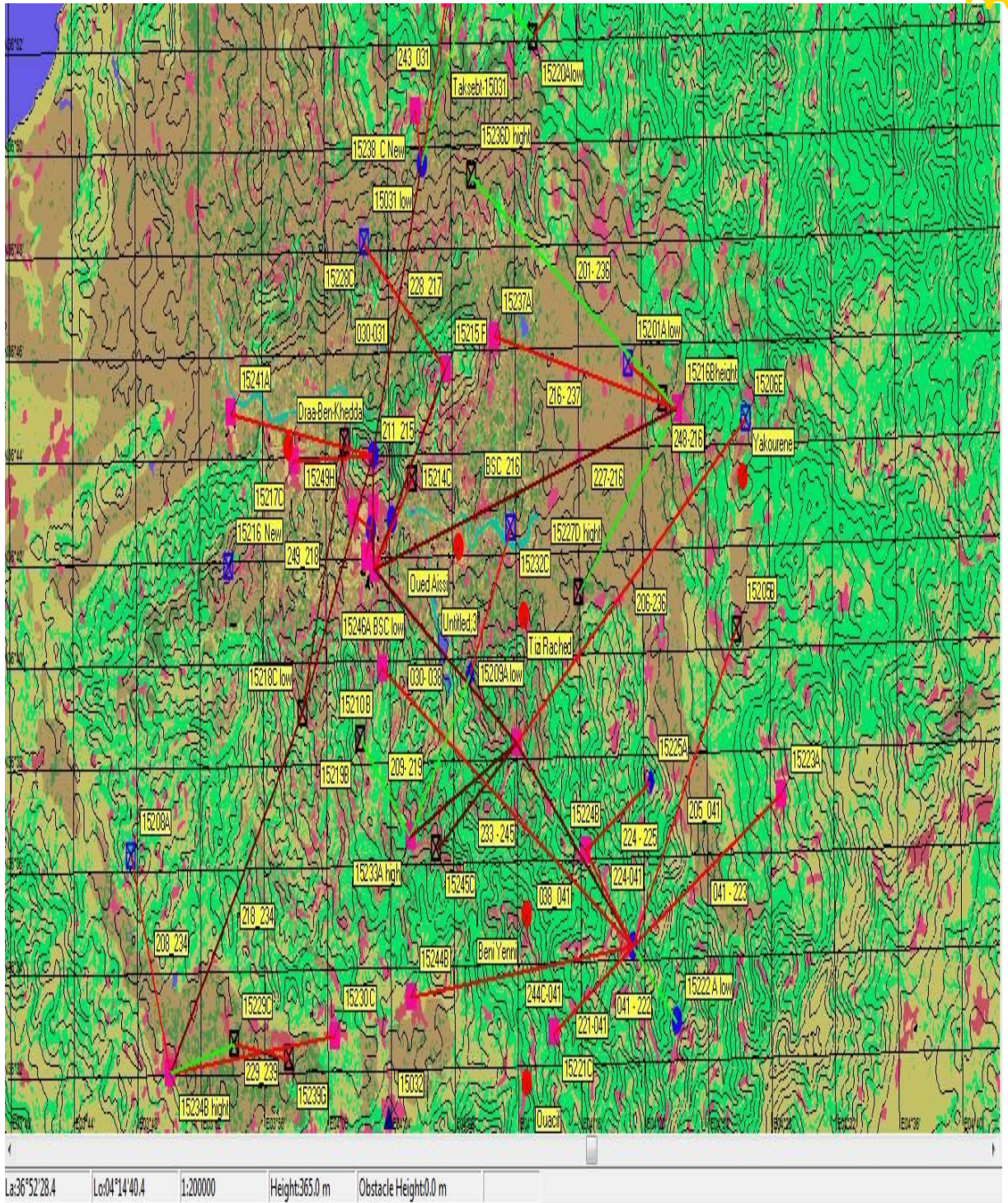
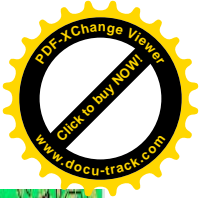
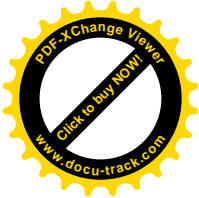


Figure 46 Planification Final



3.9 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de se familiariser avec le matériel utilisé durant notre travail, et surtout on s'est attardé sur les fonctionnalités du logiciel Tems LinkPlanner qui nous a faciliter la tâche de la simulation et la conception de notre réseau en terme de topologie d'interconnexion entre les BTS et les BSC et avoir les meilleurs résultats possibles pour réduire les coûts du réseau et le nombre d'opérations.



CHAPITRE 4 Planification Et Ingénierie Réseau 3G

4.1 Introduction

Le monde des télécommunications a connu et connaît des évolutions technologiques. Le GSM apparaît en 1991 comme un réseau 2^e génération et son succès pour les services de type « voix » remplaçant le réseau AMPS [29]. Les réseaux GPRS [30] et EDGE [31] marquent l'ère de la 2.5G. L'avènement de l'UMTS marque l'entrée réelle de la 3G qui permet de proposer de réels services de type « Data », ainsi les opérateurs télécoms s'orientent vers la 3G [32] pour créer de nouvelles sources de revenus et par la même occasion d'intégrer des services de voix et de données et répondre aux besoins des clients multimédia mobiles.

Dans ce chapitre, on va aborder la planification au niveau du réseau 3G avec l'utilisation des équipements du réseau 2G [33] déjà en place, tout en minimisant les couts induits par l'ajout de ceux constituant le réseau 3G, une description de l'architecture du réseau UMTS [34] sera faite ainsi que les nouveautés apportés notamment en matière d'équipement, enfin nous allons décrire les différentes étapes nécessaires qui assurent la meilleure conception possible du réseau.

4.2 Caractéristiques des réseaux UMTS

L'UMTS, depuis sa première version sortie en 1999, a été sujet à de nombreuses améliorations qui se rattachent plus précisément au niveau des équipements, de leur performance et des interfaces d'interconnexion, mais dans l'ensemble, l'architecture des réseaux UMTS garde une structure inhérente aux réseaux mobiles, composée d'un réseau d'accès et d'un réseau cœur.

4.2.1 Le réseau d'accès UTRAN

L'UTRAN est le nom attribué au réseau d'accès de l'UMTS. Il réalise les transferts de trafic de données et de signalisation entre l'appareil mobile (UE) et le réseau cœur. Il comprend principalement deux entités : le Node B et le RNC, représentées à la figure 46.

- **Le Node B** établit la connexion de l'utilisateur en transmettant des signaux radio et les flux de données entre l'interface radio et le RNC. Cette opération se réalise au moyen de l'interface Iub reliant ces deux nœuds.
- **Les RNC** [35] quant à eux, font la gestion des ressources radio et des phénomènes de relèves. Ils communiquent entre eux via l'interface Iur et sont reliés aux Node B par l'interface Iub. Ils servent d'intermédiaire entre l'appareil mobile (UE) et le réseau cœur en transitant les informations de voix et de données, respectivement, au moyen des interfaces Iu-CS et Iu-PS de la figure 47.

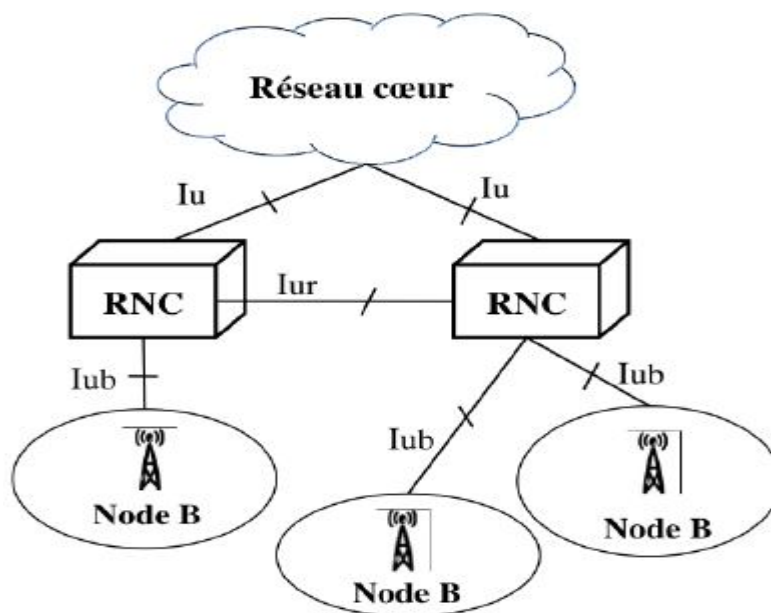


Figure 47 Architecture du réseau d'accès UTRAN.

4.2.2 Le réseau cœur CN

Le réseau cœur, représentée à la figure 2, assure la connexion des terminaux mobiles (UE) au PDN (Packet Data Network) ou au RTPC (Réseau Téléphonique Public Commuté). le réseau est divisé en deux domaines :

a. Un domaine à commutation de paquets, le PS-CN [46] :

il comprend un SGSN [47] qui se charge du routage des paquets, de l'authentification et du cryptage des informations de l'utilisateur. Il comprend également le GGSN [48] utilisé comme passerelle pour la commutation de paquets avec les réseaux externes, tels que l'Internet, les LAN [36], les WAN [37], les réseaux GPRS, les réseaux ATM [38].

b. Un domaine à commutation de circuit, le CS-CN [49] :

Il consiste en un MSC (Mobile Service Switching Center) qui se charge de la signalisation requise pour l'établissement ainsi que la fermeture et le maintien des connexions. Il consiste aussi en un GMSC [51] il interagit avec le HLR pour obtenir des informations de routage.

Le HLR [39] et le VLR [50] sont des bases de données qui contiennent toutes les informations relatives à l'utilisateur qui consistent, entre autres, en un numéro de téléphone, une clé d'authentification, les zones de roaming associées aux MSC [40] et les paramètres de localisation du l'UE tout au long de son parcours.

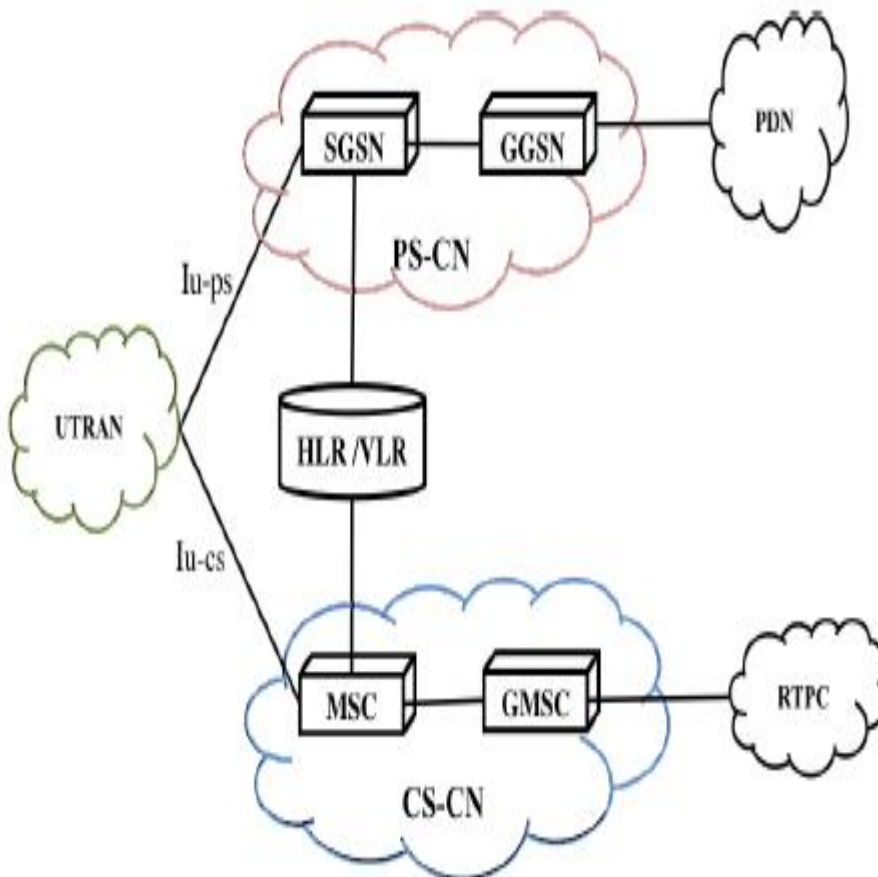


Figure 48 Architecture du réseau cœur de l'UMTS.



4.3 Les services IP

Pendant la phase initiale de l'évolution des réseaux 2G à la 3G, les services vocaux dominant encore la fourniture de services mobiles et des services de données sont négligeables. Afin de protéger l'investissement matériel existant et d'assurer la transmission de services vocaux existants, la solution privilégiée lors de la transformation du réseau de transport mobile devrait intégrer une capacité de commutation de paquets dans l'équipement micro-ondes TDM existant. Après les services de données apparaissent comme la préoccupation majeure des réseaux de transport mobiles et toutes les interfaces sont axées sur la technologie IP. Les signaux de paquets IP [41] sont mappés directement sur l'interface air au biais de la modulation adaptative sur laquelle on va parler dans le paragraphe suivant.

4.4 La modulation adaptative AM

Les micro-ondes IP intègre une modulation adaptative qui permet une commutation automatique entre différentes modulations en fonction des conditions du canal radio. La modulation adaptative sans coupure donne la possibilité d'augmenter la capacité disponible sur le même canal de fréquence dans des périodes où les conditions de propagation sont normales.

La modulation, et donc la capacité, est élevée lorsque les conditions du canal radio sont normales, et elle diminue lorsque les conditions se détériorent, par exemple par temps de pluie ou de neige. Les commutations de modulation s'effectuent sans coupure, c'est-à-dire sans erreur. Dans les situations où une interruption du trafic devrait en principe se produire, le recours à la modulation adaptative sans coupure permet de maintenir certaines parties du trafic en commutant sur une modulation inférieure.

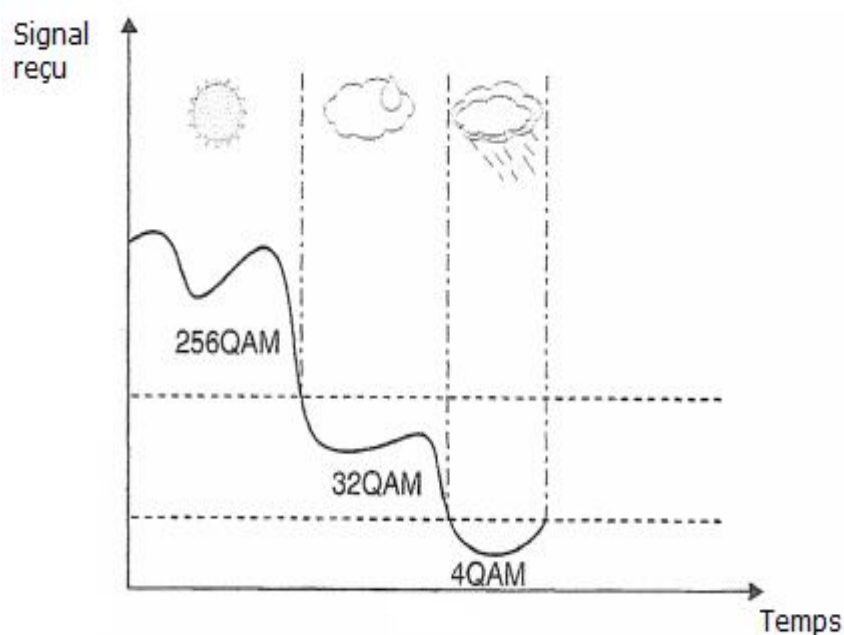


Figure 49 Modulation adaptative.

4.5 Micro-ondes hybride pour 2G/3G

Étant donné que les services TDM / ATM et les services de paquets Ethernet coexisteront sur le long terme, le transport à micro-ondes hybride constitue un choix efficace pour les opérateurs que l'interface air peut encapsuler des services TDM et de paquets dans un cadre micro-ondes unifiée avant la transmission. Les micro-ondes hybrides prennent en charge trois types de modes d'interface d'air: TDM, hybrides (TDM + paquet), et par paquets. Le système hybride peut fonctionner entièrement comme un système de transport de paquets hertzien. Cela s'étend au maximum du cycle de vie du système et diminue le CAPEX [52].

Comme il est montré dans la figure 50 un lien radio hybride qui est optimisé pour un débit maximum du trafic Ethernet natif et du trafic PDH natif, et ils sont envoyés simultanément. Un lien radio hybride autorise le multiplexage simple du trafic PDH, ce qui permet de contrôler le nombre de signaux E1 à transporter.

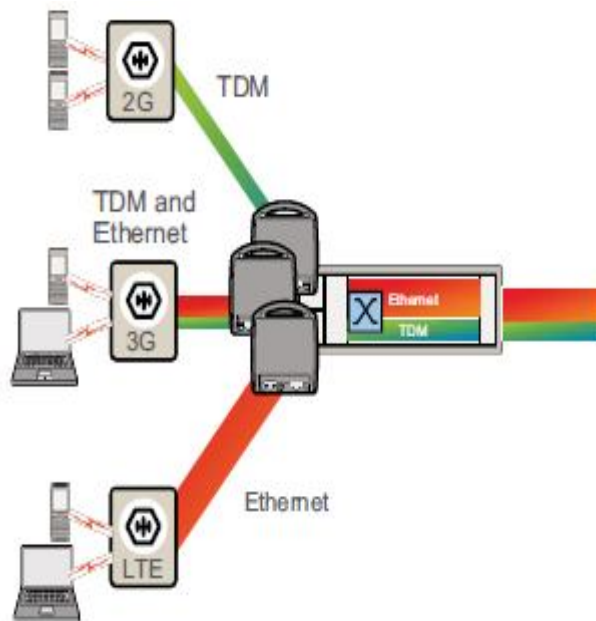


Figure 50 Trafic sur un lien radio hybride.

4.6 Analyse de la planification du réseau d'accès 3G

Le design du réseau d'accès de l'UMTS est une tâche délicate qui dépend de bon nombre de considérations d'ingénieries. La qualité de service requise, les objectifs marketings et les conditions géographiques, tant de facteurs qui font varier ces considérations d'un pays à un autre, et tous sont d'égale importance quant à l'établissement d'un réseau performant. Le dimensionnement du trafic de données est plus complexe que le trafic de parole.

Le trafic de données est traité en mode paquet, c'est-à-dire que les informations sont envoyées sous forme de message de taille variable en fonction du volume d'information à transmettre et du type de protocole de transmission utilisé. Cette étape permet de déterminer le nombre de liaison à installer (canaux de trafic), le volume des équipements, la capacité de transmission, la durée et le volume d'informations, les contraintes de délai de transmission des informations dans le réseau ainsi que le débit utile du réseau.

Dans le contexte de notre planification, elle consistera à maximiser l'utilisation des équipements du réseau 2G déjà en place, tout en minimisant les coûts induits par l'ajout de ceux constituant le réseau 3G.



4.6.1 Le dimensionnement radio

Le but de dimensionnement radio est d'évaluer le nombre de sites nécessaires pour garantir les exigences en termes de couverture et de qualité de services de l'opérateur. A la fin de cette opération nous pouvons établir une liste des besoins en matériels et équipements nécessaires pour desservir notre zone cible. Ainsi une estimation des coûts de l'infrastructure et de l'établissement peut être faite en allouant une évaluation commerciale au projet.

4.6.2 Dimensionnement du RNC

Notre réseau d'accès ne devrait pas se voir limité par un nombre insuffisant de RNC. Le dimensionnement du RNC est conditionné par ses caractéristiques qui influent sur le processus de dimensionnement, parmi eux, on peut citer les limitations de trafic (le débit maximal par RNC), débit maximal en mode circuit, débit maximal en mode paquets et les limitations de gestion (le nombre maximal de Node B géré par le RNC).

4.7 Application sur un cas réel

4.7.1 Définition de la zone de service (service area)

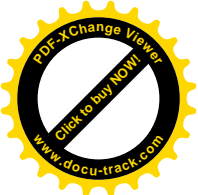
Lors de la planification au niveau du réseau 2G on a travaillé sur la wilaya de Tizi-Ouzou, dans le cadre de notre planification 3G nous avons choisis de délimiter notre zone au nord-est de la ville. La zone d'intérêt doit être choisie en fonction des objectifs de déploiement et des futurs résultats escomptés.



Figure 51 Cartographie fournie.



Figure 52 Masque de la zone de service choisie.



4.7.2 Gestion et sélection de sites GSM existants

Le but de l'étape initiale de planification étant d'estimer la densité requise du site et les configurations nécessaires à la couverture de la région d'intérêt, elle doit donc prendre en considération le réseau mobile existant (GSM) pour la sélection des Nodes B à mettre en place pour le réseau UMTS à déployer.

Les bases de données déjà existantes des BTS seront importées et les paramètres GSM modifiés en paramètres UMTS.

4.7.3 Logiciel de planification

Pour la planification 3G on a utilisé le même logiciel que lors de la planification 2G mais avec une version plus récente qu'est Mentum LinkPlanner V7.0, la différence entre les deux versions réside essentiellement dans la présence de modules supplémentaires spécifiques pour les besoins de la 3G.

4.7.4 Détermination des HUB potentiels

Les HUB potentiels sont des concentrateurs des débits de différentes BTS et servent à faciliter le chemin vers la BSC.

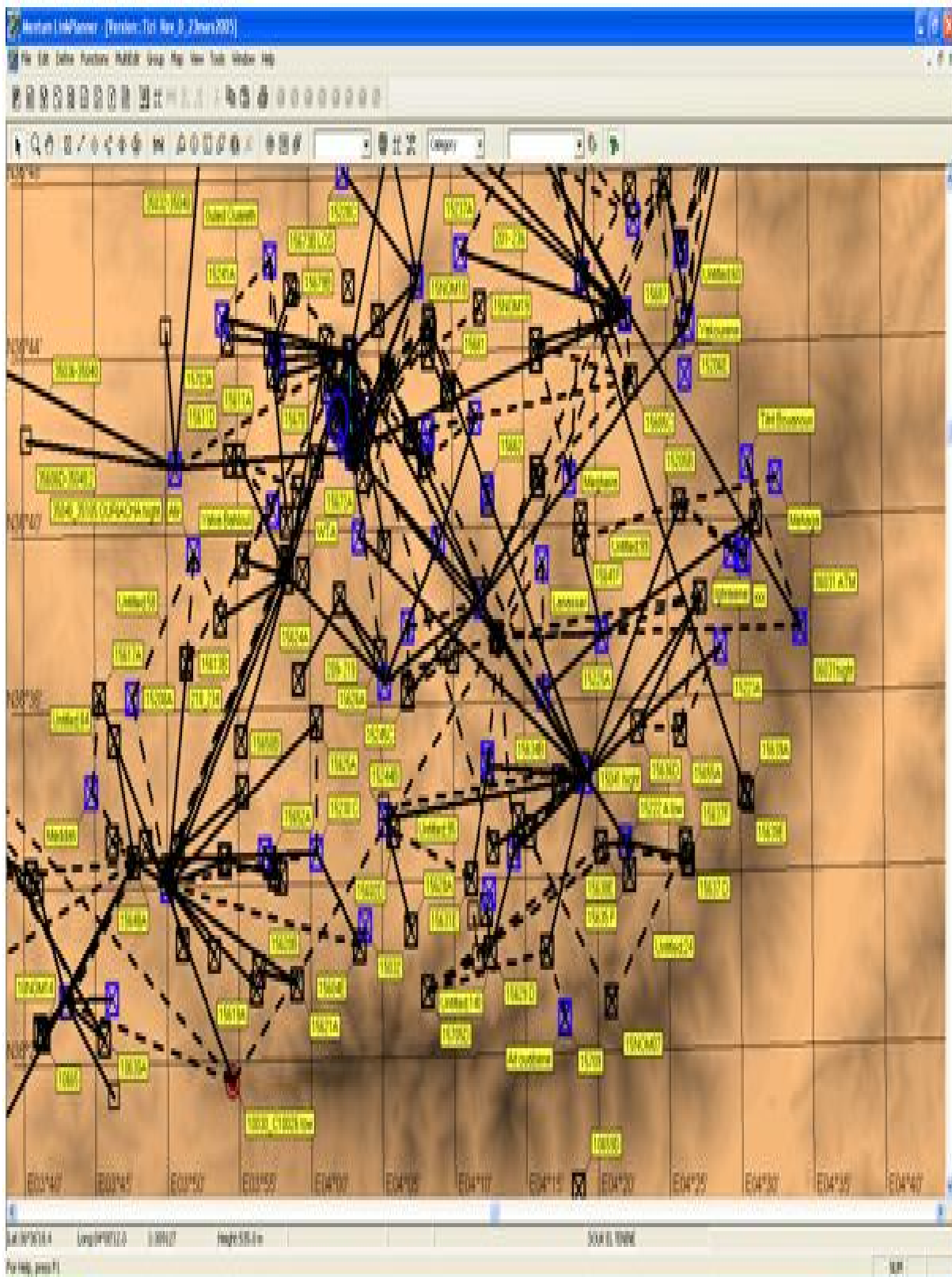
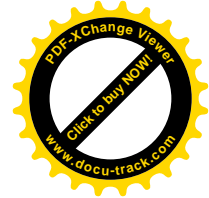
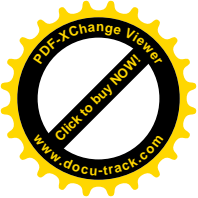


Figure 53 Les HUB potentiels.



Comme on le voit sur la figure 53 le petit cercle en bleu représente un HUB potentiel et on peut remarquer sur la carte des zones de couleur sombre qui représentent les hautes altitudes notamment les régions montagneuses.

4.7.5 Protection entre les HUB potentiels

Il est possible d'opter pour une configuration d'équipement dite de « veille active » (Hot-stand-by), afin de pallier les éventuelles défaillances de matériels. On peut également ajouter une "diversité" : il s'agit d'un deuxième canal distinct à la liaison. À l'émission, en cas de défaillance de l'émetteur, on bascule automatiquement sur un deuxième émetteur, de secours. Celui-ci est donc inactif la majeure partie du temps. En réception, les deux récepteurs reçoivent. L'équipement choisit automatiquement la voie par laquelle le signal est le meilleur. En cas de panne, l'un des deux chemins reste toujours disponible, et permet le dépannage sans interruption de la liaison.

4.7.6 La visibilité entre les HUB et avec les Nodes B

Avant d'activer les liaisons entre les différents HUB ainsi qu'avec les Nodes B il est nécessaire de vérifier le LOS sur le logiciel, comme il est montré dans la figure 8, les liaisons non activées sont représentées pour des lignes en pointillés. Il y a plusieurs outils avec lesquels on peut vérifier la zone de couverture, on a opté pour le plus simple, on a pris un exemple entre un HUB potentiel et les différents Nodes B de la carte, toutes les lignes vertes indiquent des réponses positives en termes de visibilité.

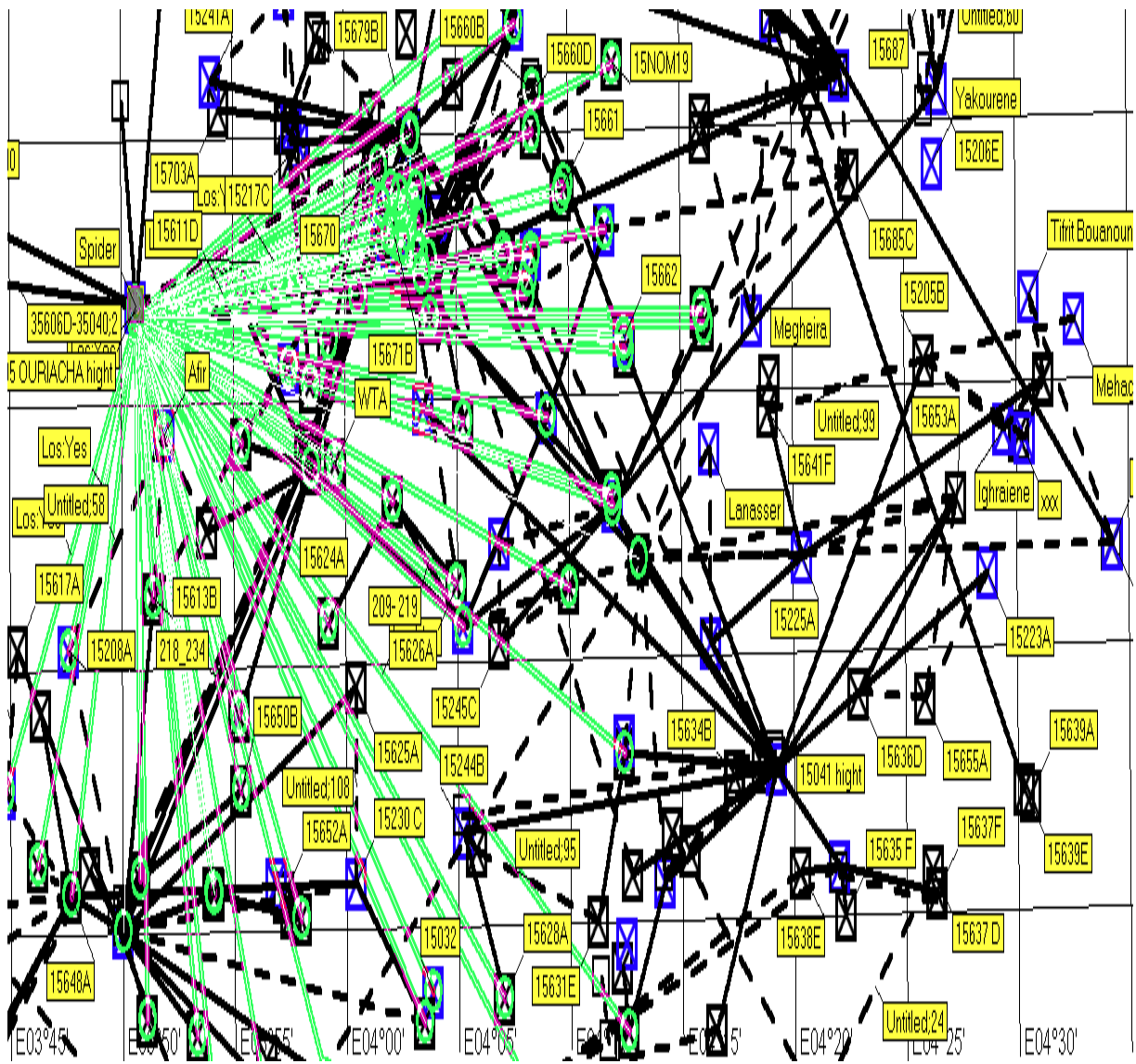


Figure 54 Les zones de visibilité.

4.7.7 Vérification des LOS sur terrain

Cette étape est nécessaire avant l'établissement final des liaisons hertziennes entre les différents sites présents sur la carte du Mentum LinkPlanner car les résultats obtenus lors de la simulation sur logiciel restent tout de même d'ordre théorique, donc une sortie sur terrain est inévitable en vue du déploiement final des sites concernés. La figure 55 montre une prise de vue du site A vers le site B et une autre vue à partir du site B vers le site A.



Figure 55 Vérification du LOS sur terrain effet miroir.

4.7.8 Gestion des fréquences

Les fréquences utilisées dans la planification varient entre 6 Ghz et 38 Ghz, la propagation des ondes est notamment meilleure dans les fréquences basses. L'objectif de la planification des fréquences est l'utilisation efficace de la bande de fréquence disponible et sert à maintenir le niveau d'interférence le plus bas possible, elle dépend aussi du type d'équipement utilisé (Outdoor) et de la bande passante.

Le tableau 4 montre l'utilisation des fréquences en fonction de la distance entre les différents sites du réseau

| Distance entre site A et site B | Fréquences utilisées |
|---------------------------------|----------------------|
| moins de 7 Km | 23 et 38 Ghz |
| 7 à 15 Km | 23 Ghz |
| 15 à 25 Km | 15 et 18 Ghz |
| 25 à 40 Km | 6, 8 et 11 Ghz |

Tableau 4 Répartition des fréquences utilisées.



4.8 Bilan de liaison

Le bilan de liaison comprend la somme de tous les gains et les pertes du signal entre la sortie de l'émetteur et l'entrée du récepteur, il est utilisé pour calculer la marge d'évanouissement qui est utilisée pour estimer la performance du système de liaison radio ainsi que le niveau de signal reçu. Ce bilan de liaison est calculé par le Mentum LinkPlanner avec la commande PQ qui veut dire Path Quality.

4.8.1 Profil du chemin

On a choisi une liaison dans la région de Tizirt au nord de la ville de Tizi-Ouzou et on a obtenu le profil de chemin ou Path Profil qui est essentiellement un tracé de l'élévation de la terre en fonction de la distance le long du trajet entre l'émetteur et le récepteur. Le but du profil du chemin est de vérifier le LOS et le dégagement de la voie pour éviter l'atténuation des obstacles lors de la détermination de la décoloration de signal reçu, comme ça nous permet de déterminer l'emplacement des sites et des hauteurs d'antenne.

L'objectif de cette conception est le dégagement complet de la ligne du LOS et une zone ellipsoïde entourant la ligne du LOS, cette zone ellipsoïde est appelée la zone de Fresnel.

La zone Fresnel est définie comme étant la zone en forme ellipsoïde avec son point focal au niveau des antennes sur les deux extrémités du trajet, comme on le voit dans la figure 56, il n'y a pas d'obstacle à l'intérieur de la première zone de Fresnel, l'atténuation des obstacles peut être ignorée et la voie est libre.

On trouve aussi les données des deux sites concernés : le nom, les coordonnées d'hauteur, l'adresse, Proposé de l'auteur de pylône, l'azimut, l'altitude, la longitude et la distance séparant les deux sites.

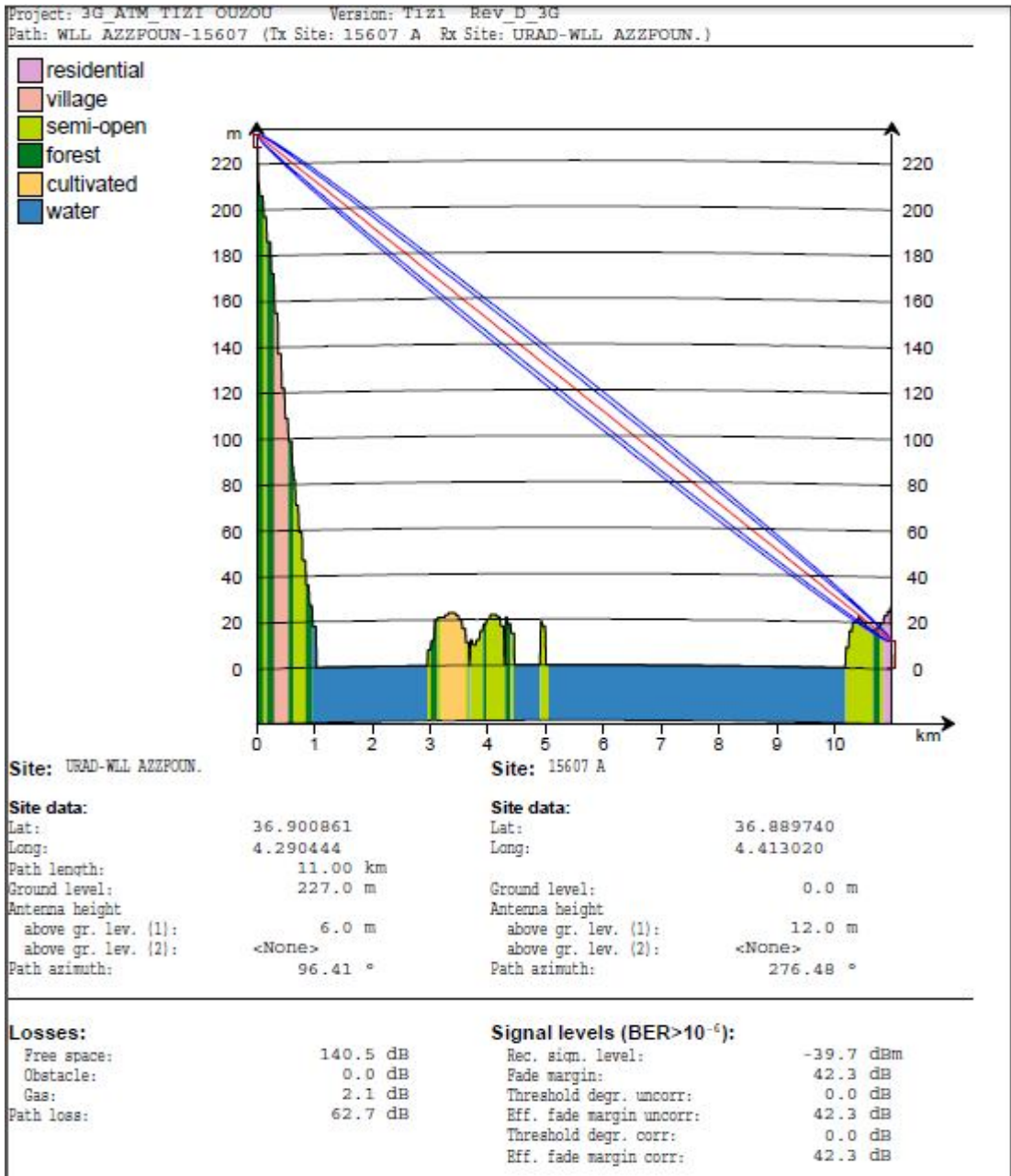
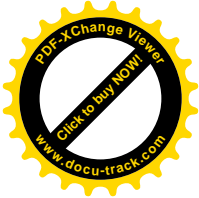
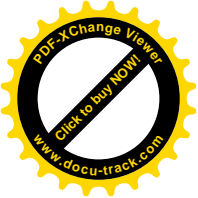


Figure 56 Profil du chemin.

Le signal reçu se calcule avec la même formule

$$RSL = P_0 - L_{tx} + G_{atx} - FSL - MFM - RA - L_{rc} + G_{rc} - L_m$$

Comme on le voit dans la figure 56, le RSL est de -39.7 dB.



4.8.2 La disponibilité

La disponibilité est calculée à partir de la valeur de la marge d'évanouissement qu'on trouve dans les recommandations de l'UIT [42].

Dans notre cas, le Mentum LinkPlanner calcule la disponibilité dans le mois et on doit avoir un résultat de 99.99 %, l'indisponibilité de cette liaison durera en moyenne 2.32636 minutes par mois.

En ce qui concerne la disponibilité annuelle elle doit atteindre 99.999 % pour un temps d'indisponibilité pour notre cas de 3.827143 minutes par an.

Le tableau 5. Met en œuvre les résultats obtenus.

| | | | |
|---|----------------|---|------------------|
| Probability that BER>10⁻⁶ (worst month): | | Probability that BER>10⁻⁶ (worst month): | |
| Multipath | | Multipath | |
| Flat: | 99.99999623 % | Flat: | 43799.99835 min |
| Freq. selective: | 99.99999984 % | Freq. selective: | 43799.99993 min |
| Total: | 99.99999607 % | Total: | 43799.99828 min |
| Clear-air XPD: | 100.00000000 % | Clear-air XPD: | 43800.00000 min |
| Refraction: | 100.00000000 % | Refraction: | 43800.00000 min |
| Rain: | 99.99469261 % | Rain: | 43797.67536 min |
| Rain XPD: | 100.00000000 % | Rain XPD: | 43800.00000 min |
| Worst month availability: | 99.99468868 % | Worst month availability: | 43797.67364 min |
| Worst month unavailability: | 0.00531132 % | Worst month unavailability: | 2.32636 min |
| Probability that BER>10⁻⁶ (year): | | Probability that BER>10⁻⁶ (year): | |
| Multipath | | Multipath | |
| Flat: | 99.99999983 % | Flat: | 525599.99908 min |
| Freq. selective: | 100.00000000 % | Freq. selective: | 525599.99998 min |
| Total: | 99.99999982 % | Total: | 525599.99906 min |
| Clear-air XPD: | 100.00000000 % | Clear-air XPD: | 525600.00000 min |
| Refraction: | 100.00000000 % | Refraction: | 525600.00000 min |
| Rain: | 99.99927203 % | Rain: | 525596.17381 min |
| Rain XPD: | 100.00000000 % | Rain XPD: | 525600.00000 min |
| Worst year availability: | 99.99927185 % | Worst year availability: | 525596.17287 min |
| Worst year unavailability: | 0.00072815 % | Worst year unavailability: | 3.82713 min |

Figure 57 Probabilités de disponibilité.



4.8.3 L'interférence

La performance du système de transmission numérique peut être évaluée par le TEB (Taux d'erreur binaire) ou BER en anglais (Bit Error Rate). Le tableau 5 présente la dégradation du BER téléphonique par rapport par rapport à l'audibilité du bruit.

| BER téléphonique | Audibilité au bruit |
|-------------------|---|
| 10^{-6} | non audible |
| 10^{-5} | A peine audible |
| 10^{-4} | Audible et compréhensible |
| 10^{-3} | troublant |
| Plus de 10^{-3} | perte de synchronisation et perte de lien |

Tableau 5 Audibilité du bruit par rapport au BER.

Les données et, en particulier, les applications multimédia nécessitent un très faible BER.

4.8.4 Le bruit thermique

Le bruit thermique est généré par le mouvement aléatoire des électrons en raison de l'énergie thermique, la puissance du bruit se calcule comme suit :

$$P_n = KTB \text{ (W)}$$

k = constante de Boltzmann

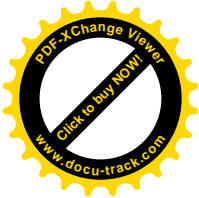
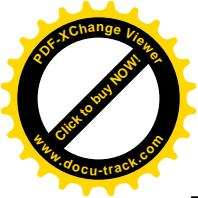
T = température en Kelvin

B = largeur de bande du spectre de bruit

4.8.5 Le facteur du bruit

Le facteur de bruit dépend du rapport S / N, il représente le rapport S/N à l'entrée sur le rapport S/N à la sortie.

$$F = \frac{SNR_{in}}{SNR_{out}}$$



En dB c'est : $NF = 10 \log (F)$

NF = Noise Figure

4.8.6 Rapport Signal/Interférence

Le rapport signal/ interférence définit la différence minimale entre le signal et les niveaux d'interférence. Pour les systèmes numériques le rapport est de 15 à 25 dB.

4.8.7 Seuil de sensibilité (Threshold)

Threshold (10-3): Reçu le niveau BER 10-3

Seuil (10-6): niveau Reçu à BER 10-6

Le seuil de sensibilité se calcule comme suit :

Threshold = bruit Blanc (thermique) + NF + S/N

4.8.8 Détection d'interférence

Dans le cas de notre liaison, le calculateur d'interférence indique dans la figure 58 que le niveau d'interférence est exclu lorsque le rapport du niveau du Threshold / niveau de brouilleurs est supérieur ou égal 50 dB.

| Selected for analysis | | | | Included in the analysis | | | |
|-----------------------|-------------|-------------|---------------------|--------------------------|------------|------------|---------------------|
| Radio | at | Object | Radiosystem | Radio | at | Object | Radiosystem |
| 1 | 35032-35040 | Path | ATM/15/17x2/S/T/1-1 | 15232C | Unfilled:3 | Path | ATM/23/2x2/S/T/1-0 |
| 35040_35105 | DU... | 35032-35040 | Path | 15209A | low | Unfilled:3 | Path |
| | | | | 15030 | high | 030-241 | Path |
| | | | | 15241A | 030-241 | Path | ATM/15/2x2/S/T/1-0 |
| | | | | 1 | BSC-030 | Path | ATM/23/17x2/S/T/1-1 |
| | | | | 2 | BSC-030 | Path | ATM/23/17x2/S/T/1-1 |
| | | | | 15246A | RSC | RSC: 216 | Path |
| | | | | | | | ATM/15/17x2/S/T/1-1 |

| Summarized results | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|--------|-----------|---------|----------|--------|------|-------------|--------|----------|-------------|-------------|----------|
| Radio | at | Object | Direction | Channel | Frequen. | Bandw. | Pol. | Interferen. | CI, dB | Uncon... | Thr./Int... | Correlation | Cor.Thr. |
| 35040_35... | 3503. | Path | In | A3 | 14676.0 | 28.0 | V | -74.3 | 33.2 | 16.8 | -2.7 | No | 16.8 |
| 1 | 3503. | Path | In | A3 | 15096.0 | 28.0 | V | -107.4 | 66.3 | 9.7 | 30.4 | Yes | 0.1 |
| 1 | 3503. | Path | Out | A3 | 14676.0 | 28.0 | V | -81.8 | - | - | - | - | - |
| 35040_35... | 3503. | Path | Out | A3 | 15096.0 | 28.0 | V | -110.1 | - | - | - | - | - |

| Detailed results | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------|--------|-----------|---------|----------|--------|------|-------------|--------|----------|-------------|-------------|----------|
| Radio | at | Object | Direction | Channel | Frequen. | Bandw. | Pol. | Interferen. | CI, dB | Uncon... | Thr./Int... | Correlation | Cor.Thr. |
| 2 | 1521 | Path | In | A3 | 14676.0 | 28.0 | V | -103.6 | 70.4 | 0.1 | 31.6 | No | 0.1 |
| 152168he... | 201... | Path | In | C10 | 14679.5 | 7.0 | H | -121.6 | 81.5 | 0.0 | 38.6 | No | 0.0 |
| 152348 hi... | 1562. | Path | In | D22 | 14688.3 | 7.0 | H | -125.2 | 82.4 | 0.0 | 42.2 | No | 0.0 |
| 1 | 1063. | Path | In | C11 | 14686.5 | 7.0 | V | -128.4 | 88.7 | 0.0 | 45.4 | No | 0.0 |
| 1 | 1063. | Path | In | C11 | 14686.5 | 7.0 | V | -128.4 | 88.7 | 0.0 | 45.4 | No | 0.0 |
| 15030 high | 030... | Path | In | D15 | 14653.8 | 3.5 | V | -133.4 | 97.5 | 0.0 | 47.4 | No | 0.0 |
| 35040_35... | 3503. | Path | In | A2 | 14648.0 | 28.0 | V | -126.4 | 83.9 | 0.0 | 49.4 | No | 0.0 |
| 15041 high | 038... | Path | In | A3 | 14676.0 | 28.0 | V | -126.4 | 90.7 | 0.0 | 49.4 | No | 0.0 |
| 15041 high | 038... | Path | In | A3 | 14676.0 | 28.0 | V | -126.4 | 90.7 | 0.0 | 49.4 | No | 0.0 |

Result presentation

Exclude interferers when Threshold level/Interference level is >= 50.0 dB

Highlight interfered paths when

correlated threshold degradation is > 3.0 dB

uncorrelated threshold degradation is > 3.0 dB

Calculate Filter Check Warnings Close

Figure 58 Calcul d'interférence.



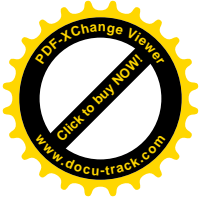
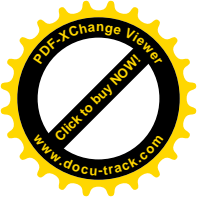
4.9 Conclusion

Dans ce chapitre, on a pu constater que la procédure de planification de la 3G est identique dans sa procédure que celle de la 2G tout en montrant l'apport des équipements hybrides en matière de transmission efficace de deux circuits TDM et les paquets IP / Ethernet sur la même liaison radio, permettant une migration fiable du réseau de transport hertzien, comme on a su faire un aperçu sur la technique modulation adaptative qui est une nouvelle technologie importante pour les réseaux à micro-ondes en matière de débit essentiellement. Enfin, on a traité les différents paramètres du bilan de liaison qui est une tâche inévitable pour assurer un meilleur ratio au niveau des objectifs escomptés en matière de coût et fiabilité.



Conclusion Générale

Ces dernières années ont vu se développer un engouement particulier pour la téléphonie mobile. La qualité des services proposés par les opérateurs et les faibles encombrements et coûts d'acquisition des terminaux ont grandement contribué à ce succès. En complément, la libéralisation des marchés agissant sur la baisse des tarifs des communications ont rendu accessibles les services mobiles au grand public. Dans ce contexte, la conception des réseaux revêt une difficulté extrême induite par la multitude et la complexité des problèmes d'ingénierie à résoudre. La complexité de ces problèmes est liée au volume important des données à prendre en compte pour réaliser l'ingénierie : données géographiques, données de simulation. L'objectif de ce projet de fin d'étude, était donc l'étude de dimensionnement et planification d'un réseau 2G et 3G sur une zone bien déterminée. Ce travail reste donc ouvert à l'extension des zones géographique plus grande. En définitive, la période de stage a été pour nous une réelle formation sur le plan des techniques de transmission en particulier. Elle a été pour nous, une occasion d'allier la théorie acquise et la pratique qui est en fait le réel besoin de l'entreprise avec laquelle nous avons collaboré. Ce fut aussi et surtout l'occasion pour nous de découvrir et d'apprécier le monde des transmissions numériques des données à travers notre thème : «**Planification et ingénierie des réseaux 2G et 3G**» vue donc l'existant et la spécification des besoins de l'entreprise.



Annexes

QOS

Est la capacité à véhiculer dans de bonnes conditions un type de trafic donné, en termes de disponibilité, débit, délais de transmission, gigue, taux de perte de paquet il a pour but d'optimisé le réseau.

ABIS

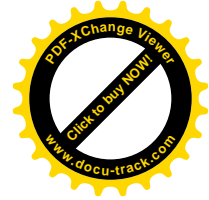
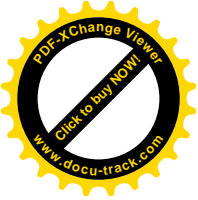
La liaison Abis est le nom donné à la liaison entre le BSC et la BTS, cette liaison peut être réalisée par un Faisceau Hertzien, une Liaison Louée, ou par une combinaison de ces deux liaisons.

Gain

Dès qu'il y a une amplification et que la puissance de sortie d'un appareil est plus importante que la puissance d'entrée, il y a un gain. Il est exprimé en dB (voir « dB »).

dB

Rapport de puissance en décibel Pour la mesure des niveaux sonores, des puissances des matériels de radiodiffusion, et plus généralement de tous les systèmes qui présentent un gain (en courant, tension, puissance...), c'est à dire une amplification entrée la sortie et l'entrée, il a été choisi une unité très particulière, et non linéaire : le décibel. Cette unité donne une grande amplitude aux amplifications comprises entre 0 et 1, et une petite amplitude aux grandes valeurs d'amplification.



dBm

Unité de puissance par rapport à un milliwatt Dans le cas des émetteurs de radiofréquence, on utilise le décibel pour donner le gain des différents éléments, mais on prend pour référence le milliwatt sur une impédance de 50 W, c'est-à dire un millième de watt, l'unité n'est plus écrite dB, mais dBm, lu : « décibel par rapport à un milliwatt. ».

dB

Gain par rapport à une antenne isotrope

Le dB exprime en dB le gain d'une antenne par rapport à une antenne isotrope qui émet la même quantité d'énergie dans toutes les directions. Ce type d'antenne n'existe physiquement pas, ce n'est qu'une conception théorique, destinée à donner une référence en termes de gain.

GSM

Global System for Mobile communications – Système global de communications mobiles

Le GSM est une norme dont le contenu dépasse 10 000 pages et qui a débuté en 1979. Le développement de la première phase de cette norme s'est terminé en 1990, alors que les premiers réseaux ouvraient en Europe. Cette norme de télécommunications mobiles de 2ème génération, choisit la transmission numérique avec multiplexage temporel (TDMA).

Indoor

Indoor – À l'intérieur

Une micro cellule indoor est une cellule dont la zone de couverture principale est située à l'intérieur d'un bâtiment.

OUTDOOR

Outdoor – À l'extérieur

Une cellule outdoor est une cellule dont la zone de couverture principale est située à l'extérieur.



REC G744

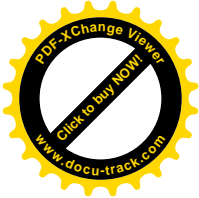
Equipement de multiplexage MIC du deuxième ordre fonctionnant à 8448 kbit/s.

REC G751

Equipements de multiplexage numériques fonctionnant au débit binaire du troisième ordre de 34 368 kbit/s et au débit binaire du quatrième ordre de 139 264 kbit/s et utilisant la justification positive.

CAPEX

Abréviation de Capital Expenditure, terme anglo-saxon désignant les investissements corporels et incorporels. Les CAPX incluent de nombreux éléments tels que le coût d'achat initial de l'équipement et les frais de démarrage.



Bibliographie

- [1] **Olivier BERDER** : 'Optimisation et stratégies d'allocation de puissance des systèmes de transmission multi-antennes', LEST - UMR CNRS 6165, 2002.
- [2] **Larbi DOUBAJI** : 'Introduction aux Faisceaux Hertziens', 2012.
- [3] **Frédéric LAUNAY** : 'Transport des données PDH, SDH, WDM', IUT Poitiers, 2012.
- [4] **Gérard Bouyer** : 'Les réseaux synchrones étendus PDH et SDH', HERMES, 1997.
- [5] **ERICSSON** : 'Cell Planning', GMS System Survey, Suède, Page 207, 2000.
- [6] **ERICSSON** : 'Base Station System', GMS System Survey, Suède, Page 133, 2000.
- [7] **Ben Evans** : 'Planning a Microwave Link: It's Not Just Line of Sight', Evans Engineering Solutions, Page 26, 2002.
- [8] **John WILEY** : 'UMTS Mobile Communications for the Futur', Flavio Muratore CSELT, 2001.
- [9] **Sterling PERRIN** : 'The case for All-Native transport', Heavy Reading, ECI TELECOM, Page 12, 2012.
- [10] **CERAGON** : 'Native Wireless Ethernet Transmission', USA, Page 10, 2007.
- [11] **Mohamed Lamine CAMARA** : 'Etude de dimensionnement et planification d'un réseau d'accès 3G', 2011.
- [12] **Ingvar HENNE, Per THORVALDSEN** : 'Planning of line-of-sight radio relay systems', NERA, Vol 2, Page 203, 1999.