

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

UNIVERSITE MOULOU
MAMMERIDE
TIZI-OUZOU



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

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en électronique
Option : Télécommunications et Réseaux

Thème

**Etude de liaisons FH dans le réseau 3G de MOBILIS :
configuration de Trafic Node d'une liaison FH sous Mini-
Link Craft 2.20**

Dirigé par : Mr M.TAHANOUT

Co-promoteur : T .LAHDIRI

Présenté par:

-AREZKI Nouara

-OUASSIF Rezika

**Année universitaire :
2013/2014**

D'abord, nous tenons à remercier le bon dieu de nous avoir la force et le courage de munir à terme ce mémoire.

Ensuite, nos remerciements les plus vifs à notre promoteur Mr M.TAHANOUT enseignant à l'université De TiziOuzou, pour les efforts qu'il a déployé.

Nous remercions s'adressent aussi à nos Co-promoteur Mr T.LAHADIRI, chef de service de transmission à mobilis de Tizi-Ouzou.

Nous remercions vivement Mr K. KHODJAL'ingénieur et toute l'équipe de service en particulier Mr HAMDADle directeur de MOBILIS pour l'intéressante documentation qu'il mise à notre disposition, pour leurs conseils précieux et pour toutes les commodités et aisances qu'ils nous ont apportées durant notre stage et réalisation de ce projet.

Nos remerciements vont également au président et aux membres du jury qui nous feront l'honneur d'évaluer notre modeste travail, ainsi qu'à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Sans omettre bien sûr de remercier profondément à tous ceux qui ont contribué de près et de loin à la réalisation du présent travail.



Dedicace

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

- *La mémoire de ma sœur: DAHBIA ;*
- *A la mémoire de ma tante :wardia ;*
- *Mes très chers parents qui m'ont toujours poussé vers l'avant ;*
- *Mes frères (Med, Med SAID, MOURAD, KAMAL et son fils RAYANE, Rabah, Marzouk, et Yazid.*

- *Mes sœurs (Nacera, Wahibaet son mari,Fatiha et son mari ,Djedjiga et toute la famille à ADRAR .*

- *A mes belles sœurs Meriem, Arbiha et Samia et leurs enfants .*
- *Tous mes amis Lydia et leurs famille , Amine , Samia en France et sa famille, ,sabrina , Omar , Amar, Kamelia ,Lynda, Tous mes voisins et amis du quartier*
- *A mon binôme Rezika.*
- *A mes ancles et leurs maries ;*

- *A toute la promotion 2014*

AREZKI NOUARA



Dédicace

Je rends grâce à dieu de m'avoir donné le courage et la volonté ainsi que la conscience d'avoir pu terminer mes études.

Je dédie ce modeste travail à:

◆ *Mon regretté père que dieu puisse l'accueillir dans son vaste paradis.*

◆ *Ma chère et tendre mère*

A celle qui a tout souffert, sans me faire souffrir, qu'elle trouve dans ce mémoire le témoignage de ma reconnaissance et de mon affection pour tous les sacrifices, l'extrême amour et la bonté qu'elle m'a offert pour me voir réussir.

◆ *Mon frère SEDIK et sa femme NACERA et leurs fille ANNAIS .*

◆ *Mes sœur LYNDA et son mari MAHMOUD et leur fils ABED RAUOF et ABED RAHIM CHERIF, SAMIRA et YAZID, RACHIDA et LAMIA.*

◆ *Tous ma belle famille mon beau père, ma belle mère, mes belles sœurs et mes beaux frères.*

◆ *Tous mes amis et ma binôme NOUARA et sa famille .*

◆ *Tous mes professeurs et mon promoteur Mr TAHANOUT.*

◆ *Je dédie mon travail aussi à mon fiancée MAKHLOUF.*

Sommaire

Introduction générale	1
CHAPITRE I : Généralités sur le réseau GSM et l'UMTS	
I.1. préambule.....	3
I.2. Présentation du réseau GSM.....	3
I.2.1. Système cellulaire	3
I.2.2. Caractéristiques du signal GSM	4
I.2.2.1.La technique d'accès TDMA	4
I.2.2.2.La technique d'accès FDMA	5
I.3. Architecture du réseau.....	6
I.3.1. La station mobile (Mobile Station, MS)	6
I.3.2. Le sous système radio (Base Station Subsystem , BSS)	6
I.3.2.1.La station de base (BTS).....	6
I.3.2.2.Le contrôleur de station de base (BSC)	6
I.3.3. Le sous-système réseau (Network Subsystem, NSS).....	6
I.3.3.1. Le centre de commutation mobile : (MSC Mobile Switching Center).....	7
I.3.3.2. L'enregistrement de localisation nominale : HLR (Home Location Register)	7
I.3.3.3. L'enregistreur de localisation des visiteurs : VLR (Visitor Location Register)	7
I.3.3.4. Le centre d'authentification : AUC (Authentication Center)	8
I.3.3.5. L'enregistreur des identités des équipements : EIR (équipement identity register).....	8
I.3.3.6. Commutateur d'entrée de service mobile GMSC (Gateway MSC)	8

I.3.4. Le sous- systèmes d’exploitation de maintenance (operating sybssystem ,oss).....	8
I.4. Etude de la partie réseau du système GSM.....	9
I.4.1.La gestion réseau du système GSM.....	9
I.5. Le réseau UMTS	10
I.5.1. Historique	10
I.5.2. Définition	11
I.5.3. Présentation de l'UMTS.....	12
I.5.4.Hiérarchie des cellules de l'UMTS	12
I.5.5.Les services de l'UMTS	13
I.5.6.Le réseau UMTS.....	13
I.5.7.Réseau d'accès Utran.....	14
I.5.7.1.RNC (Radio Network Controller)	16
I.5.7.2. Les interface de communication	17
I.5.8. Réseau cœur.....	17
I.5.8.1. Eléments communs.....	18
I.5.8.2. Le domaine CS	19
I.5.8. 3. Le domaine PS	19
I.5.9. L'interface radio de l'utran.....	19
I.5.9.1. Architecture en couches.....	19
I.5.9.2. Transport des données	21

I.5.9.3. Les principes du W-CDMA	22
I.5.9.3.1. Technique CDMA	22
I.5.9.3. 2.Les avantages	23
I.5.10. Principe de l'étalement de spectre	23
I.5.11. Contraintes de WCDMA	24
I.5.11.1.L'effet near-far	24
I.5.11.2.Les Hanovers.....	26
I.5.11.3.Le fast-fading	27

CHAPITR II : *Transmission point à point*

II.1.Introduction	29
II.2.Propagation des ondes radioélectriques	29
II.2.1.Caractéristiques	30
II.2.1.1.La longueur d'onde	30
II.2.1.2.La fréquence	30
II.2.1.3.La polarisation	31
II.2.1.4.La vitesse de propagation	31
II.2.2. Gestion du spectre électromagnétique	31
II.2.3.Equations de Maxwell dans le vide	32
II.2.3.1.L'équation de Maxwell Faraday.....	32
II.2.3.2.L'équation de Maxwell Ampère.....	32
II.2.3.3.L'équation de Maxwell Gauss.....	32
II.2.3.4.L'équation de Maxwell flux magnétique	32

II.2.3.5. Relations constitutives dans le vide	33
II.2.3.6. Equation de propagation.....	33
II.3. L'onde plane.....	34
II.3.1. Expression des champs	35
II.3.2. Vitesse de propagation.....	35
II.4. Aspect énergétique	36
II.4.1. Densité d'énergie électromagnétique	36
II.4.2. Vecteur de Poynting	36
II.5. Polarisation des ondes planes	36
II.5.1. Polarisation rectiligne	36
II.5.2. Polarisation elliptique	37
II.5.3. Polarisation circulaire	37
II.6. Propagation en visibilité.....	38
II.7. Ellipsoïdes zone de Fresnel	38
II.8. Généralités sur les faisceaux hertziens.....	40
II.8.1. Transmission par faisceaux hertziens	40
II.8.2. Définition.....	40
II.8.3. Principe de fonctionnement d'un faisceau hertzien et performances.....	41
II.8.4. Equipements d'une liaison hertzienne	42
II.8.5. Faisceau hertzien numérique	43
II.8.5.1. IDU.....	44
II.8.5.1.1. Les cartes interface.....	45
II.8.5.1.2. Les cartes modem	45

II.8.5.1.3.La carte mère	45
II.8.5.1.4.La carte d'alimentation.....	45
II.8.5.2.Le câble IF	45
II.8.5.3.L'ODU.....	46
II.8.5.4.Le Coupleur Hybride.....	46
II.8.5.5.Antenne.....	46
II.9. Affectation des fréquences dans les faisceaux hertziens	48
II.9.1.Utilisation d'un seul couple de fréquences.....	48
II.9.2.Canal émission commun aux deux sens dans une station.....	48
II.9.3.Réduction des brouillages	49
II.9.4.Séparation des demi-bandes émission/réception.....	49
II.9.5.Alternance des polarisations verticale et horizontale	50
II.10. Les usages des faisceaux hertziens	50
II.11.Effets de la basse atmosphère sur la propagation	50
II.11.1.Réflexion.....	51
II.11.2.Diffraction	51
II.11.3. Diffusion	51
II.11.4. Absorption.....	51
II.12.Atténuation du signal pendant la propagation	52
II.12.1.Atténuation en espace libre	52
II.12.2.Atténuation atmosphérique	52
II.12.2.1.Atténuation due au gaz de l'atmosphère	52
II.12.2.2.Atténuation due à la pluie.....	53

II.12.3.Atténuation due à l'onde de sol.....	53
II.12.4.Trajets multiples (multipath).....	53
II.12.5.L'interférence.....	54
II.13.Bilan de liaison des faisceaux hertziens.....	55
II.13.1.Disponibilité.....	57
II.13.2.Seuils.....	57
II.13.2.1.Surveillance de la propagation.....	57
II.13.2.2.Surveillance de la qualité.....	57
II.13.3.Sensibilité d'un récepteur.....	58
II.14.Les antennes.....	58
II.14.1.Définition.....	58
II.14.2.Antenne isotrope.....	58
II.14.2.1.Les principaux caractéristiques d'une antenne > Gain.....	59
II.14.2.2.Diagramme de Rayonnement.....	60
II.14.3.Antenne parabolique.....	61

CHAPITRE III : *Etude sur le réseau de transmission de MOBILIS*

III.1.Définition de la transmission.....	62
III.2.Les types de transmission.....	62
III.2.1.la transmission numérique.....	63
III.2.2.La transmission analogique ou transmission par modulation.....	63

III.2.2.1. Définition de la modulation.....	63
III.2.2.2.Modulation de fréquence(FM) ou FSK.....	64
III.2.2.3.Modulation de phase (PM) ou PSK.....	64
III.2.2.4.Modulation de phase différentielle	65
III.2.2.5.Modulation d'amplitude (AM) ou ASK.....	65
III.2.2.6.Modulation QAM	66
III.3.l'échantillonnage	67
III.4.Quantification	67
III.5.Codage	68
III.5.1.Codage HDB3	68
III.6.Multiplexage.....	69
III.6.1.Multiplexage fréquentiel FDMA.....	69
III.6.2.Multiplexage temporel TDMA	69
III.6.3.Multiplexage de codes CDMA	70
III.7. Les modèles de réseaux utilisés dans la transmission.....	70
III.7.1.transmission asynchrone.....	70
III.7.1.1.Le réseaux PDH (Plesiochronous Data Hierarchy)	70
III.7.1.2. Définition.....	70
III.7.1.3.La trame de la base E1	72
III.7.1.4.Structure de trame MIC.....	72
III.7.1.4.1.Trame primaire et l'intervalle temporel (IT)	72
III.7.2.1.Le réseaux optique synchrone(SONET).....	73
III.7.2.2.Le réseaux Synchronous Digital Hierarchy(SDH)	74

III.7.2.2.1.L'arbre du multiplexage SDH	75
III.7.2.2.2.Les trame STM-4 et STM-16	76
III.7.2.2.3.Infrastructure du réseau S.D.H.....	78
III.7.2.3.Le réseaux Wavelength Division Multiplexing(WDM)	78
III.8.Réseau de transmission(mobilis) de TIZI OUZOU.....	79
III.8.1.câble coaxial.....	81
III.8.2.Liaison Abis	81
III.8.3.Tableaux résumant les caractéristiques des liaisons FH de MOBILIS.....	82
III.8.3.1.Tableau 1 : la liaison FH1 entre le site de site de BASTOS (15676D) et le site BSC (15246)	82
III.8.3.2.Tableau 2: la liaison FH2 entre le site de site de BASTOS (15676) et le site Timizart-laghbar (15214C).....	83
III.9.L'interconnexion entre les différents sites du réseau.....	84
III.9.1.Choix de la liaison FH.....	85

CHAPITRE IV : Configuration de trafic node de 3G

IV.1.Définition d'une liaison FH	87
IV.2.Les équipements d'une BTS	87
IV.2.1.Antennes	87
IV.2.2.câbles coaxiaux	87
IV.2.3.la BTS (Base Transciever Station).....	87

IV.2.4. Mini Link ou carte de commande	87
IV.2.4.1. Le module Indoor	88
IV.2.4.2. Le module Outdoor(RAU :Radio Access Unit et l'antenne)	89
IV.3. Planification d'une liaison	89
IV.3.1. Visite technique du terrain.....	89
IV.3.2. Dossier technique.....	89
IV.4. Configuration	91
IV.4.1. configuration du Trafic Node	91
IV.4.2. configuration du trafic node 3G.....	107
Conclusion générale	128

Annexe

Glossaire

Bibliographie

Listes des figure

Figure. I.1. Système cellulaire

Figure. I.2. Structure d'une trame GSM

Figure. I. 3. Architecture du réseau GSM

Figure. I .4 . Schéma descriptif de la gestion du réseau

Figure. I.5. Hiérarchie des cellules de l'UMTS

Figure. I .6. Les besoins en débit des services de l'UMTS

Figure .I.7. Architecture globale du réseau UMTS

Figure .I.8. Architecture du réseau d'accès

Figure .I.9. NodeB avec antennes sectorielles

Figure .I.10. NodeB avec antenne omnidirectionnelle

Figure. I.11. Représentation graphique de l'exemple de communication

Figure. I .12. Architecture du réseau cœur de l'UMTS

Figure. I .13. Vue en couches de l'interface radio UTRAN

Figure. I.14. Encapsulation des paquets TCP/IP à l'arrivée au réseau cœur

Figure. I.15. Principe de l'étalement de spectre

Figure.I.16. Effet Near-Far

Figure. I.18. Comparaison des puissances sans contrôle de puissance

Figure. I.19. Comparaison des puissances avec contrôle de puissance

Figure. I.20. Exemple de soft handover

Figure. I.21. Exemple de hard handover

Figure II.1. Propagation des ondes électromagnétiques

Figure. II.2. La gestion du spectre électromagnétique

Figure II.3. Représentation d'une onde plane

Figure II.4. Polarisation rectiligne

Figure II.5. Polarisation circulaire

Figure II.6. Dégagement de la ligne de visibilité

Figure II.7. L'ellipsoïde de Fresnel

Figure II.8. Schéma de principe d'une connexion par faisceau hertzien

Figure II.9. structure d'une liaison FH

Figure. II.10. les équipements d'une liaison FH

Figure. II.11. Schéma synoptique d'un émetteur/ récepteur d'une liaison FH Numérique

Figure II.12. Architecture du système IDU

Figure II.13 .Le câble IF

Figure. II.14. L'ODU

Figure. II.15.L'antenne

Figure II.16. Utilisation d'un seul couple de fréquences

Figure II.17. Canal émission commun aux deux sens dans une station

Figure II.18. Réduction des brouillages

Figure II.19. Séparation des demi-bandes émission/réception

Figure. II.20. Alternance des polarisations verticale et horizontale

Figure II.21.L'onde de sol

Figure II.22. schéma illustratif des cas des caractéristiques du bilan de liaison

Figure II.23. Antenne isotrope

Figure II.24. Gain d'une antenne

Figure II.25. Champ de fort gain d'une antenne

Figure II.26. Le diagramme de rayonnement

Figure II.27. Antenne parabolique

Figure III.1. Modulation de fréquence ou FSK

Figure III.2. Modulation de phase ou PSK

Figure III.3. Modulation d'amplitude ou ASK

Figure III.4. Les combinaisons d'amplitude et de phases

Figure III.5. Exemple de constellation QAM8 (3 bits par baud)

Figure III.6. Codage HDB3

Figure III.7. La trame E1

Figure.III.8. Structure d'une trame MIC

Figure III.9. L'emplacement de la SDH dans le modèle OSI

Figure III.10. Multiplexage SDH

Figure III.11.la structure de la trame STM-n.

Figure III.12. Protection 1+1

Figure.III.13. infrastructure du réseau SDH

Figure III.14.Réseau de transmission de Tizi ouzou

Figure III.15.coordonnées GPS de quelques sites .

Figure.III.16.câble coaxial

Figure III.17.liaison FH entre le site de Bastos(15676 D) et BSC (15246A).

Figure III.18.la liaison FH entre le site de bastos et le site de Timizart-laghbar

Figure III. 19. La carte des quelques liaisons FH choisie sur Google Earth

Figure. IV.1. MiniLink

Figure. IV.2.exemple d'un IDU

Figure. IV.3. exemple d'un ODU.

Figure.IV.4.Mini Link Craft 2.20

Figure. IV.5.MiniLink Craft après modification.

Figure.IV.5.MiniLink Craft après modification.

Figure.IV.7.les paramètres du Basic NE.

FigureIV.8. NE Location .

FigureIV.9. NEContact.

Figure IV.10. NE IP Adress.

Figure. IV.11. NE Subnet Mask.

Figure.IV.12.Default Gatway.

FigureIV.11.Continent.

FigureIV.13. City.

FigureIV.14. Date and Time.

Figure. IV.15.configuration de la Radio Link.

Figure. IV.16.terminal ID

Figure.IV.17. Far End ID

Figure.IV.18. Radio ID Check

Figure .IV.19.mode

Figure.IV.20.capacity

Figure.IV.21.Capacity Modulation

Figure.IV.22. Number of E1s

Figure.IV.23.TX Ferq.(MHz) et Rx Freq. (MHz)

Figure.IV.24. Outpower Mode et Output Power (dBm)

Figure.IV.25. Companion Pos

Figure.IV.26. RF Input Alarm Threshold Ra1 (dBm)

Figure.IV.27.BER Alarm Threshold

Figure.IV.28.sauvgarde des parameters

Figure. IV.29.résultat de lien configuré.

Figure .IV.30.RL-IME configuration.

Figure .IV.31.RL-IME après configuration.

Figure.IV.32.configuration general d'Ethernet Switch

Figure .IV.33.configuration de VLAN.

Liste des tableaux :

Tableau.III.1.Modulation QAM

Tableau III.2. Hiérarchie du système PDH

Tableau.III.3.Tableau récapitulatif des débits en SONET

Tableau.III.4.Tableau récapitulatif des débits en SDH

Tableau .III.5.caractéristiques de la liaison FH1

Tableau .III.6.caractéristiques de la liaison FH2

Tableau IV.1.dossier technique

Tableau.IV.2. Les coordonnées du site 15676D.

Tableau .IV.4.paramètres global

Tableau. IV.5. RL-IME Configuration .

Tableau.IV.5. Switch Port

Tableau. IV.6.paramètres de VLAN.

Tableau .IV.7.Parametres configuration QoS

Tableau .IV.8.User Defined Network Prioty Mapping.

Tableau. IV.8.les paramètres de Queues.

Tableau. IV.9.WAN Interface Queue Size configuration.

Introduction générale

Introduction Générale

Les réseaux de télécommunications sans fil font aujourd'hui partie de notre quotidien et sont devenus indispensables pour la majorité des habitants d'une nation, aussi bien pour leur vie professionnelle que privée. Les exemples d'applications sont multiples : téléphones cellulaires, liaisons satellitaires, liaisons hertziennes, réseaux locaux d'entreprise, etc.

C'est ainsi que les technologies de l'information et de la communication sont devenues des outils très efficaces de compétitivité pour les entreprises et un moyen de développement pour nos territoires. Dans le souci de permettre aux populations de communiquer partout et en temps réel, bon nombre des entreprises s'interrogent sur les infrastructures qui permettront de répondre à ces exigences. La mise en œuvre donc de ces infrastructures demeure un gage de promotion de la solidarité et aussi un important vecteur de développement pour un pays.

Après le succès mondial des réseaux de téléphonie mobile de seconde génération (dénommés 2G) qui consacraient l'avènement de la téléphonie mobile numérique et du multimédia, la nouvelle donne et l'attention international s'est tournée vers la 3G, les réseaux mobile de troisième génération qui vient répondre à plusieurs inquiétudes et préoccupations notamment concernant les questions de normalisation soulevés par la 2G, mais aussi au besoin grandissant de fourniture de services internet et multimédia à haut débit sur les réseaux mobiles.

C'est dans ce sens que l'UIT (Union Internationale des Télécommunications) sous la dénomination IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000) a entrepris une action de normalisation de la 3G troisième génération de réseaux mobiles. Cette action de normalisation porte notamment sur l'identification des différentes bandes de fréquences et la généralisation des services mobiles liés. De cette structuration et normalisation découle un ensemble de systèmes technologiques dit de troisième génération (UMTS, CDMA 2000,...).

Dans ce contexte nous nous sommes intéressés dans cette étude aux liaisons hertziennes qui permettent de relier des sites distants sans fil en haut débit, c'est une alternative à un réseau filaire. En effet, l'avantage est de pouvoir créer son propre réseau. Un opérateur de téléphonie mobile peut se développer facilement grâce au faisceau hertzien. Il lui suffit de réserver des gammes de fréquences pour pouvoir émettre. La chaîne d'émission est un dispositif permettant de transformer (moduler) un signal numérique afin qu'il puisse se propager dans l'air sous forme d'ondes électromagnétique. L'ensemble de l'énergie propagée est contenue dans un faisceau très fin rayonné par une antenne directive. Selon les fréquences utilisées et la quantité d'information à transmettre, les distances pourront être plus ou moins grandes.

Introduction Générale

Une grande partie de notre travail est effectuée au sein de l'entreprise Mobilis. Notre application est l'étude et configuration de trafic node d'une liaison FHN dans les régions de Tizi-Ouzou en utilisant le logiciel MINI-link. Le système fournit le cheminement de trafic intégré, le PDH et le CSAD multiplexant, Transport d'Ethernet.

Pour mieux présenter notre travail, nous avons réparti notre mémoire en quatre chapitres. Le premier est consacré aux généralités de réseau GSM et ces technique TDMA et FDMA. Ensuite, une étude du réseau UMTS est montrée avec son architecture globale. Le deuxième chapitre donne un aperçu sur les transmissions point à point, les équations de Maxwell et les liaisons Faisceaux Hertiens Numérique. Le troisième chapitre montre les liaisons FH numériques de Mobilis étudié ainsi aux leurs caractéristiques et positions géographique. Enfin, le dernier chapitre présente notre application qui consiste à la configuration et la planification de trafic Node de 3G.

Chapitre I

Généralités sur le réseau GSM et l'UMTS

I.1. préambule

Le réseau GSM (Global System for mobile Communication) constitue au début du 21^{ème} siècle le standard de téléphonie mobile le plus répandue dans le monde, c'est une norme de téléphonie dite « de seconde génération » (2G), les communications fonctionnent entièrement numérique. Baptisé « Groupe Social Mobile » à l'origine de sa normalisation en 1982, il est devenu une norme internationale nommée « Global System for Mobile Communication » en 1991.

Il offre à ses abonnés un très grand nombre de services, La téléphonie est la plus importante des services offerts. Ce réseau permet la communication entre deux postes mobiles où entre un poste mobile et un poste fixe. Les autres services proposés sont la transmission de données et la transmission de messages alphanumériques courts. Sa vitesse de transmission peut atteindre 9,6Kbps.

I.2. Présentation du réseau GSM

I.2.1. Système cellulaire

Dans un système cellulaire, la région couverte est divisée en cellule, comme illustré à la Figure 1. Une cellule est de forme circulaire mais dépend en réalité de la topographie de la région qui est servie par l'antenne de la cellule. Pour plus de clarté, on peut les illustrer par des hexagones. Au centre d'une cellule on retrouve un ou un ensemble d'émetteurs récepteurs correspondant à une bande de fréquences.

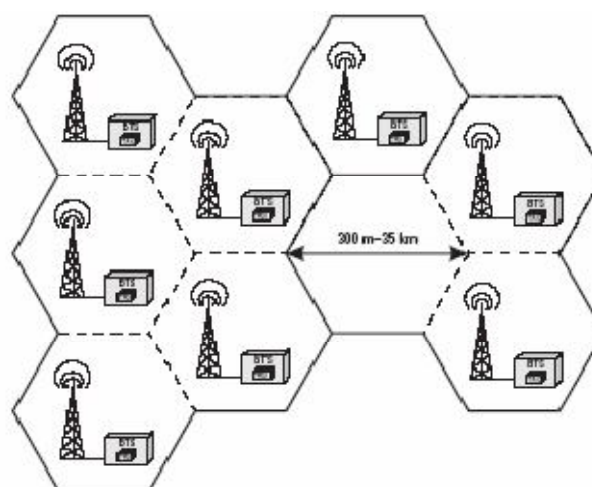


Figure. I.1. Système cellulaire

La dimension d'une cellule est fonction de la puissance de son émetteur-récepteur. Si un émetteur-récepteur est très puissant, alors son champ d'action sera très vaste, mais sa bande de fréquence peut être rapidement saturée par des communications. Par contre, en utilisant des cellules plus petites, (émetteur-récepteur moins puissant) alors la même bande de fréquence pourra être réutilisée plus loin, ce qui augmente le nombre de Communications possibles.

Dans la conception d'un réseau cellulaire, il faut considérer les aspects suivants:

- ❖ La topographie (bâtiments, collines, montagnes, etc.)
- ❖ La densité de la population (ou de communications) pour établir la dimension de cellule.
- ❖ Deux cellules adjacentes ne peuvent utiliser la même bande de fréquence afin d'éviter les interférences. La distance entre deux cellules ayant la même bande doit être de 2 à 3 fois le diamètre d'une cellule.

La taille des cellules peut varier entre 0.5 et 35 km et dépend de la densité d'utilisateur et de la topographie. Les cellules sont regroupées en bloc (appelé motif ou cluster). Le nombre de cellules dans un bloc doit être déterminé de manière à ce que le bloc puisse être reproduit continuellement sur le territoire à couvrir. Typiquement, le nombre de cellules par bloc est de 4, 7, 12 ou 21. La forme et la dimension des blocs et le nombre de cellules est fonction du nombre de fréquences (canaux) disponibles.

I.2.2. Caractéristiques du signal GSM

Les signaux GSM émettant à une fréquence dite "à 900 MHz", qui utilise une bande de fréquence comprise entre 890 et 915 MHz avec une puissance maximale de 2 W et reçoivent les signaux à une fréquence comprise entre 935 et 960 MHz.

I.2.2.1. La technique d'accès TDMA

Une trame de durée 4,615 ms est divisée en 8 intervalles de temps égaux. Chaque intervalle d'une trame constitue un canal de durée 577µs. On peut ainsi faire passer 8 communications simultanément.

I.2.2.2. La technique d'accès FDMA

Les bandes utilisées pour la communication mobile sont divisées en 124 sous-bandes, de largeur du canal égale à 200 kHz et chaque fréquence est subdivisée dans l'espace temporel en 8 TS. En effet, le réseau GSM fonctionne en réalité en mode pulsé modulé, puisque pour chaque canal de communication, on utilise un cycle de 8 TS dans l'émission et la réception.

Un simple calcul permet de déterminer la fréquence pulsée modulée du signal dans la bande 900MHz. La durée d'une trame est égale à 4,615ms, par conséquent la fréquence de répétition d'une trame d'une même communication est égale à $1/4,615ms$ soit 217Hz .

Dans une communication, l'émetteur et/ou le récepteur est enclenché et arrêté 217 fois par seconde.

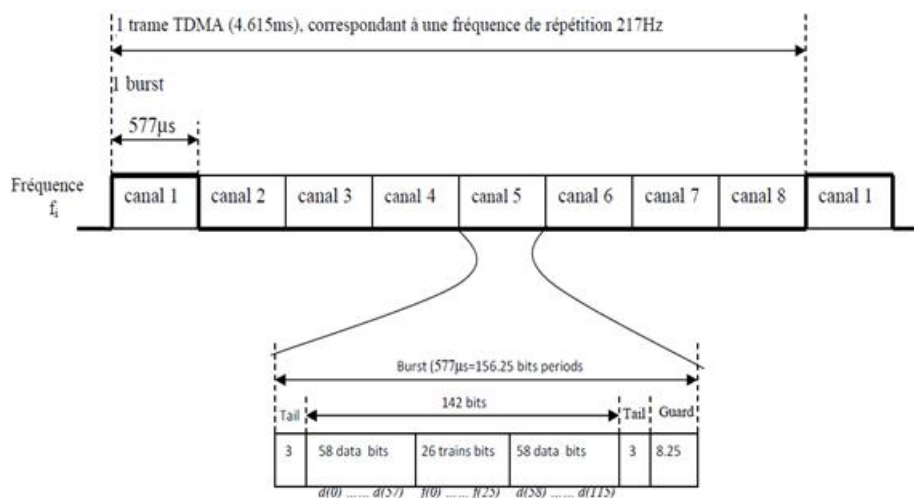


Figure. I.2. Structure d'une trame GSM

Dans un secteur d'une station de base GSM, on peut trouver plusieurs TRX et chaque TRX est composé de 8 canaux. Dans chaque secteur on doit allouer un canal de signalisation appelé BCCH qui est généralement fixé au premier TS de l'un de ces TRX. Le reste des canaux des

différents TRX sont réservés pour le trafic et sont appelés communément des canaux TCH.

I.3. Architecture du réseau

La structure du réseau GSM peut être divisée en quatre sous système :

I.3.1. La station mobile (Mobile Station, MS) : La station mobile se compose d'un terminal et d'une carte SIM (Subscriber Identity Module). C'est un appareil constitué d'un émetteur /récepteur, il peut être un simple téléphone mobile ou un ordinateur de poche très évolué.

I.3.2. Le sous système radio (Base Station Subsystem , BSS) : Le réseau GSM est basé sur des transmissions par voie hertzienne, l'échange des données est géré par le sous système radio . Ce dernier est constitué de deux éléments : la station de base (BTS) et le contrôleur de station de base (BSC).

I.3.2.1. La station de base (BTS)

La cellule est l'unité de base pour la couverture radio d'un territoire.

Une station de base BTS assure la couverture radioélectrique d'une cellule du réseau, elle fournit un point d'entrée dans sa cellule pour recevoir ou pour permettre des appels.

Une station de base gère simultanément huit communications au maximum.

I.3.2.2. Le contrôleur de station de base (BSC)

Il est l'équipement de contrôle de sous système radio, sa fonction principale est le pilotage des stations de base.

- Il gère les ressources radio (configuration des canaux ...).
- La gestion des appels (établissement, supervision ...).
- La gestion de l'exploitation, de la maintenance...etc.

I.3.3. Le sous-système réseau (Network Subsystem, NSS) : Le NSS joue un rôle essentiel dans un réseau mobile. Alors que le sous-système radio gère l'accès radio, les éléments du

NSS prennent en charge toutes les fonctions de contrôle et d'analyse d'informations contenues dans les bases nécessaires à l'établissement des connexions.

Il est constitué de :

I.3.3.1. Le centre de commutation mobile : (MSC Mobile Switching Center)

Les centres de commutation mobile (MSC : Mobile Switching Center) sont des commutateurs de service qui permettent d'assurer la commutation des appels ou des flux de données des abonnés du réseau mobile vers d'autres abonnés que ce soit du même opérateur ou d'un opérateur différent ainsi que vers les réseaux téléphoniques fixes (RTC)

Et le réseau internet.

I.3.3.2. L'enregistrement de localisation nominale : HLR (Home Location Register)

Il existe au moins un enregistreur de localisation nominale par réseau (PLMN).

Il s'agit d'une base de données contenant des informations essentielles pour les services de téléphonie mobile et avec un accès rapide de manière à garantir un temps d'établissement de connexion aussi court que possible. Le HLR contient :

- L'identité internationale de l'abonné (IMSI) utilisé par le réseau.
- Le numéro d'annuaire de l'abonné (MSISDN : Mobile Station Integrated Service Digital Number).
- Le profil de l'abonnement, autrement dit, toutes les informations relatives aux abonnés, le type de l'abonnement, les services souscrits, autorisation d'appel international...etc.

I.3.3.3. L'enregistreur de localisation des visiteurs : VLR (Visitor Location Register)

C'est une base de données qui ne contient que des informations dynamiques de façon temporaire de tous les abonnés qui appartiennent à la surface géographique qu'il contrôle.

I.3.3.4. Le centre d'authentification : AUC (Authentication Center)

Le centre d'authentification AUC est une base de données qui stocke des informations confidentielles, il est localisé dans une pièce dont l'entrée est contrôlée et où seul un personnel habilité peut pénétrer. Avant tout accès à la base de données, ce personnel doit fournir un mot de passe, en outre les informations contenues dans la base sont inscrites sur les supports physiques sous une forme codée.

I.3.3.5. L'enregistreur des identités des équipements : EIR (equipment identity register).

Le registre EIR contient la liste des identités de tous les terminaux valides. Cette identité ne peut pas être modifiée sans alerter le terminal. Une consultation de ce registre permet de refuser l'accès à un terminal qui a été déclaré perdu ou volé.

I.3.3.6. Commutateur d'entrée de service mobile GMSC (Gateway MSC)

Ce commutateur est l'interface entre le réseau cellulaire et le réseau téléphonique public. Le GMSC est chargé d'acheminer les appels du réseau fixe à un usager GSM.

I.3.4. Le sous-système d'exploitation de maintenance (operating subsystem ,oss).

Cette partie de réseau s'occupe de la gestion et d'exploitation des éléments des deux sous-réseaux précédents comme les BTS, les BSC, les MSCEtc.

Le schéma suivant résume l'architecture du réseau GSM (figure I.3) :

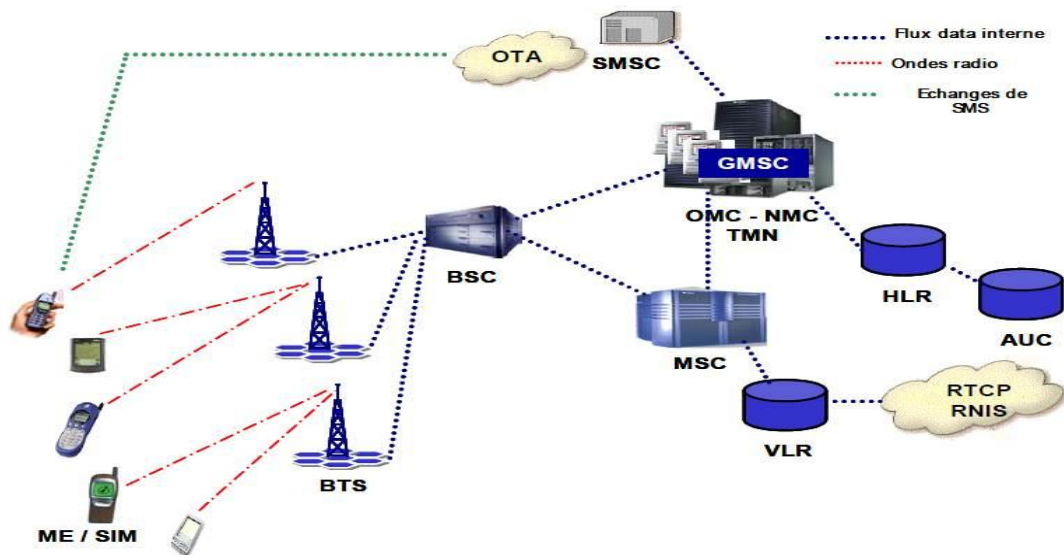


Figure. I. 3. Architecture du réseau GSM

I.4. Etude de la partie réseau du système GSM

I.4.1. La gestion réseau du système GSM

Un réseau de télécommunication se compose des équipements physiques, des logiciels associés qui assurent les fonctions constituant les éléments logiques de base.

Les éléments logiques servent à bâtir les couches de réseau de transmission, qui sont des produits (analogiques, numériques). Ces produits permettant d'offrir des services réseaux. La structure d'un réseau se modélise avec trois niveaux logiques :

- entités réseaux (équipement et le logiciel).
- le réseau de transmission (radio, numérique et commuté).
- services (téléservices, services supports).

Le réseau de gestion s'appuie sur des règles de dialogue (logique) et des interfaces physiques définies par les organismes internationaux afin de permettre l'interconnexion de matériels de fabricants différents et de les gérer à partir d'interfaces standard. Les équipements possèdent des logiciels pour leur fonctionnement et leur exploitation, des canaux intégrés d'exploitation pour une connexion pour le transport de données vers un centre de gestion de réseau.

Le CCITT a développé le concept de TMN dans la recommandation M30. Les fonctions et les opérations administratives ou techniques de gestion et d'exploitation du réseau GSM s'inscrivent dans ce cadre.

Les interfaces entre les équipements et le centre de gestion sont conformes au profil de la pile.

Logicielle Q3 définie par le CCIT. La figure 4 est un schéma descriptif de la gestion du réseau.

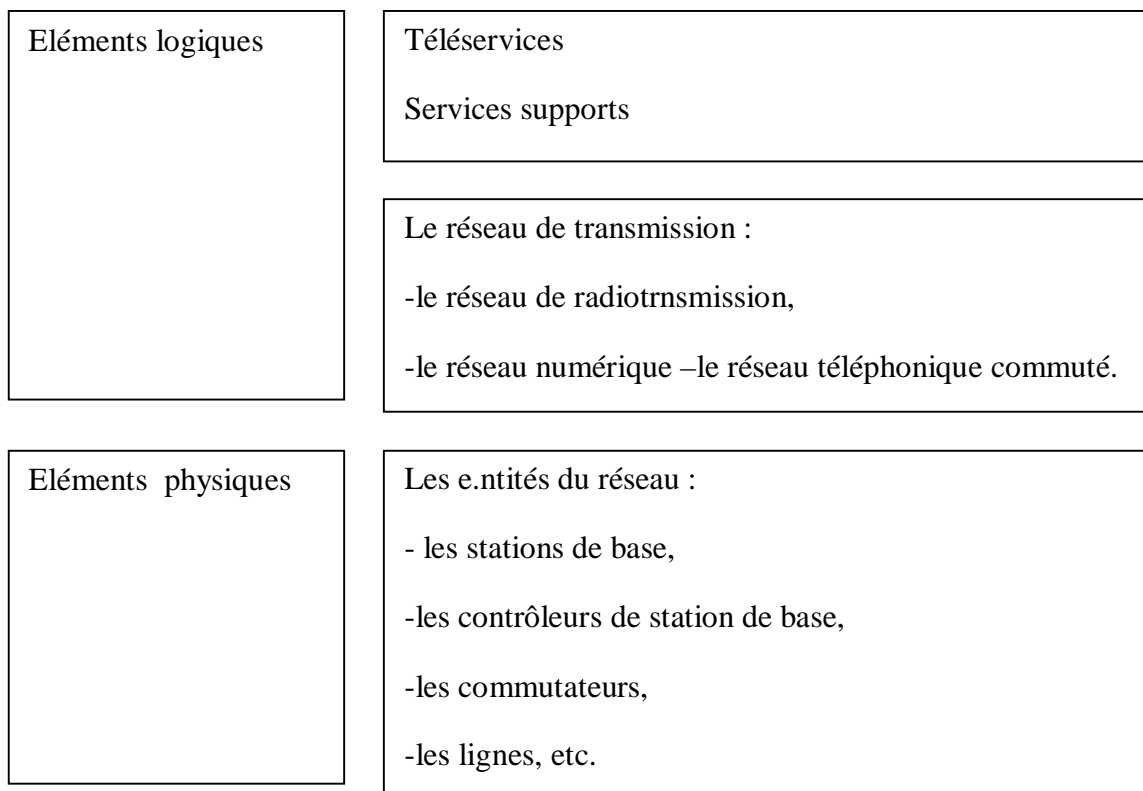


Figure.I.4 .Schéma descriptif de la gestion du réseau.

I.5. Le réseau UMTS :

I.5.1. Historique

Après la première génération (1G) de téléphonie mobile (réseau radio-mobiles), caractérisée par une modulation analogique et la seconde (2G), caractérisée par une

modulation numérique et une normalisation internationale(en Europe le système 2G utilisé est bien sur le système unique de téléphonie mobile.

Depuis 1985, l'Union internationale de Télécommunication (UIT) a réfléchi à un système de troisième génération, initialement appelé Futur Public Land Mobile Téléphone(FPLMTS), mais actuellement connu sous le nom d'IMT-2000.

L'idée fondatrice du système 3G était d'intégrer tous les réseaux de deuxième génération du monde entier en un seul réseau et de lui adjoindre des capacités multimédia (haut débit pour les données).Le principe du système est souvent résumé dans la formule « anyone, anywhere », signifiant que chacun doit pouvoir joindre ou être joint n'importe où et n'importe quand.

Le système doit permettre donc l'acheminement de la communication indépendamment de la localisation de l'abonné, que celui-ci se trouve chez lui, au bureau, en avion ...

Le déploiement de l'UMTS, initialement prévu pour télécommunications suite le début du siècle a été freiné en raison de son coût et de la mauvaise conjoncture économique du monde des télécommunications suite à l'éclatement de la bulle internet.

Le 1^{er} décembre 2002, l'opérateur norvégien TelenorTM a annoncé le déploiement du premier réseau commercial UMTS.L'opérateur autrichien MobilkomTM Austria a quant à lui, lancé le premier service commercial UMTS le 25 septembre 2002.

I.5.2. Définition

UMTS a été conçu comme le successeur de GSM et annonce le mouvement vers les réseaux de télécommunication de 3^{ème} génération (3G). UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) est une norme pour les télécommunications du « nouveau millénaire » définie par la WARC (*World Administrative Radio Conference*) de l'ITU (*International Telecommunication Union*). La technologie UMTS (dite technologie de 3^e génération (3G)), permettant de fournir aux utilisateurs une meilleure qualité de service quant aux télécommunications, notamment en ce qui concerne les services offerts (possibilités) et les vitesses de transferts.

Comme son nom l'indique, UMTS est une technologie dédiée à la télécommunication mobile.

I.5.3. Présentation de l'UMTS

À la suite des technologies analogiques, plusieurs technologies très différentes ont été adoptées au niveau mondial. C'est pourquoi les systèmes de 2^e génération sont incompatibles entre eux au niveau radio ; parmi les plus largement répandus, on trouve actuellement :

- le PDC (*Personal Digital Cellular*) et le PHS (*Personal Handyphone System*) utilisés essentiellement au Japon ;
- le D-AMPS (*Digital-Advanced Mobile Phone Service*) et IS-95, principalement sur le continent américain et en Asie;
- le GSM (*Global System for Mobile communications*), norme à l'origine uniquement européenne, qui a réussi à s'exporter.

I.5.4. Hiérarchie des cellules de l'UMTS

Tout comme le réseau GSM, l'UMTS est divisé en plusieurs cellules de tailles variables. Chacune d'entre elles est présentée en fonction de la densité de population à servir et de la vitesse de mobilité. L'accès par satellite est une extension.

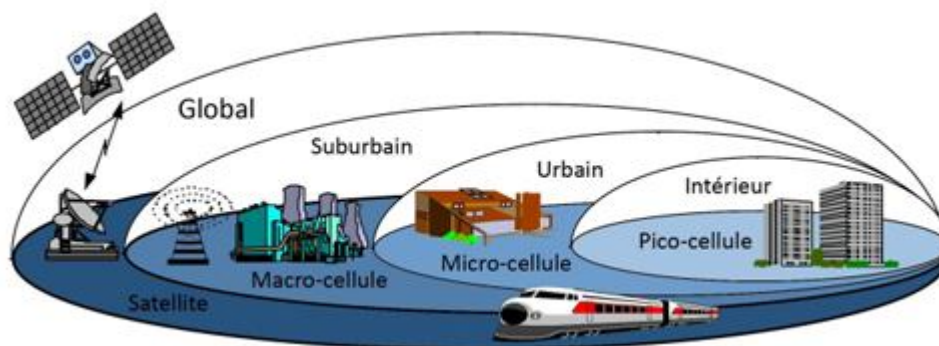


Figure.I.5. Hiérarchie des cellules de l'UMTS

- Une pico-cellule permet des débits de l'ordre de 2 Mbits/s lors d'un déplacement de l'ordre de 10 km/h (marche à pied, déplacement en intérieur, etc...).

- Une micro-cellule permet des débits de l'ordre de 384 Kbits/s lors d'un déplacement de l'ordre de 120 km/h (véhicule, transports en commun, etc.).
- Une macro-cellule permet des débits de l'ordre de 144 Kbits/s lors d'un déplacement de l'ordre de 500 km/h (Train à Grande Vitesse, etc.).

I.5.5. Les services de l'UMTS

Le schéma ci-après présente les différents services que propose l'UMTS. Sur l'axe des ordonnées se trouve le débit demandé pour le service en question. Chacun des services est regroupé par leur type de connexion (bidirectionnel, unidirectionnel, diffusion point/multipoint).

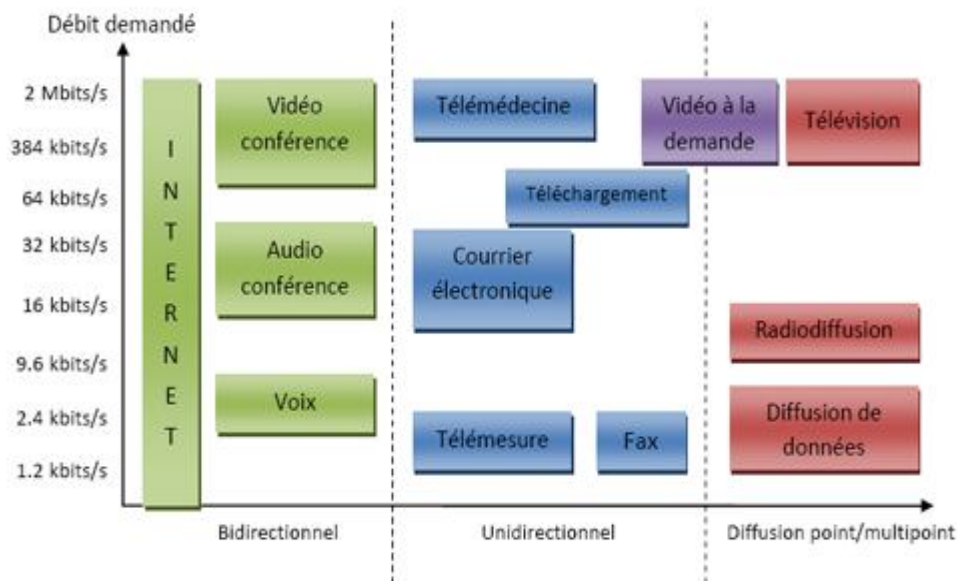


Figure. I.6. Les besoins en débit des services de l'UMTS

I.5.6. Le réseau UMTS

Le réseau UMTS est composé d'un réseau d'accès UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) et d'un réseau cœur.

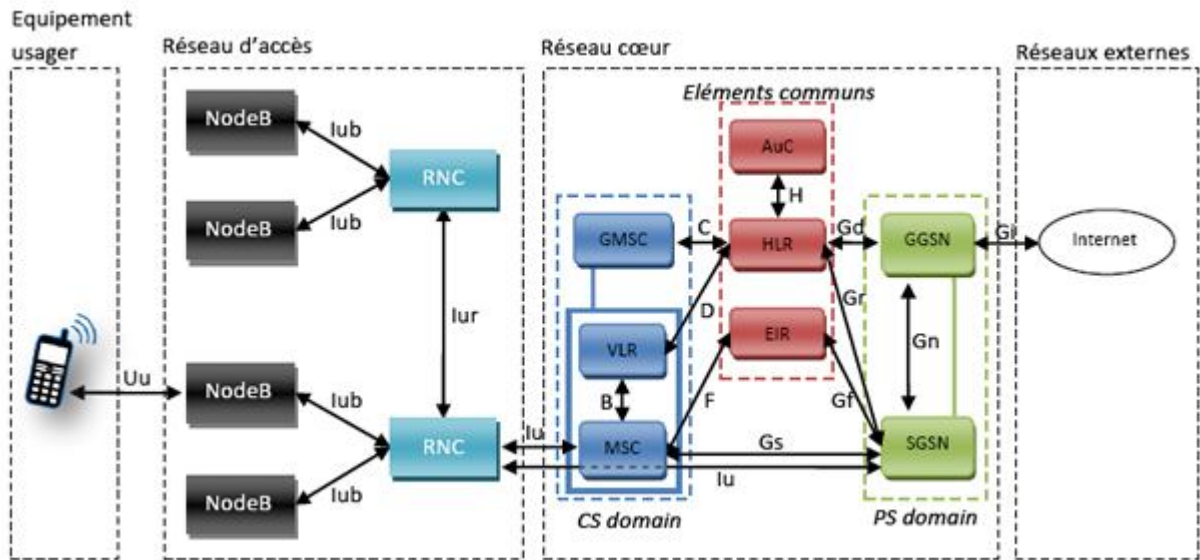


Figure .I.7. Architecture globale du réseau UMTS

I.5.7. Réseau d'accès Utran

Le réseau d'accès UTRAN est doté de plusieurs fonctionnalités. Sa fonction principale est de transférer les données générées par l'utilisateur. Il est une passerelle entre l'équipement usager et le réseau cœur via les interfaces Uu et Iu. Cependant, il est chargé d'autres fonctions :

- Sécurité : Il permet la confidentialité et la protection des informations échangées par l'interface radio en utilisant des algorithmes de chiffrement et d'intégrité.
- Mobilité : Une estimation de la position géographique est possible à l'aide du réseau d'accès UTRAN.
- Gestion des ressources radio : Le réseau d'accès est chargé d'allouer et de maintenir des ressources radio nécessaires à la communication.
- Synchronisation : Il est aussi en charge du maintien de la base temps de référence des mobiles pour transmettre et recevoir des informations.

Le réseau d'accès UTRAN est composé de plusieurs éléments : une ou plusieurs stations de base (appelées NodeB), des contrôleurs radio RNC (Radio Network Controller) et des interfaces de communication entre les différents éléments du réseau UMTS.

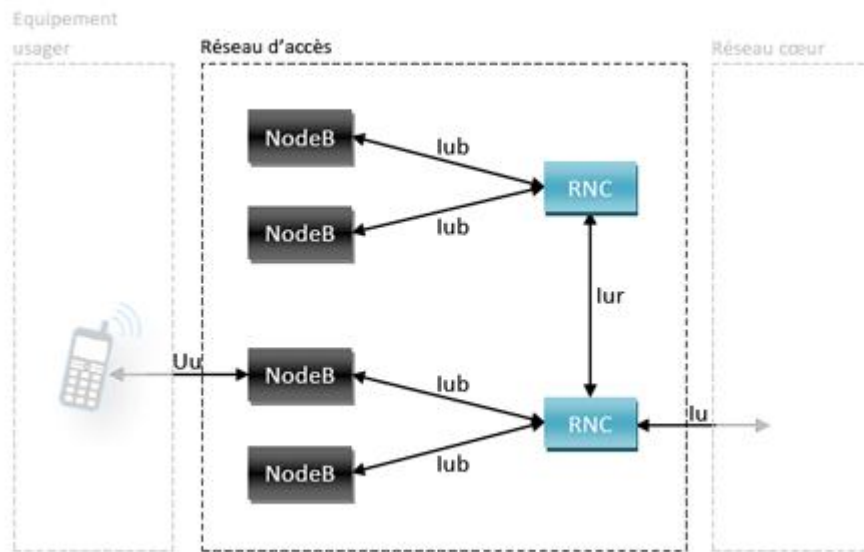


Figure.I.8. Architecture du réseau d'accès NodeB

Le rôle principal du NodeB est d'assurer les fonctions de réception et de transmission radio pour une ou plusieurs cellules du réseau d'accès de l'UMTS avec un équipement usager. Le NodeB travaille au niveau de la couche physique du modèle OSI (codage et décodage). Nous pouvons trouver deux types de NodeB :

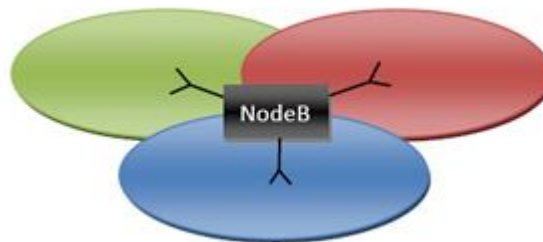


Figure .I.9.NodeB avec antennes sectorielles



Figure .I.10. NodeB avec antenne omnidirectionnelle

I.5.7.1.RNC (Radio Network Controller)

Le rôle principal du RNC est de router les communications entre le NodeB et le réseau cœur de l'UMTS. Il travaille au niveau des couches 2 et 3 du modèle OSI (contrôle de puissance, allocation de codes). Le RNC constitue le point d'accès pour l'ensemble des services vis-à-vis du réseau cœur.

Lorsqu'une communication est établie par un équipement usager, une connexion de type RRC (Radio Resource Control) est établie entre celui-ci et un RNC du réseau d'accès UTRAN. Dans ce cas de figure, le RNC concerné est appelé SRNC (Serving RNC). Si l'utilisateur se déplace dans le réseau, il est éventuellement amené à changer de cellule en cours de communication. Il est d'ailleurs possible que l'utilisateur change de NodeB vers un NodeB ne dépendant plus de son SRNC. Le RNC en charge de ces cellules distantes est appelé « controlling RNC ». Le RNC distant est appelé « drift RNC » du point de vue RRC. Le « drift RNC » a pour fonction de router les données échangées entre le SRNC et l'équipement usager.

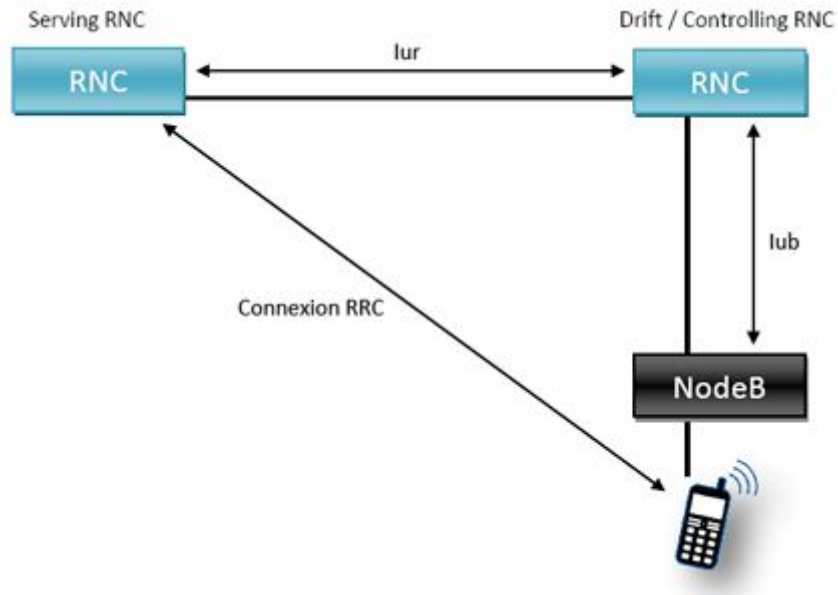


Figure. I.11. Représentation graphique de l'exemple de communication

I.5.7.2. Les interfaces de communication

Plusieurs types d'interfaces de communication coexistent au sein du réseau UMTS :

- Uu : Interface entre un équipement usager et le réseau d'accès UTRAN. Elle permet la communication avec l'UTRAN via la technologie CDMA.
- Iu : Interface entre le réseau d'accès UTRAN et le réseau cœur de l'UMTS. Elle permet au contrôleur radio RNC de communiquer avec le SGSN.
- Iur : Interface qui permet à deux contrôleurs radio RNC de communiquer.
- Iub : Interface qui permet la communication entre un NodeB et un contrôleur radio RNC.

I.5.8. Réseau cœur

Le réseau cœur de l'UMTS est composé de trois parties dont deux domaines :

- Le domaine CS (Circuit Switched) utilisé pour la téléphonie
- Le domaine PS (Packet Switched) qui permet la commutation de paquets.
- Les éléments communs aux domaines CS et PS

Ces deux domaines permettent aux équipements usagers de pouvoir gérer simultanément une communication paquets et circuits. Ces domaines peuvent être considérés comme des domaines de service. Ce type d'architecture permet de pouvoir créer ultérieurement d'autres domaines de service.

Le schéma représente l'architecture du réseau cœur de l'UMTS

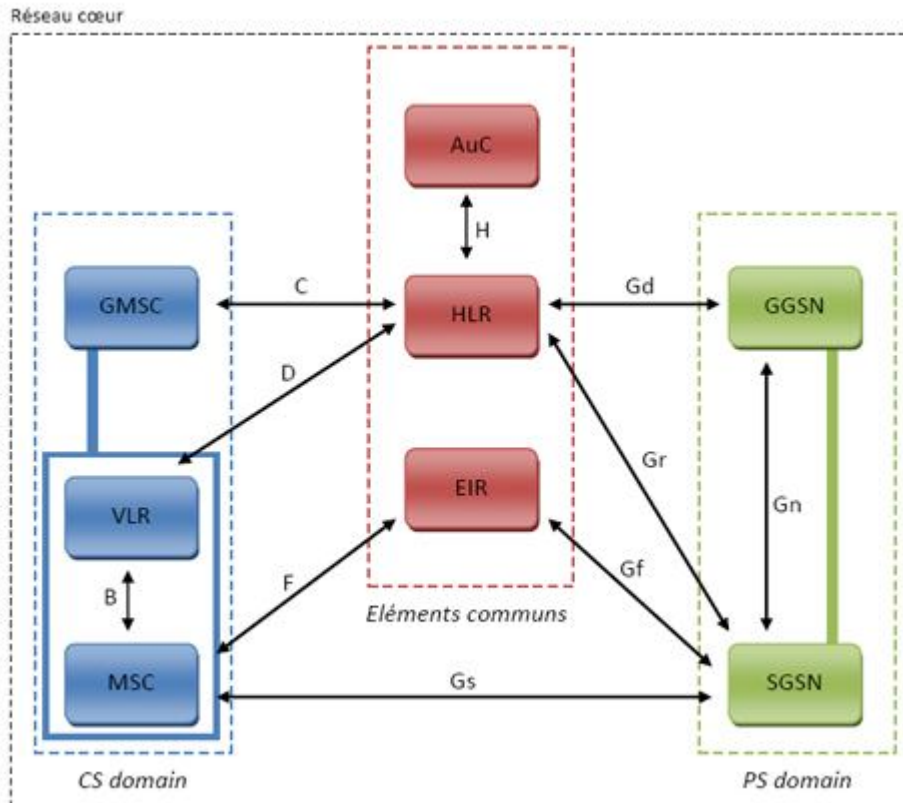


Figure.I .12. Architecture du réseau cœur de l'UMTS

I.5.8.1. Eléments communs

Le groupe des éléments communs est composé de plusieurs modules :

- Le HLR (Home Location Register) représente une base de données des informations de l'utilisateur : l'identité de l'équipement usager, le numéro d'appel de l'utilisateur, les informations relatives aux possibilités de l'abonnement souscrit par l'utilisateur.
- L'AuC (Authentication Center) est en charge de l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication. Si une de ces deux fonctions n'est pas respectée, la communication est rejetée. L'AuC se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'utilisateur et pour ainsi créer une clé d'identification.
- L'EIR (Equipment Identity Register) est en charge de la gestion des vols des équipements usagers. Il est en possession d'une liste des mobiles blacklistés par un numéro unique propre à chaque équipement usager, le numéro IMEI (International Mobile station Equipment Identity).

I.5.8.2. Le domaine CS

Le domaine CS est composé de plusieurs modules :

- Le MSC (Mobile-services Switching Center) est en charge d'établir la communication avec l'équipement usager. Il a pour rôle de commuter les données.
- Le GMSC (Gateway MSC) est une passerelle entre le réseau UMTS et le réseau téléphonique commuté PSTN (Public Switched Telephone Network). Si un équipement usager contacte un autre équipement depuis un réseau extérieur au réseau UMTS, la communication passe par le GMSC qui interroge le HLR pour récupérer les informations de l'utilisateur. Ensuite, il route la communication vers le MSC dont dépend l'utilisateur destinataire.
- Le VLR (Visitor Location Register) est une base de données, assez similaire à celle du HLR, attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR garde en mémoire l'identité temporaire de l'équipement usager dans le but d'empêcher l'interception de l'identité d'un utilisateur. Le VLR est en charge d'enregistrer les utilisateurs dans une zone géographique LA (Location Area).

I.5.8.3. Le domaine PS

Le domaine PS est composé de plusieurs modules :

- Le SGSN (Serving GPRS Support Node) est en charge d'enregistrer les utilisateurs dans une zone géographique dans une zone de routage RA (Routing Area)
- Le GGSN (Gateway GPRS Support Node) est une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs tels que l'Internet.

I.5.9. L'interface radio de l'utran

I.5.9.1. Architecture en couches

L'interface radio de l'UTRAN est structurée en couches dont les protocoles se basent sur les 3 premières couches du modèle OSI (respectivement la couche physique, la couche liaison de données et la couche réseau).

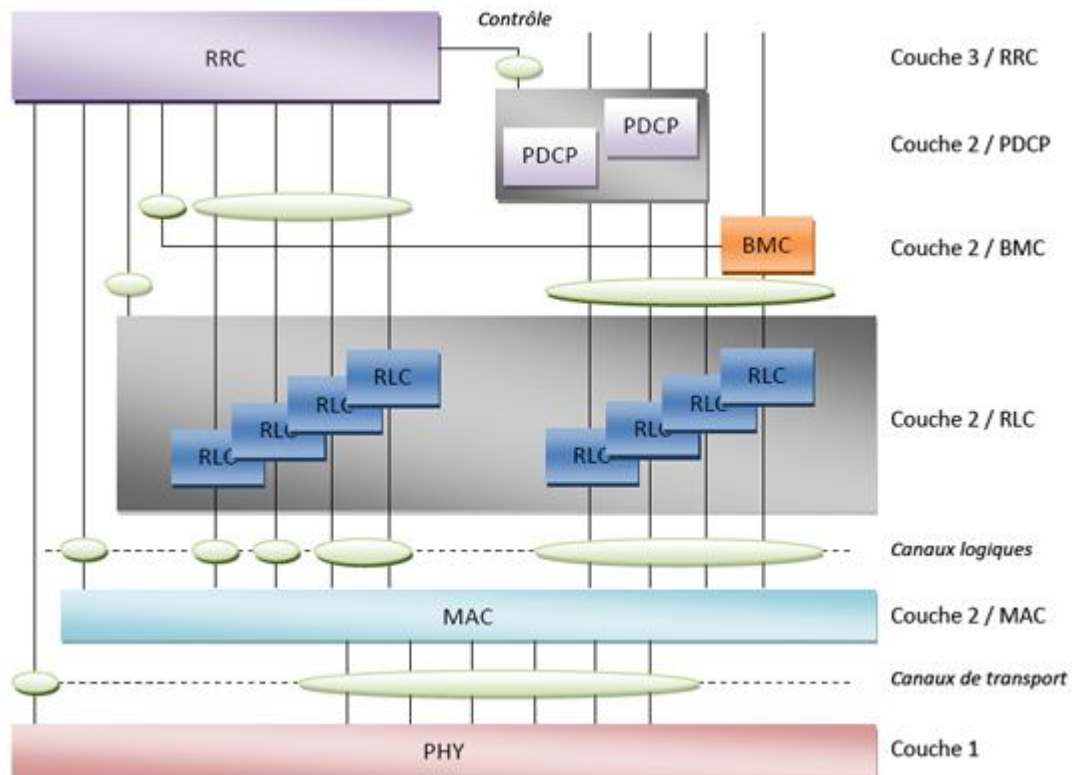


Figure.I .13.Vue en couches de l'interface radio UTRAN

Couche 1 : Cette couche PHY représente la couche physique de l'interface radio qui réalise les fonctions de codage, décodage, modulation et d'entrelacement via W-CDMA.

Couche 2 : Cette couche est divisée en plusieurs sous couches :

- La sous-couche MAC (Medium Access Control) a pour rôle de multiplexer les données sur les canaux de transport radio.
- La sous-couche RLC (Radio Link Control) permet la fiabilité du transport des données entre deux équipements du réseau.
- La sous-couche PDCP (Packet Data Convergence Protocol) permet de compresser les données via des algorithmes de compression. Cela permet d'exploiter plus efficacement les ressources radio. PDCP compresses les en-têtes des paquets TCP/IP suivant les RFC 1144 et 2507. De plus, cette sous-couche PDCP a aussi pour rôle de rendre indépendant les protocoles radio du réseau d'accès UTRAN (sous-couches MAC et RLC) par rapport aux couches de transport réseau. Ce type d'architecture permettra l'évolution future des protocoles réseaux sans modifier les protocoles radio de l'UTRAN.

- La sous-couche BMC (Broadcast/Multicast Control) est en charge d'assurer les fonctions de diffusion de messages sur l'interface radio.

Couche 3 : Cette couche RRC (Radio Resource Control) gère la connexion de signalisation établie entre le réseau d'accès UTRAN et l'équipement usager, utilisée lors de l'établissement ou de la libération de la communication.

I.5.9.2. Transport des données

Suivant le type de données à transporter, la gestion du transport des données est différente. Commençons par détailler les trames relatives à la voix. La couche PDCP n'est pas utilisée dans ce type de transport. Les couches MAC et RLC sont employées en mode transparent, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de segmentation, ni de multiplexage.

En revanche, le transport d'un paquet IP, le mécanisme est différent. Ce type de paquet N-PDU (Network PDU) provient du réseau cœur de l'UMTS à destination du réseau d'accès UTRAN. Tout d'abord, l'en-tête de la N-PDU est compressé par la couche PDCP. La couche RLC segmente la PDU ainsi compressée. Un en-tête est alors rajouté à la RLC-PDU par la couche MAC lors du multiplexage.

Le schéma ci-dessous présente l'encapsulation des paquets qui arrivent au réseau cœur de l'UMTS :

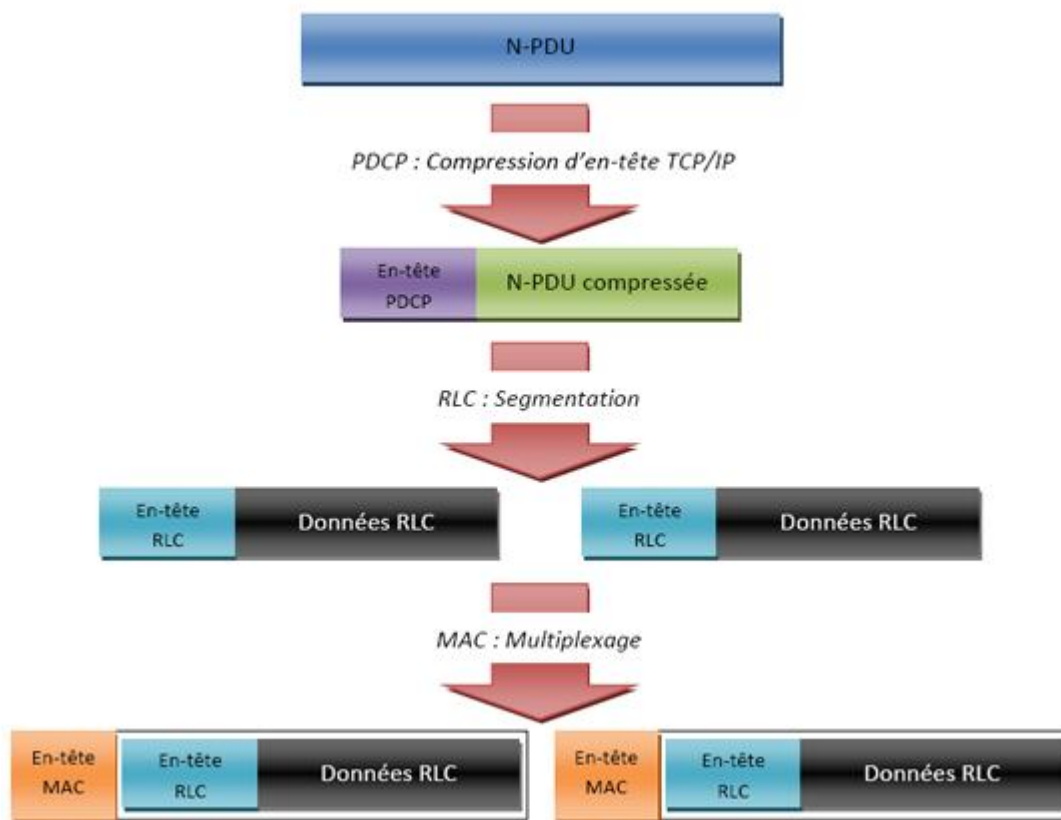


Figure. I.14. Encapsulation des paquets TCP/IP à l'arrivée au réseau cœur

I.5.9.3. Les principes du W-CDMA

L'interface radio de l'UMTS se base sur le W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Cependant, le W-CDMA se base sur une technique plus ancienne qui est le CDMA (Code Division Multiple Access). Afin de comprendre les concepts du W-CDMA, il est important de comprendre la technique du CDMA.

I.5.9.3.1. Technique CDMA

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

I.5.9.3. 2. Les avantages

- Efficacité spectrale
- Sécurité de la transmission : le signal codé est détectable comme étant du bruit.
- Handover.
- Gestion du plan de fréquences.
- Concentration de trafic.

I.5.10. Principe de l'étalement de spectre

Le W-CDMA réalise un étalement de spectre selon la méthode de répartition par séquence directe (Direct Séquence).

Pour cela, chaque bit de l'utilisateur à transmettre est multiplié (OU exclusif) par un code pseudo aléatoire PN (Pseudo random Noise code) propre à cet utilisateur. La séquence du code (constituée de N éléments appelés "chips") est unique pour cet utilisateur, et constitue la clé de codage. Cette dernière est conservée si le symbole de donnée est égal à 1, sinon elle est inversée. La longueur L du code est appelée facteur d'étalement SF (Spreading Factor).

Si chacun des symboles a une durée T_b , on a 1 chip toutes les T_b/N secondes. Le nouveau signal modulé a un débit N fois plus grand que le signal initialement envoyé par l'utilisateur et utilisera donc une bande de fréquences N fois plus étendue.

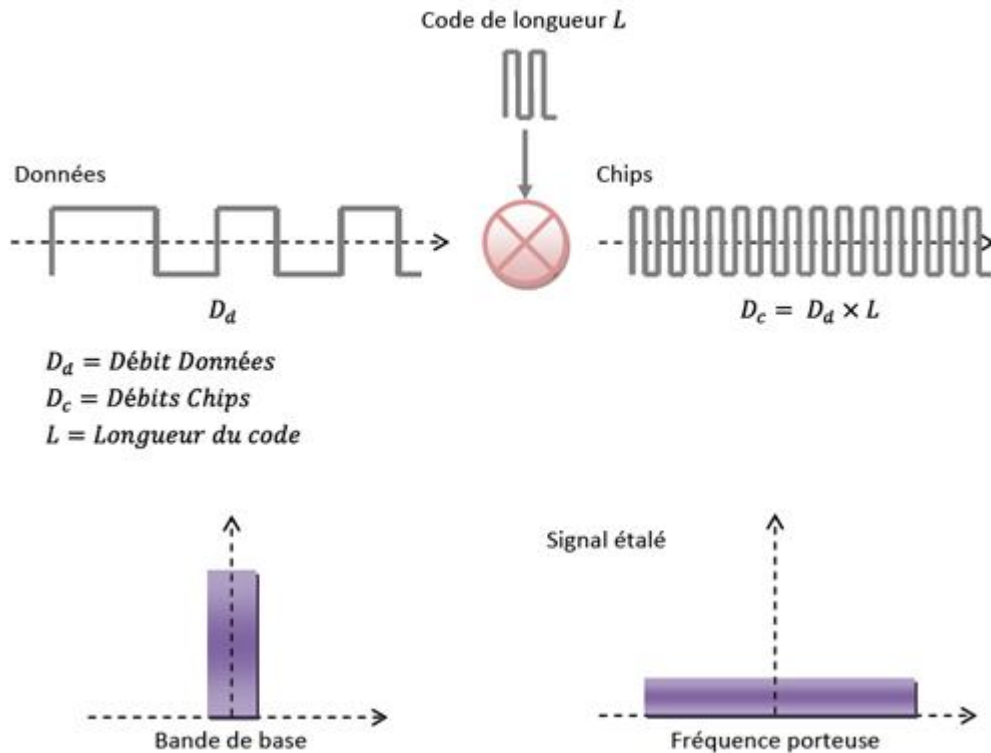


Figure. I.15. Principe de l'étalement de spectre

Afin de pouvoir lire le message codé envoyé, le récepteur doit réaliser la même opération. En effet, ce dernier génère la même séquence d'étalement qu'il multiplie au signal reçu afin d'obtenir les données. Les données des autres utilisateurs (pas de multiplication avec la séquence d'étalement) restent étalées.

I.5.11. Contraintes de WCDMA

I.5.11.1.L'effet near-far

On parle d'effet near-far lorsqu'un appareil mobile émet à une puissance trop élevée qui empêche tous les autres appareils mobiles du voisinage. L'appareil mobile à forte puissance éblouit son entourage.

Prenons par exemple un appareil mobile émetteur se trouvant au pied de la station de bases et d'autres appareils mobiles en périphérie dont leur puissance qui arrive au pied de la station de base est affaiblie par la distance. Ces dernières seront masquées par le signal de l'émetteur

puissant.

Pour remédier à ce problème, il est possible de mettre en place un système de contrôle de puissance. Le système de contrôle rapide en boucle fermée (Closed-loop Power Control) a été retenue pour le W-CDMA. Ce système permet à la station de base de réaliser des estimations régulières (1500 fois par seconde pour chaque mobile) du rapport signal à interférence (Signal to Interference Ratio) en les comparants avec la valeur du rapport signal à interférence du destinataire. Si l'estimation de cette valeur est supérieure à la valeur du destinataire, la station de base demande à l'appareil mobile concerné de réduire sa puissance d'émission ou de l'augmenter.

Le contrôle de puissance permet à la station de base de recevoir les signaux de même puissance. Ce mécanisme permet de prendre en compte tout type de variation d'affaiblissement.

Le schéma ci-dessous illustre ce phénomène de near-far. En effet, nous avons 3 équipements mobiles qui sont connectés à la même station de base. Cependant, du fait de leur distance à celle-ci, leur puissance est différente à l'arrivée du signal à la station de base.

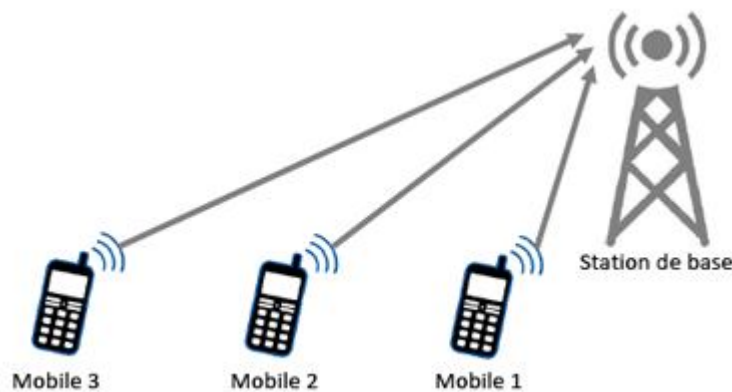
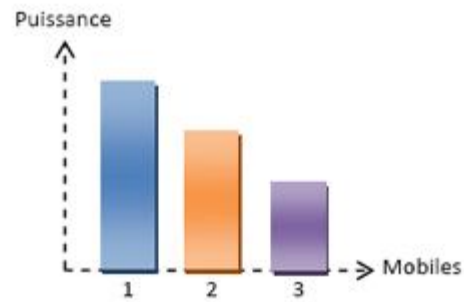


Figure.I.16. Effet Near-Far

Les deux schémas ci-dessous présentent les puissances reçues par la station de base sans et avec contrôle de puissance :

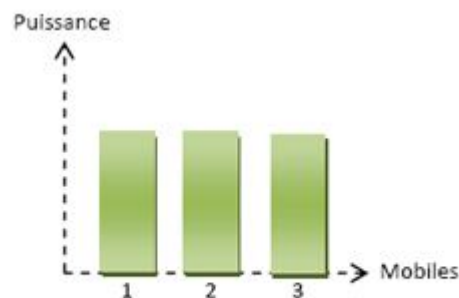
- Sans contrôle de puissance



Puissance Mobile 1 > Puissance Mobile 2 > Puissance Mobile 3

Figure. I.17. Comparaison des puissances sans contrôle de puissance

- Avec contrôle de puissance



Puissance Mobile 1 = Puissance Mobile 2 = Puissance Mobile 3

Figure. I.18. Comparaison des puissances avec contrôle de puissance

I.5.11.2. Les Handovers

Les appareils mobiles permettent de communiquer en mouvement. Cela implique qu'il arrive que ceux-ci se retrouvent dans une zone de chevauchement de deux cellules. Il ne faut en aucun cas couper une communication. Il existe plusieurs sortes de handovers :

- **Softer handover** : lorsqu'un appareil mobile se trouve dans une zone commune de deux secteurs couverts par la même station de base.

- **Soft handover** : lorsqu'un appareil mobile se trouve dans une zone de couverture commune à deux stations de base. Les communications du mobile empruntent simultanément deux canaux différents pour atteindre les deux stations de base.



Figure. I.19. Exemple de soft handover

- **Hard handover inter-fréquences** : permet à un appareil mobile de passer d'une fréquence à une autre.
- **Hard handover inter-systèmes** : permet à un appareil mobile de passer d'un système à un autre



Figure. I.20. Exemple de hard handover

I.5.11.3. Le fast-fading

On appelle Fast-Fading l'annulation de deux ondes déphasées d'une demi-longueur et ayant emprunté plusieurs parcours.

Prenons comme exemples deux ondes ayant une différence de longueur égale à une demi-longueur d'onde ; elles arrivent pratiquement au même moment au récepteur. Leur déphasage d'une demi-longueur fait qu'elles s'annulent à cet instant. Cela est dû aux différents parcours

empruntés par les ondes. L'autre facteur d'une telle annulation est le fait que le récepteur soit immobile ou se déplace à faible vitesse.

Cependant, il est possible de remédier à ce problème par l'intermédiaire de protocoles de codage, d'entrelacement et de retransmission qui ajoutent de la redondance et de la diversité temporelle au signal. Ainsi, malgré les atténuations des signaux, le récepteur sera apte à récupérer les données envoyées. De plus, il est possible de recombinaison l'énergie du signal en utilisant de multiples récepteurs à corrélation. Ces derniers corrigent tous les changements de phase ou d'amplitude.

Chapitre II

Transmission point à point

II.1.Introduction

Un système de communication a pour fonction d'assurer le transport de l'information entre un émetteur et un (ou plusieurs) récepteur(s) reliés par un canal de communication. Tout le problème de la transmission est de trouver une bonne transformation de l'information en signal tel que le canal soit capable de le propager correctement c'est-à-dire que le récepteur puisse trouver suffisamment d'information dans le signal reçu pour reconstituer l'information initiale.

L'infrastructure d'un réseau, la qualité de service offerte, les solutions logicielles à mettre en œuvre dépendent largement des supports de transmission utilisés. Les supports de transmission exploitent les propriétés de conductibilité des métaux (paires torsadées, coaxial), celles des ondes électromagnétiques (faisceaux hertziens, guides d'onde, satellites) ou encore celles du spectre visible de la lumière (fibre optique). Généralement on classe les supports en deux catégories :

- ❖ Les supports guidés (supports cuivre et supports optiques)
- ❖ Les supports libres (faisceaux hertziens et liaisons satellites)

Ce chapitre est consacré pour l'étude des liaisons hertziennes point à point qui sont les plus répandus.

II.2.Propagation des ondes radioélectriques

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

- Dans l'espace libre (propagation rayonnée, autour de la Terre par exemple)
- Dans des lignes (propagation guidée, dans un câble coaxial ou un guide d'onde) Le domaine des fréquences des ondes radio s'étend de 9 kHz à 3 000 GHz.

Il est essentiel de comprendre les principes de la propagation des ondes électromagnétiques pour pouvoir prédire les chances et les conditions d'établissement d'une liaison radio entre deux points de la surface de la Terre ou entre la Terre et un satellite.

Une onde électromagnétique est constituée d'un champ électrique E et d'un champ magnétique H , couplés entre eux: les deux champs sont perpendiculaires l'un à l'autre, leurs amplitudes sont en rapport constant et leurs variations sont en phase.

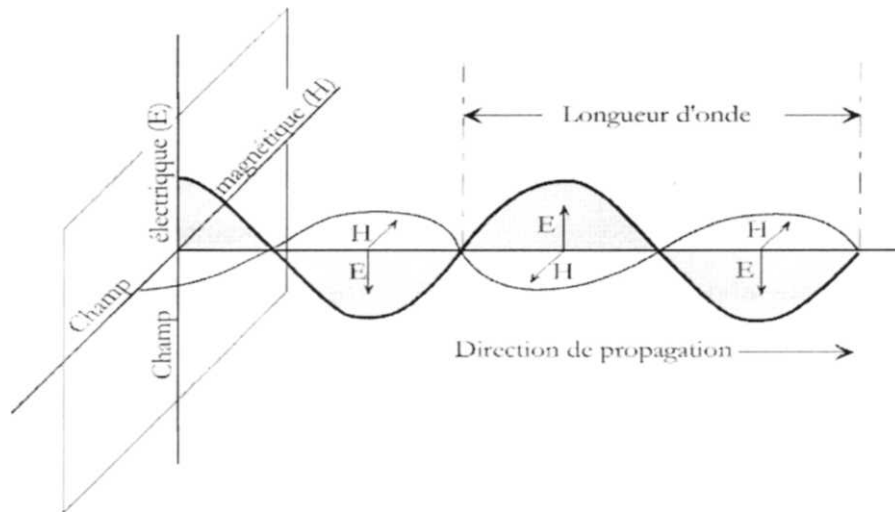


Figure II.1. Propagation des ondes électromagnétiques

\vec{E} : Intensité du champ électrique (V/m)

\vec{H} : Intensité du champ magnétique (A/m)

II.2.1. Caractéristiques

Les caractéristiques principales d'une onde électromagnétique sont :

II.2.1.1. La longueur d'onde: c'est la distance entre deux maximums consécutifs ou bien c'est la distance parcourue par l'onde pendant la durée d'une période. On la note λ .

Relation :

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \lambda = c \cdot T \quad (\text{II.1})$$

II.2.1.2. La fréquence: En un point donné, c'est le nombre de maxima de champ par seconde. Elle est égale à la fréquence du générateur qui a donné naissance à l'onde. L'unité est le Hertz. On la note f .

II.2.1.3. La polarisation: C'est l'orientation du champ électrique par rapport à l'horizontale.

Si le champ E est parallèle à l'horizontale, on dit que l'onde a une polarisation horizontale.

Si le champ E est perpendiculaire à l'horizontale, on dit que l'onde a une polarisation verticale.

II.2.1.4. La vitesse de propagation : Dans le vide, une onde électromagnétique se propage à la vitesse de la lumière $c = 3.10^8$ m/s.

II.2.2. Gestion du spectre électromagnétique

Le spectre électromagnétique regroupe les ondes électromagnétiques en fonction de leur fréquence ou de leur longueur d'onde qui s'étend des rayons γ jusqu'aux très basses fréquences.

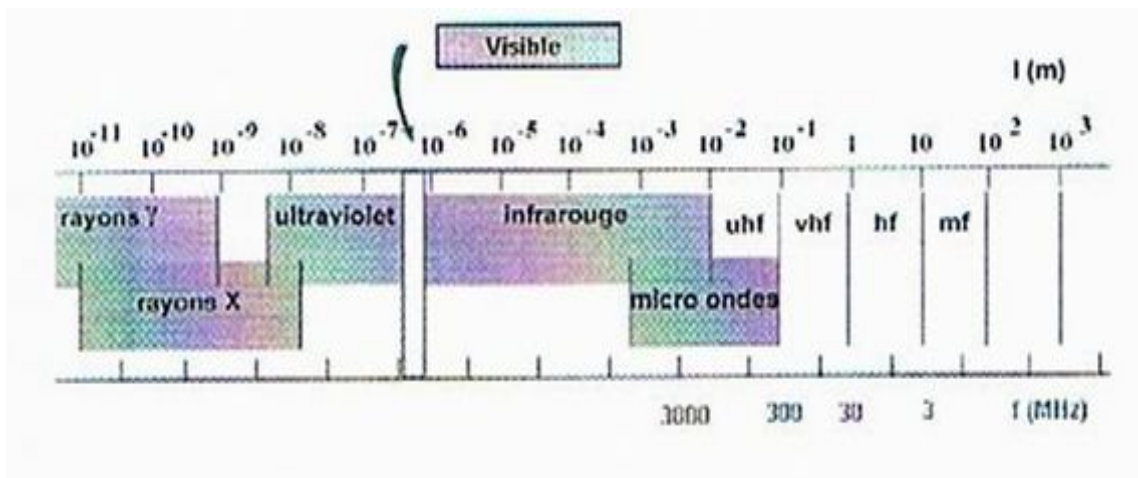


Figure.II.2 . La gestion du spectre électromagnétique

Chaque système de transmission radio dispose d'une certaine bande de fréquence qui lui est allouée. L'attribution des fréquences s'effectue dans le cadre d'organismes internationaux en particulier la conférence mondiale des radiocommunications (CMR) et l'Union internationale de télécommunications UIT) .voir (figure II.2).

II.2.3. Equations de Maxwell dans le vide

Les ondes électromagnétiques sont régies par les quatre relations de Maxwell :

II.2.3.1. L'équation de Maxwell Faraday :

Cette équation traduit le phénomène fondamental d'induction électromagnétique découvert par Faraday

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (\text{II.2})$$

II.2.3.2. L'équation de Maxwell Ampère :

Cette équation est héritée du théorème d'Ampère, elle s'écrit en termes du vecteur densité de courant \vec{J} :

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (\text{II.3})$$

II.2.3.3. L'équation de Maxwell Gauss :

Cette équation donne la divergence du champ électrique en fonction de la densité de la charge électrique :

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = P \quad (\text{II.4})$$

II.2.3.4. L'équation de Maxwell flux magnétique :

Cette équation est au champ magnétique ce que l'équation de Maxwell-Gauss est au champ électrique, à savoir une équation avec « terme de source », ici identiquement nul :

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (\text{II.5})$$

\vec{E} : Champ électrique (V /m)

\vec{H} : Champ magnétique (A/m)

\vec{B} : Induction magnétique En (Teslas]

\vec{D} : Induction électrique (C/m²)

\vec{p} : Densité volumique de charge (C/m³)

\vec{J} : Densité de courant de conduction (A/m^2)

$\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$: Densité de courant de déplacement (H/m)

II.2.3.5. Relations constitutives dans le vide

Dans le vide, champs et inductions magnétiques pourraient être confondus, il faut donc choisir un système d'unités adéquat.

Dans le système d'unités (SI), \vec{B} et \vec{H} sont reliés par la relation :

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} \quad (\text{II.6})$$

De la même façon, dans le vide, \vec{D} et \vec{E} sont reliés par la relation :

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} \quad (\text{II.7})$$

$\mu_0 = 4.\pi.10^{-7} \text{ N A}^{-2}$: Perméabilité magnétique du vide ;

$\varepsilon_0 = 8,854187.10^{-12} \text{ (F /m)}$: Permittivité diélectrique du vide ;

Le produit $\mu_0 \varepsilon_0$ est égal à l'inverse du carré de la vitesse de la lumière dans le vide ; c , mesurée dans le système MKSA. On peut calculer ε_0 à partir des constantes μ_0 et c .

Dans le vide en l'absence de charge électrique, de courant électrique et en régime harmonique ($p = 0$ et $J = 0$), ces équations prennent la forme suivante :

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -j\omega\mu_0 \vec{H} \quad (\text{II.8})$$

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = j\omega\mu_0 \vec{E} \quad (\text{II.9})$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = 0 \quad (\text{II.10})$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (\text{II.10})$$

II.2.3.6. Equation de propagation

En combinant correctement les équations de Maxwell, on obtient l'équation de propagation d'ondes ou (équation d'Helmholtz):

$$\Delta \vec{E} + \mu_0 \varepsilon_0 \omega^2 \vec{E} = 0 \quad (\text{II.11})$$

Avec :

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \implies \text{Représente le Laplacien en coordonnées cartésiennes.}$$

$$\text{On prend: } K_0^2 = \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0$$

$$\Delta \vec{E} + K_0^2 \vec{E} = 0 \quad (\text{II.12})$$

$$\Delta \vec{H} + K_0^2 \vec{H} = 0 \quad (\text{II.13})$$

II.3. L'onde plane

L'onde plane est une solution de l'équation de propagation. Une onde est dite plane lorsque l'amplitude est la même pour tout point situé dans un plan normal à la direction de propagation. Cela revient à dire que les champs électriques E et magnétiques H sont identiques en tous points du plan, appelé plan d'onde.

Les champs électriques et magnétiques sont perpendiculaire entre eux et à la direction de propagation. Ils sont en phase et constants dans tout plan perpendiculaire à la direction de propagation.

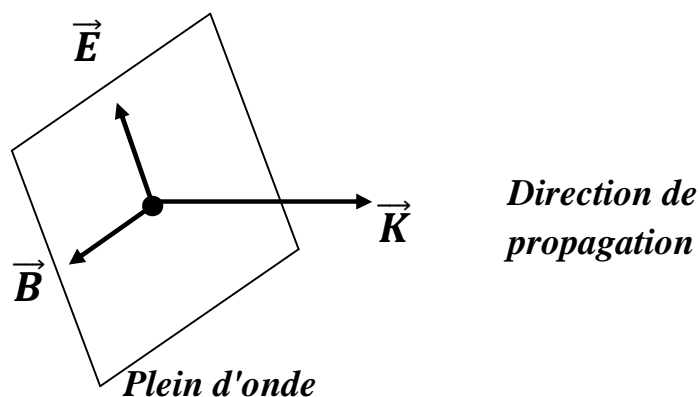


Figure II.3. Représentation d'une onde plane

II.3.1. Expression des champs

Pour une onde plane le vecteur d'onde est porté sur l'axe oz. on peut montrer que dans ce cas l'équation de propagation dans le vide se réduit :

$$\frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} = 0 \quad (\text{II.14})$$

$$\Delta \vec{E} + \mu_0 \varepsilon_0 \omega^2 \vec{E} = 0 \quad (\text{II.15})$$

II.3.2. Vitesse de propagation :

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} \quad (\text{II.16})$$

C: est la vitesse de propagation de l'onde électromagnétique dans le vide (célérité de la lumière dans le vide), elle vaut environ $c=3.10^8$ m/s.

➤ **L'impédance caractéristique du vide :**

$$Z_0 = \frac{E_0}{H_0} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 120\pi = 377\Omega \quad (\text{II.17})$$

➤ **Indice de réfraction n :**

$$n = \frac{c}{y} \Leftrightarrow n^2 = \frac{\varepsilon \mu}{\mu_0 \varepsilon_0} \quad (\text{II.18})$$

Dans le vide $n=1$

Dans un diélectrique $\varepsilon = \varepsilon_r$ et $\mu = \mu_0 \mu_r$ on obtient $n = \sqrt{\mu_r \varepsilon_r}$

$n = \sqrt{\varepsilon_r}$ pour les matériaux non magnétique car $\mu_r = 1$

II.4. Aspect énergétique

II.4.1. Densité d'énergie électromagnétique

$$\mathbf{u}_{em} = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \vec{E}^2 + \frac{1}{2\mu_0} \vec{B}^2 \quad (\text{II.19})$$

II.4.2. Vecteur de Poynting :

La puissance qui traverse l'unité de surface du plan d'onde est donnée par le flux de la valeur moyenne du vecteur de Poynting :

$$\langle \vec{P} \rangle = \frac{1}{2} R_e [\vec{E} \times \vec{H}^*] \quad (\text{II.20})$$

\vec{H}^* : est le conjugué de \vec{H}

Le vecteur de Poynting le long de z :

$$\langle \vec{P} \rangle = \frac{1}{2} R_e [\vec{E} \times \vec{H}^*] = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r}{\mu_0}} E_0^2 = \frac{E_0^2}{2Z} \quad (\text{II.21})$$

II.5. Polarisation des ondes planes

L'état de polarisation d'une onde électromagnétique se propageant suivant l'axe z peut être décrit par l'extrémité du vecteur champ électrique \vec{E} dans le plan xOy. Trois états de polarisation peuvent être définis: rectiligne, circulaire et elliptique.

II.5.1. Polarisation rectiligne

Elle est obtenue quand le champ E vibre dans une direction fixe de l'espace, c'est-à-dire que $E_y(z, t)$ ou $E_x(z, t)$ est indépendant du temps. Ce cas est obtenu pour un déphasage nul, soit :

$$\varphi = \varphi_x - \varphi_y \equiv 0 [2\pi] \quad (\text{II.22})$$

Cela est équivalent à dire qu'une des deux composantes du champ est nulle. En effet, par rotation des axes autour de Oz, il est possible d'amener le vecteur $\vec{\mu}_x$ selon la direction de \vec{E} par un choix d'axe convenablement effectué, et on a ainsi :

$$\vec{E} = E_o \cos(\omega t - Kz) \vec{\mu}_x \quad (\text{II.23})$$

Dans les systèmes de transmission utilisant une antenne, on parle de «polarisation horizontale» ou de «polarisation verticale», selon que le champ électrique est parallèle ou perpendiculaire à la surface de la terre.

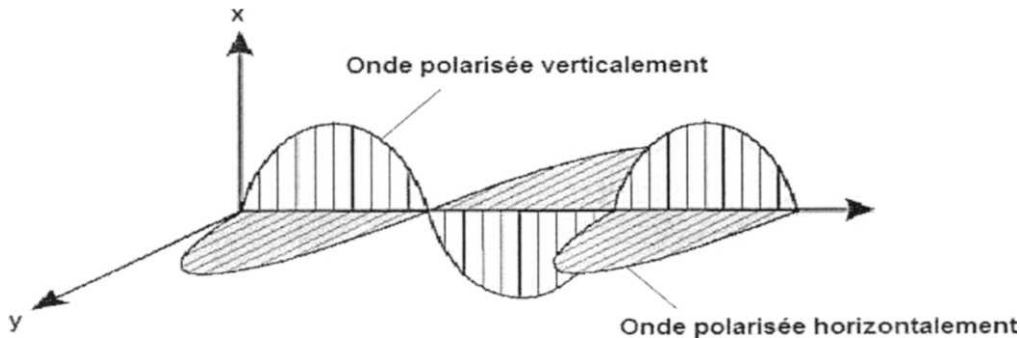


Figure II.4. Polarisation rectiligne

II.5.2. Polarisation elliptique

Dans ce cas l'extrémité du vecteur \vec{E} dans un plan $z = \text{cte}$ décrit une ellipse. On parle de polarisation elliptique droite (gauche) si l'ellipse est décrite au cours du temps. En effet, la différence de phase ϕ entre les deux composantes est quelconque lorsque $E_x \neq E_y$

II.5.3. Polarisation circulaire

C'est un cas particulier de la polarisation elliptique, obtenu quand :

$$\varphi - \varphi_x = \pm \frac{\pi}{2} \text{ et } E_{x_0} = E_{y_0} \quad (\text{II.24})$$

C'est-à-dire que les deux composantes sont en quadrature temporelle et ont la même amplitude. De même que la polarisation elliptique, la polarisation circulaire peut être droite ou gauche suivant le sens de parcours du cercle (Fig. ci dessous). La polarisation est circulaire si $E_{x_0} = E_{y_0}$:

Polarisation droite pour $\varphi - \varphi_x - \varphi_y = -\frac{\pi}{2}$

Polarisation gauche pour $\varphi - \varphi_x + \varphi_y = -\frac{\pi}{2}$

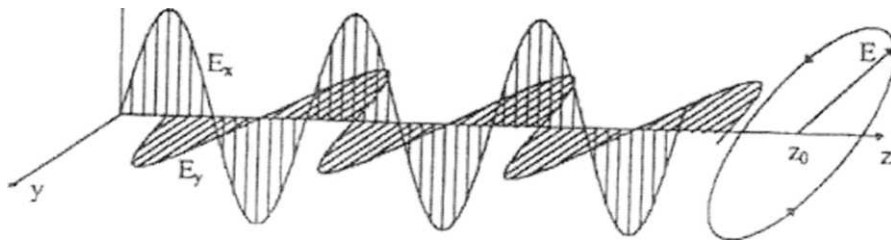


Figure II.5. Polarisation circulaire

II.6. Propagation en visibilité

La présence de la terre et de l'atmosphère met en jeu différents mécanismes physiques: la réflexion, la réfraction, la diffraction, l'absorption qui vient modifier les conditions de propagation et influencer le niveau du champ reçu même si les deux extrémités de la liaison sont en visibilité directe, Pour déterminer si la propagation se fait dans des conditions de propagation en visibilité directe (Line Of Sight), il convient de considérer les Ellipsoïdes de Fresnel.

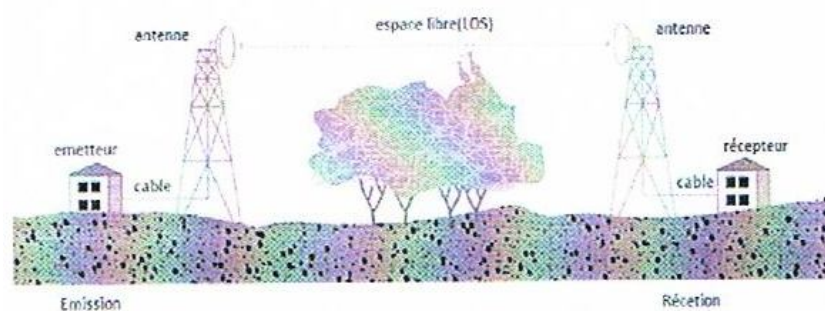


Figure II.6. Dégagement de la ligne de visibilité

II.7. Ellipsoïdes zone de Fresnel

On dit qu'une liaison est en visibilité directe si elle est suffisamment dégagée de tout obstacle à l'intérieur d'un certain volume appelé premier ellipsoïde de Fresnel, ayant pour foyer les antennes d'émission et de réception. Cela se passe de telle sorte que la somme des

distances d'un point de l'ellipsoïde aux antennes d'émission E et de réception R dépasse d'une demi-longueur d'onde la distance entre ces antennes.

Le premier ellipsoïde de Fresnel délimite la région de l'espace où est véhiculée la plus grande partie de l'énergie du signal. Se situer dans cet ellipsoïde revient à se retrouver dans les conditions de la propagation en espace libre. Ce dégagement signifie que les phénomènes de diffraction par les obstacles éventuels situés au voisinage du trajet ont une influence négligeable sur le niveau de réception. En pratique le dégagement du premier ellipsoïde de Fresnel est nécessaire et suffisant pour que la liaison soit de bonne qualité.

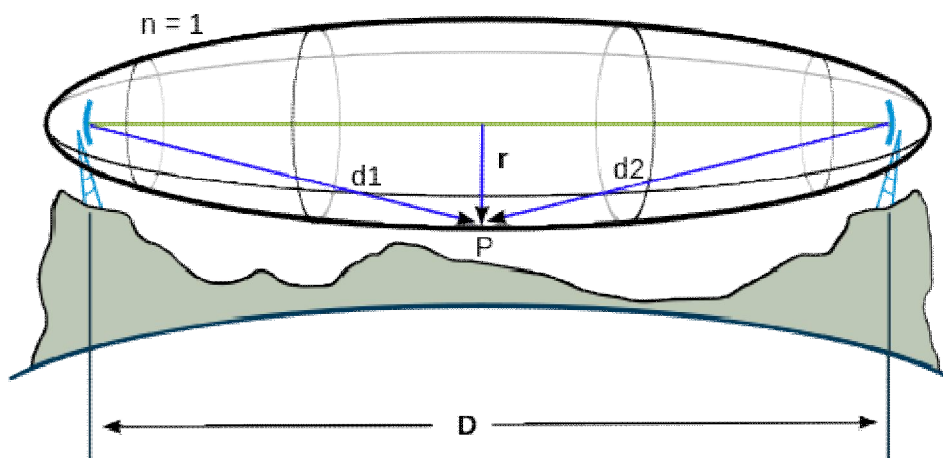


Figure II.7.L'ellipsoïde de Fresnel

Zone de Fresnel: d est la distance entre l'émetteur et le récepteur, b est le rayon de la zone de Fresnel.

Soient A l'antenne d'émission et B l'antenne de réception, pour une émission radio de longueur d'onde λ .

On considère les points M de l'espace tels que :

$$MA+MB = AB + n\lambda/2 \quad (\text{II.25})$$

Avec $n = 1$ concernant l'image ci-contre, comme il s'agit de ce qu'on appelle le premier ellipsoïde de FRESNEL. Le lieu de ces points est un ellipsoïde de foyers A et B.

Si D est la distance AB entre les antennes, au centre de la liaison (c'est-à-dire autour du milieu de AB), le rayon de cet ellipsoïde est égal à :

$$b = \frac{1}{2} \sqrt{\lambda \cdot D} \quad (\text{II.26})$$

II.8. Généralités sur les faisceaux hertziens

Les systèmes radio sont des supports de transmission qui utilisent la propagation des ondes radio électriques pour véhiculer les informations d'un point à un autre, on les appelle généralement faisceaux hertzien. Dont un faisceau hertzien est un système de transmission numérique ou analogique, entre deux points fixes par ondes électromagnétique de l'espace. Les ondes utilisées par ces systèmes sont très courtes (ondes radioélectriques très fortement concentrées à l'aide d'antennes directives. Pour la communication terrestre on utilise : 1,5 à 30 GHz, il peut aussi commencer à des fréquences 400 MHz à 1000 GHz) dont l'affaiblissement croît comme le carré de la distance (moins rapidement que sur un câble où l'affaiblissement est exponentielle). Leur propagation est limitée à l'horizon d'où ces proches (liaisons points à point) entre station en visibilité.

Du fait de l'absence de tout support physique entre les stations, les faisceaux hertziens peuvent surmonter plus facilement des difficultés des parcours et franchir des obstacles naturels tels que : étendues d'eau, terrains montagneux, terrains fortement brisés etc. Par rapport aux systèmes sur câbles à coaxiales qui transmettent directement la bande de fréquence résultant du multiplexage, les FH nécessitent une modulation supplémentaire pour faire porter cette bande de base par les ondes électriques hyperfréquences.

Le faisceau est un support de type pseudo-4 fils. Les deux sens de transmission sont portés par des fréquences différentes. Pour des raisons de distance et de visibilité, le trajet hertzien entre l'émetteur et le récepteur.

II.8.1. Transmission par faisceaux hertziens

II.8.2. Définition

Un faisceau hertzien est un système de transmission de signaux, numériques ou analogiques, entre deux points fixes. Il utilise des ondes radioélectriques très fortement concentrées à l'aide d'antennes directives. La directivité du faisceau est d'autant plus grande que la longueur d'onde utilisée est petite et que la surface de l'antenne émettrice est grande.

Le faisceau est un support de type pseudo-4 fils. Les deux sens de transmission sont portés par des fréquences différentes.

II.8.3.Principe de fonctionnement d'un faisceau hertzien et performances

Les télécommunications hertziennes permettent des liaisons point fixes à point fixe (relais téléphoniques, relais de télévision, etc.) ou entre mobiles. La souplesse de l'infrastructure nécessaire permet de desservir des zones géographiques impropres aux communications filaires. En contrepartie, l'encombrement spectral limite le nombre des canaux de communication et ce d'autant plus que l'atmosphère impose ses propres contraintes. Les fréquences des systèmes de télécommunication sont donc attribuées par des organismes de normalisation tels que l'UIT-R et FIFRES (*International Frequency Registration Board*). Selon la forme (numérique ou analogique) sous laquelle se présente ces informations, différents types de modulation sont utilisés, d'une part pour former le multiplex et d'autre part pour transposer le spectre des signaux dans la gamme de fréquence appropriées pour l'émission.

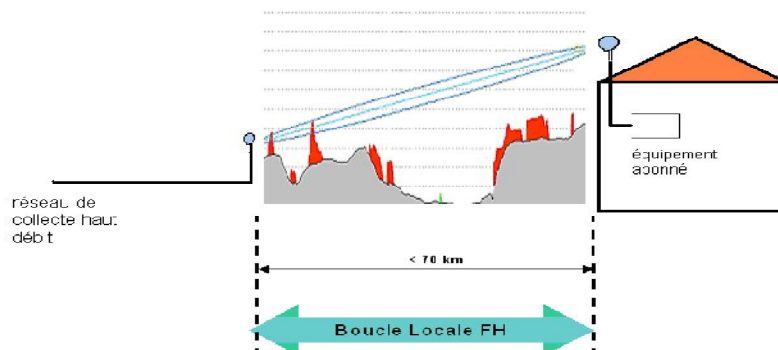


Figure II.8. Schéma de principe d'une connexion par faisceau hertzien.

Les faisceaux hertziens, fréquemment mis en œuvre comme solution de collecte, présentent des performances particulièrement intéressantes. Les débits peuvent varier entre 2 et 622 Mbps pour chaque lien établi. Ces débits sont dédiés et symétriques.

La portée d'un lien FH est relativement important en comparaison avec d'autres technologies sans-fil : elle peut atteindre jusqu'à 70 Km en fonction du plan de fréquence utilisé. Cette portée est même extensible si l'on choisit de mettre en place une liaison à plusieurs bonds.

D'un point de vue des performances, les FH se rapprochent des liaisons louées : débits élevés, qualité de service et sécurité du lien, portée étendue...

Néanmoins, ils subissent des contraintes de par leurs caractéristiques intrinsèques. Cette solution de transmission sans-fil est en effet sensible aux phénomènes d'absorption (obstacles naturels, bâtiments, voire, variations climatiques dans le cas des fréquences les plus élevées).

Pour limiter ces risques, il est préférable d'installer les antennes d'émission et de réception en ligne de vue directe, sur des points hauts. Cela peut avoir un impact direct sur les coûts de déploiement d'une telle infrastructure.

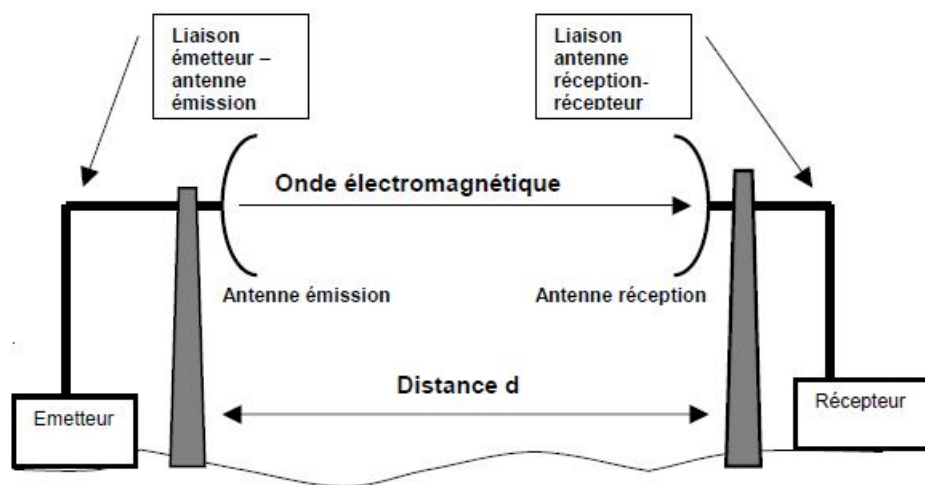


Figure II.9.structure d'une liaison FH

II.8.4.Equipements d'une liaison hertzienne

Une liaison FH contient plusieurs équipements :

- IDU (Indoor Unit), unité intérieure

- ODU (Outdoor Unit), unité extérieure
- Antenne
- Coupleur
- Câble IF (fréquence intermédiaire)
- Pole.

L'unité interne (IDU) produit un signal analogique de fréquence intermédiaire (FI) à partir du signal numérique module en quadrature d'amplitude Q AM-2ⁿ (n bits de codage). Elle assure aussi la démodulation pour le signal reçu. Ensuite, le signal (FI) est transmis ou reçu par l'intermédiaire d'un câble coaxial vers l'unité externe (ODU). ODU permet d'adapter aussi le signal aux fréquences porteuses d'un niveau élevée pour la transmission en très haute fréquence. Le coupler hybride est utilisé pour multiplier plusieurs unités en parallèle pour avoir plusieurs canaux de transmission.

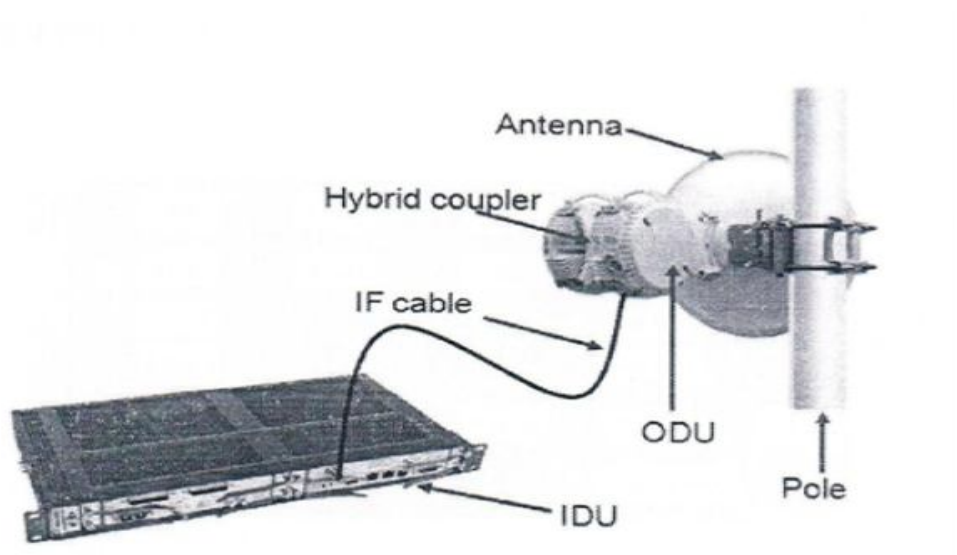


Figure.II.10. les équipements d'une liaison FH

II.8.5.Faisceau hertzien numérique

Il permet le multiplexage temporel des voies téléphonique numérisé par une modulation

MIC ou de données numérique puis transposition en hyperfréquences par modulation (analogique discrète) d'une porteuse sinusoïdale en PSK, MSK, QAM.

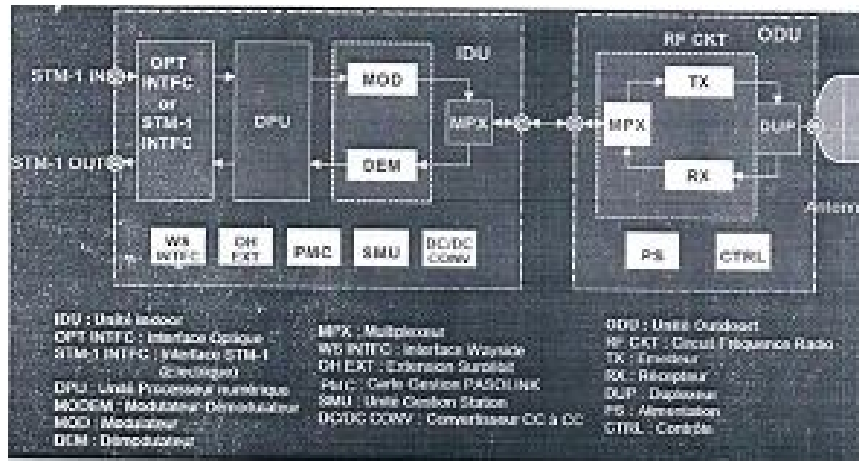


Figure. II.11. Schéma synoptique d'un émetteur-récepteur d'une liaison FH Numérique

II.8.5.1.IDU

L'unité intérieure IDU (Indoor Unit) est une unité qui réalise la conversion mutuelle entre le signal numérique haute débit et le signal IF analogique, elle a pour fonction globale la modulation et la démodulation du signal, respectivement, émis ou reçu. Cette unité permet de transporter un STM-1 de 155 Mbits/s. Elle peut être considérée en 1+0 (un canal de transmission sans protection ou canal secondaire) ou en 1+1 (avec un canal principal et canal secondaire pour la protection). L'IDU (1+1) permet de générer deux signaux identiques l'un en fonctionnement normale et l'autre en relais effectuant une commutation automatique de canaux lorsque la première liaison est défectueuse. L'architecture d'un IDU diffère d'un équipement à un autre. Dans notre cas on a étudié un IDU de types NEC dont l'interface de connexion se présente comme suit :

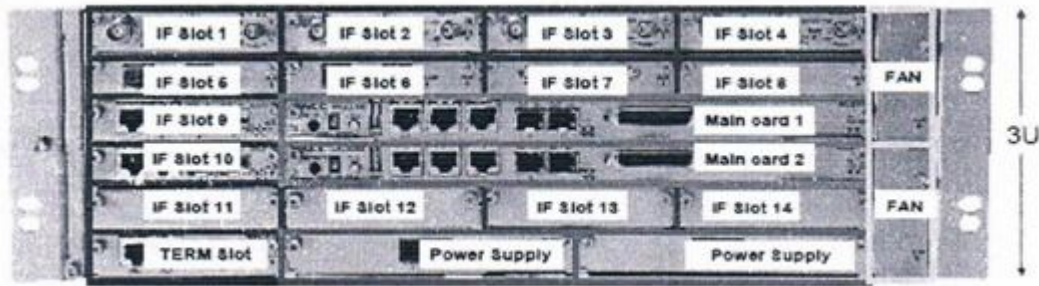


Figure II.12. Architecture du système IDU

II.8.5.1.1. Les cartes interface

Contient des accès des différents signaux :

- **Les cartes E1** : un IDU contient jusqu'à 14 cartes E1 (IF slot 1-14)
- **Les cartes STM-1** : on trouve jusqu'à 14 cartes, et on distingue deux types :
 - STM-1 (électrique) qui a les caractéristiques suivantes : débit binaire (155,520 Mbit/s), format de code (signaux à inversions codées(CMI), impédance (75 ohms).
 - SMT-1(optique) qui a les caractéristiques suivantes : débit binaire (155,520 Mbit/s), format de code (non retour à zéro(NRZ)), longueur d'onde (1310nm).
- **Les cartes GBE** : un IDU contient jusqu'à 2 cartes (IF slot9-10) caractérisées par port réseau (1Gbps), commande de flux (802.3*(full Duplex)) longueur de transmission (catégorie 5,max.100)
- **La carte NMS** : un IDU contient 1 carte NMS qui permet la supervision de l'équipement (TERM slot)

II.8.5.1.2. Les cartes modem

L'IDU contient jusqu'à 12 cartes modem (au moins une carte modem doit être installé chez les IDU) (IF slot 1-8, 11-14)

II.8.5.1.3.La carte mère :

C'est la carte qui gère tout le fonctionnement de l'IDU, qui contient jusqu'à 2 cartes mères dans le cas de la configuration 1+1(main carte slot)

II.8.5.1.4.La carte d'alimentation

On distingue deux types de carte. Une carte pour l'alimentation principale (pour la configuration 1+0) et l'autre pour le secours (configuration 1+1).

II.8.5.2.Le câble IF

C'est un câble coaxial fournit -48V pour l'IDU et véhicule le signal de fréquence intermédiaire (FI) issu du modem entre IDU et ODU. Figure montre un câble coaxial utilisé pour la FI.



Figure II.13 .Le câble IF

II.8.5.3.L'ODU

L'ODU (Out Door Unit) est l'équipement qui a pour fonction d'émettre le signal fournit par l'IDU et de réceptionner le signal HF. L'ODU de par son nom indique qu'il est placé à l'extérieur du SHELTER (maisonnette servant d'abri pour des équipements du réseau GSM).



Figure.II.14. L'ODU

II.8.5.4.Le Coupleur Hybride

Lorsque deux ODUs utilisent une même antenne, les ODUs doivent être connectés à un signal RF (radio Fréquence) coupleur / séparateur (coupleur hybride). Ensuite, le coupleur hybride est connecté à l'antenne.

II.8.5.5.Antenne

L'antenne assure la transmission directionnelle et la réception de signaux RF. Généralement c'est des antennes paraboliques dont paramètres sont la bande de fréquence, le diamètre et le gain. Par réciprocity on utilise le même type d'antenne à l'émission et à la réception.

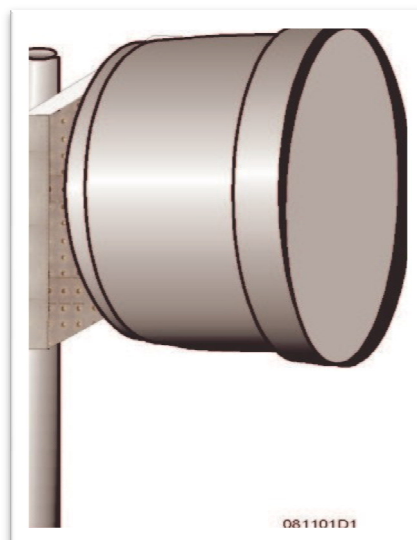


Figure.II.15.L'antenne

II.9. Affectation des fréquences dans les faisceaux hertziens

Il est nécessaire de planifier l'utilisation des fréquences. Pour cela il est possible de jouer sur le plan de fréquence proprement dit, mais aussi sur l'utilisation des polarisations verticale (V) ou horizontale (H) en utilisant les découplages d'antenne pour augmenter la capacité des liaisons.

II.9.1. Utilisation d'un seul couple de fréquences

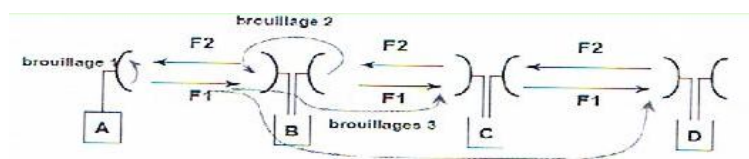


Figure II.16. Utilisation d'un seul couple de fréquences

Brouillage 1: Le niveau fort F1 perturbe la réception du niveau faible F2 (filtrage insuffisant) ;

Brouillage 2: Le niveau fort F1 perturbe la réception du niveau faible F1 (lobe arrière de l'antenne) ;

Brouillage 3: Le niveau faible F1 perturbe la réception du niveau faible F1 (résistance aux brouilleurs co-canal) ;

II.9.2. Canal émission commun aux deux sens dans une station

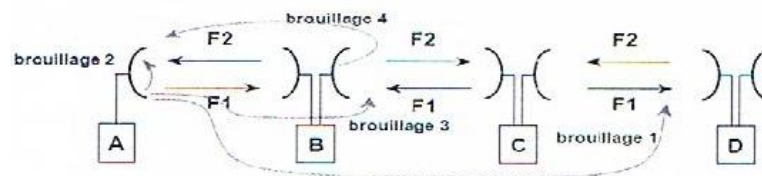


Figure II.17. Canal émission commun aux deux sens dans une station

Brouillage 1: Brouillage de la réception en D par l'émission en A ;

Brouillage 2: Le niveau fort F1 perturbe la réception du niveau faible F2; Brouillage 3: Le niveau faible F1 perturbe la réception de l'autre niveau faible F1 (lobe arrière de l'antenne) ;

Brouillage 4: Brouillage émis en B par le lobe arrière de l'antenne.

II.9.3. Réduction des brouillages

Alternance des fréquences émission et réception d'un relais à l'autre, croisement des polarisations.

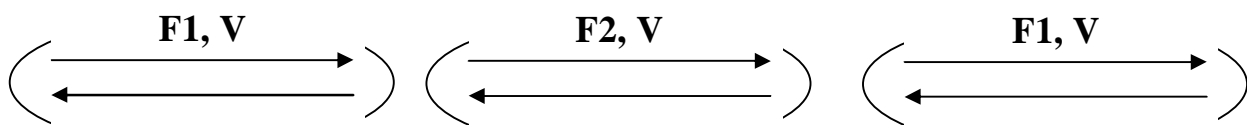


Figure II.18. Réduction des brouillages

Emploi d'antennes très directives et ayant des lobes latéraux suffisamment bas utilisation de deux canaux différents pour la transmission bilatérale d'un signal.

II.9.4. Séparation des demi-bandes émission/réception

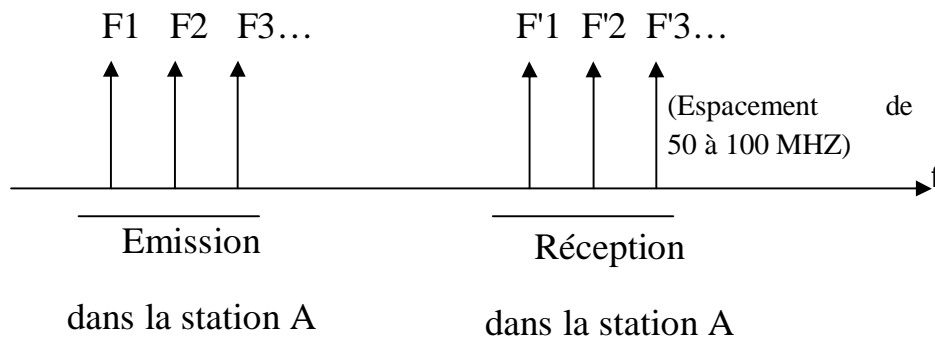


Figure II.19. Séparation des demi-bandes émission/réception

- Grouper dans chaque station, d'une part tous les canaux servant à l'émission et d'autre part ceux servant à la réception ;
- Eloigner ces deux groupes pour qu'ils puissent être séparés par filtrage ;
- Il faut une antenne et deux guides d'ondes par station.

II.9.5. Alternance des polarisations verticale et horizontale

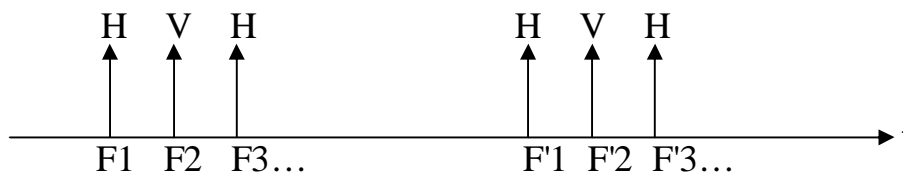


Figure.II.20. Alternance des polarisations verticale et horizontale

Chaque guide d'onde n'achemine qu'un seul sens de transmission il faut deux antennes et quatre guides d'onde par station et par direction.

II.10. Les usages des faisceaux hertziens

Les faisceaux hertziens sont utilisés principalement pour raccorder des points dont la distance varie de quelques centaines de mètres à quelques dizaines de kilomètres. Par exemple un immeuble collectif à un point d'accès du réseau d'un opérateur, ou deux immeubles entre eux. A noter que les technologies FH sont également beaucoup utilisées dans le cadre du déploiement des réseaux de téléphonie mobile

II.11. Effets de la basse atmosphère sur la propagation :

La propagation du signal dans l'environnement, se fait selon quatre modes de propagation de base : la réflexion, la diffraction, la diffusion et la transmission.

II.11.1.Réflexion :

Lorsqu'une onde se propage sur l'interface air, elle rencontre des obstacles sur son trajet. Lorsque les obstacles rencontrés sont de grande taille et que leur surface est lisse, l'onde va alors subir une réflexion. Le signal réfléchi aura des caractéristiques qui dépendront des propriétés de l'obstacle. Une partie du signal sera absorbée par l'obstacle et transmise à l'intérieur de l'obstacle et une partie du signal sera réfléchi. La réflexion introduit un déphasage de l'onde réfléchi.

II.11.2.Diffraction

Dans le cas où l'onde rencontre un obstacle dont les dimensions ne sont pas importantes par rapport à la longueur d'onde ou si cet obstacle présente des arêtes vives et d'autres irrégularités, des ondes secondaires apparaissent et se propagent dans tout l'espace et en particulier dans la région située derrière l'obstacle. L'onde résultante est appelée onde diffractée. Ce phénomène est très courant en environnement urbain.

II.11.3. Diffusion

Dans certains cas, l'onde rencontre des obstacles dont les dimensions sont du même ordre de grandeur ou plus petites que la longueur d'onde. L'énergie de l'émetteur sera dans ce cas diffusée dans de multiples directions. La dispersion de l'énergie du signal par le phénomène de diffusion introduit une perte d'énergie réfléchi dans les directions spéculaires. En environnement urbain, les obstacles courants faisant apparaître ce phénomène sont typiquement les lampes d'éclairage public, les panneaux de signalisation ou les feuillages de la végétation. C'est aussi le cas des gouttelettes d'eau qui à des longueurs d'ondes centimétriques diffusent largement les ondes électromagnétiques.

II.11.4. Absorption

L'affaiblissement par les gaz résulte de la résonance moléculaire de l'oxygène et de la vapeur d'eau. La molécule d'oxygène possède un moment magnétique d'une onde électromagnétique incidente provoque une absorption par résonance à certaines fréquences.

II.12. Atténuation du signal pendant la propagation :

II.12.1. Atténuation en espace libre :

C'est l'affaiblissement de propagation en espace libre entre antennes isotropes. Cette atténuation est donnée par le rapport entre la puissance émise et reçue.

$$A = \frac{P_e}{P_r} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (\text{II.27})$$

Pour faciliter l'emploi de formule ci-dessus (équation fondamentale, affaiblissement de propagation), il est avantageux d'utiliser les décibels et de se référer à la fréquence de l'onde plutôt qu'à sa longueur d'onde. La fréquence F étant exprimée en MHZ, et la vitesse de propagation de l'énergie électromagnétique dans le vide étant à 300 000 km/s ($3 \cdot 10^8$ m/s), on a, en mètres :

$$\lambda = \frac{300}{F} \quad (\text{II.28})$$

Dans ce cas, l'atténuation est exprimée décibels par formule suivante :

$$A_{dB} = 10 \log(A) \quad (\text{II.29})$$

II.12.2. Atténuation atmosphérique

II.12.2.1. Atténuation due au gaz de l'atmosphère

L'oxygène et la vapeur d'eau absorbent une partie de l'énergie du rayon. Cette absorption est de l'ordre de quelque centième de décibels par km pour les fréquences inférieures à 15 GHz. L'absorption croît avec la fréquence. A 20 GHz par exemple l'absorption due à l'oxygène est de 0,02 dB/km, celle due à la vapeur d'eau ($7,5 \text{g/cm}^3$) est égale à 0,09 dB/km et au total on a 0,11 dB/km.

II.12.2. Atténuation due à la pluie

En présence de pluie, les gouttes d'eau introduisent une atténuation significative. En effet, la pluie cause une absorption et une diffusion qui donnent lieu à un affaiblissement qui dépend de la fréquence. Les gouttelettes de pluie ont une forme lenticulaire pendant la chute, leur axe de révolution étant vertical, l'atténuation diffère selon que l'onde est polarisée horizontalement ou verticalement et il se produit un transfert d'énergie d'une polarisation à l'autre qui est appelé transpolarisation.

II.12.3. Atténuation due à l'onde de sol

L'onde de sol ou l'onde de surface suit la courbure de la terre. Sa portée dépend de la nature du sol rencontré, de la fréquence et, bien sur, de la puissance de l'émission.

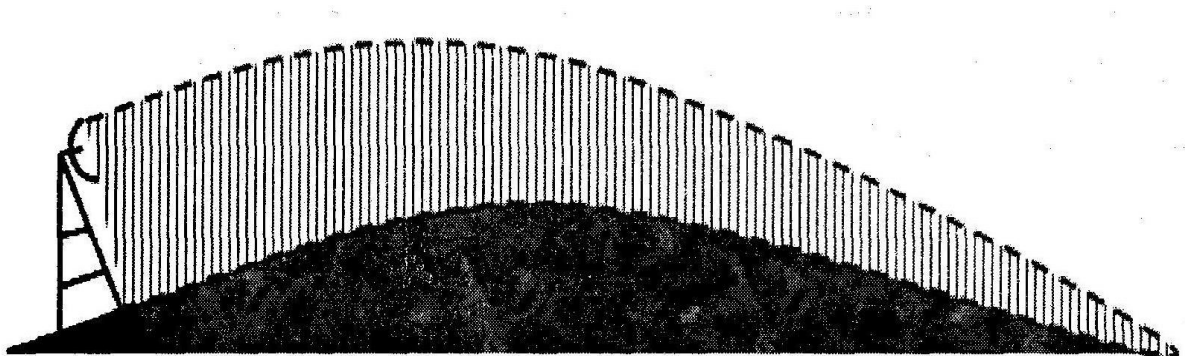


Figure II.21. l'onde de sol

Une partie de l'énergie de l'onde de surface est absorbée par le sol et y provoque des courants induits : l'absorption d'énergie est beaucoup plus importante en polarisation horizontale et c'est pourquoi les émissions s'effectuent de préférence en polarisation verticale.

II.12.4. Trajets multiples (multipath)

Les réflexions et diffractions peuvent également être nuisibles lorsqu'elles font apparaître de multiples chemins possibles entre l'émetteur et le récepteur (on parle de multipath). Dans

ce cas, un même signal peut alors atteindre le récepteur à plusieurs moments différents (signaux déphasés). Il y a alors trois conséquences néfastes possibles :

1. Si le décalage dans le temps est tel que les différentes ondes soient en opposition de phase le signal est atténué, voire même complètement annulé si les ondes opposées ont une puissance identique.
2. En arrivant par plusieurs chemins distincts, le signal est étalé dans le temps et le récepteur doit être capable de l'interpréter correctement.
3. Si le décalage est très important, un symbole peut arriver en même temps que le symbole suivant (interférence inter symbole), ce qui perturbe fortement la communication.

L'affaiblissement maximal dû à un trajet multiple est donnée par :

$$a = \left(\frac{\lambda}{4\pi l} \right)^2 \quad (\text{II.30})$$

Si l'onde se réfléchit sur N obstacles lors de sa propagation (murs, bâtiments, etc.), il faut alors écrire :

$$a = \left(\frac{\lambda}{4\pi l} \right)^2 \left| 1 + \sum_{n=1}^N \Gamma_n \frac{l}{R_n} e^{-j \frac{2\pi(R_n-1)}{\lambda}} \right|^2 \quad (\text{II.31})$$

Où : Γ_n est le coefficient de réflexion sur l'obstacle le n et R_n est la longueur du trajet n.

II.12.5.L'interférence

La réception des signaux dans les systèmes de télécommunication peut être perturbée par les interférences, qui peuvent provenir d'une variété de sources radiofréquences. Bon nombre de ces sources sont d'origine du brouillage dans le même canal (causé par un autre signal résident dans la même fréquence que le signal désiré) ou du brouillage entre canaux adjacents (causé par une fuite du signal voisin une fréquence adjacente dans le canal opérationnel).

L'équation suivante permet de calculer le niveau d'interférence en dB dans un lien de transmission :

$$L_i = P_e + [G_e - D_e(\theta')] + [G_r - D_r(\theta)] - L_d \quad (\text{II.32})$$

L_i : Le niveau d'interférence reçu [dBm]

P_e : La puissance transmise par la station [dBm]

$G_{e/r}$: Le gain d'antenne émetteur/récepteur [dB]

$D_{e/r}$: Discrimination d'antenne émetteur/récepteur [dB]

L_d : Atténuation en espace libre [dB]

θ et θ' : sont respectivement la direction de l'interférence par rapport à d'émission et de récepteur.

Dans les liaisons FH, le niveau d'interférence limite est -90db. Pour des niveaux supérieurs des solutions sont nécessaire :

- ◆ Augmentation de la puissance émise.
- ◆ Utilisation des canaux déférents dans des liens voisins.
- ◆ Changement de polarisation (vertical, horizontal)
- ◆ Changement de fréquence.
- ◆ Isolation des antennes sur l'angle d'interférence.

II.13. Bilan de liaison des faisceaux hertziens

Dans une liaison sans fil, le signal envoyé par l'émetteur est atténué et la fraction arrivant au récepteur est réduite, malgré les gains des antennes et de l'amplificateur. Le signal est donc dégradé. En outre, divers éléments introduisent une puissance de bruit qui va également dégrader les performances. La grandeur intéressante pour l'évaluation de ces performances est le rapport signal à bruit S/N, la probabilité d'erreur sur les symboles binaires reçus doit être raisonnable, compte tenu de l'ensemble des dégradations. L'évolution du rapport S/N au récepteur se fait à la l'aide d'un bilan de liaison qui recense l'ensemble des dégradations aux divers endroits de la liaison (voir figure II.22)

Les caractéristiques des équipements d'extrémité à prendre en compte pour le calcul du bilan énergétique sont :

- Puissance d'émission qui est couramment comprise entre 20 et 30 dbm.
- Gain des antennes, principalement paraboliques, apportent un gain de puissance (de l'ordre de 25 à 45db).
- Seuil de réception (threshold) : définis par rapport à un taux d'erreur binaire donné ($TEB=10^{-3}$ ou 10^{-6}). Dépendant de la bande de fréquence, du débit et du type de modulation, généralement compris entre -70 et -95dbm.
- La marge de sécurité : pour compenser la majorité des pertes occasionnelles de puissance que subit le signal, la réception se fait avec une marge appelée marge uniforme ou marge de sécurité. C'est la puissance que l'on pourra perdre par dégradation des conditions de propagation sans perdre pour autant la qualité de la liaison, théoriquement doit être supérieure à 30 dbm.
- Marge de sécurité = $P_r - P_s$ [dB]
- Niveau de signal reçu P_r : c'est la puissance de réception donné par la formule suivante :

$$P_r = P_e - P_A > P_s \quad [dbm] \quad (II.33)$$

P_e : puissance d'émission

P_A : puissance d'atténuation

P_s : seuil de réception

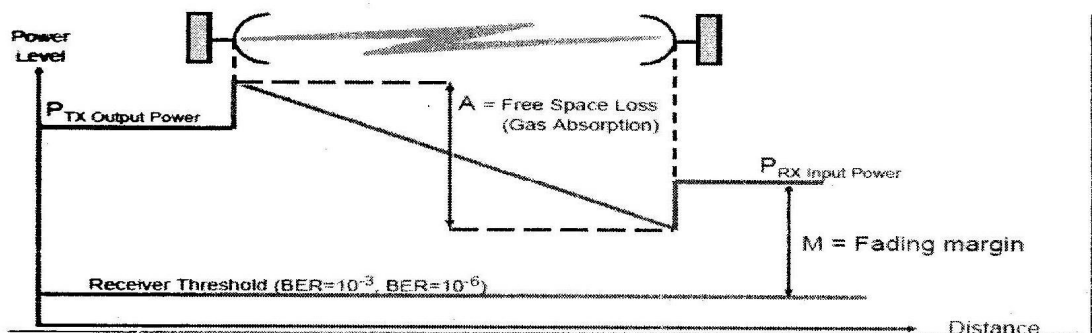


Figure II.22. schéma illustratif des cas des caractéristiques du bilan de liaison

Dans les calculs de bilan de liaison radioélectrique, l'équation de Fris est couramment remplacée par son expression logarithmique en décibels :

$$P_r = P_e + G_e - L_{fs} + G_r + A \quad (\text{II.34})$$

Avec :

- P_r = puissance reçue (dbm)
- P_e = puissance émise (dbm)
- G_e = Gain d'antenne émission (dBi)
- G_r = Gain d'antenne réception (dBi)
- L_{fs} = affaiblissement en espace libre
- A = Autre pertes (gaz, pluie, Humidité, Coupleur, Connectiques...)

Le terme des pertes diverses peut se décomposer en pertes de ligne, pertes de désadaptations, de dépointage à l'émission et à la réception de filtrage, de dépolarisation, etc., selon le détail du système étudié.

II.13.1.Disponibilité

On appelle taux d'indisponibilité, le pourcentage de temps pendant lequel la liaison sera coupée ou fonctionnera de façon dégradée. Ce taux est calculé à partir de la marge obtenue dans le bilan de liaison, en tenant compte, entre autre, des conditions climatiques.

II.13.2.Seuils

En général sont définis les seuils suivants dans le système :

II.13.2.1.Surveillance de la propagation

- Seuil de puissance reçue: choix d'une valeur maximale de la marge, au dessus de laquelle l'alarme de puissance reçue est activée.

II.13.2.2.Surveillance de la qualité

- Demande de commutation anticipée est activé si le champ reçu est inférieur au seuil à 10^8 ou si le taux d'erreur est supérieur à 10^{-8} . Cela déclenche une commutation sur le canal secours, quand il existe et si son taux d'erreur est meilleur.

- Demande de commutation est activée si le taux d'erreur est supérieur à 10^6 (alarmes majeure). Cela déclenche une commutation sur le canal secours, quand il existe et si son taux d'erreur est meilleur.
- Une troisième valeur de seuil (de l'ordre de 10^{n3}) définit le seuil de coupure de la liaison suite à une mauvaise qualité de la réception.

II.13. 3.Sensibilité d'un récepteur

La sensibilité d'un récepteur est l'amplitude du signal qu'il faut appliquer à son entrée pour obtenir à la sortie du démodulateur un rapport signal/bruit déterminé (transmission analogique) ou un taux d'erreur donné en transmission numérique (10^3 ou 10^6). Une des principales contraintes d'un récepteur concerne sa sensibilité ou seuil de réception

C'est la puissance minimale en dessous de laquelle la qualité de la liaison est dégradée : craquements importants (« friture ») pour une liaison audio, image dégradée en transmission vidéo (« neige »), taux d'erreur important en transmission numérique (« pixellisation » ou « figeage » de l'image en TV vidéo numérique).

II.14.Les antennes

II.14.1.Définition

L'antenne a un rôle très important dans les liaisons hertziennes: elle assure l'interface entre le circuit électrique et le milieu de propagation. Une antenne est un dispositif réciproque:

En émission, l'antenne reçoit un courant et une tension, elle génère un champ électrique et un champ magnétique.

En réception, l'antenne reçoit un champ électrique et un champ magnétique, elle génère une tension et un courant. Les caractéristiques d'une antenne sont les mêmes si l'antenne est utilisée en émission ou en réception.

II.14.2.Antenne isotrope

L'antenne isotrope est une antenne de référence qui rayonne de la même façon dans toutes les directions alimentée par la puissance PE. Son diagramme de rayonnement est une

sphère centrée sur l'antenne à la distance d , toute la puissance est répartie sur la surface de la sphère. Il permet aussi de définir le gain absolu d'une antenne :

La surface de la sphère est :

$$S_{\text{SPHERE}} = 4\pi \cdot d^2 \quad (\text{II.35})$$

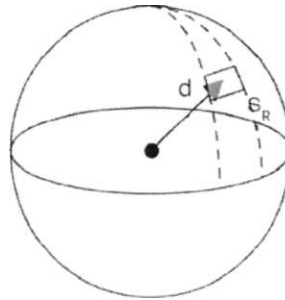


Figure II.23. Antenne isotrope

II.14.2.1. Les principales caractéristiques d'une antenne > Gain

On rappelle que l'antenne isotrope émet la même puissance dans toutes les directions de l'espace. Une antenne directive n'émet de la puissance que dans un angle étroit de l'espace. La puissance émise est donc plus forte. C'est le rapport entre la puissance qu'il faudrait fournir à une antenne de référence (antenne isotrope) et celle qu'il suffit de fournir à l'antenne considérée pour produire la même intensité de rayonnement dans une direction donnée (par unité d'angle solide).

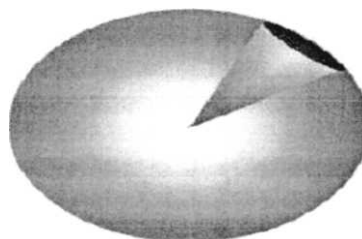


Figure II.24. Gain d'une antenne

Le gain absolu (dans la direction du rayonnement maximum correspondant à l'axe électromagnétique de l'antenne) est défini par :

$$G_{max} \left(\frac{4\pi}{\lambda^2} \right) A_{eff} \quad (\text{II.36})$$

A_{eff} : la surface équivalente de l'antenne

Plus l'antenne est directive, plus l'angle d'ouverture est étroit et plus le gain de l'antenne est important.

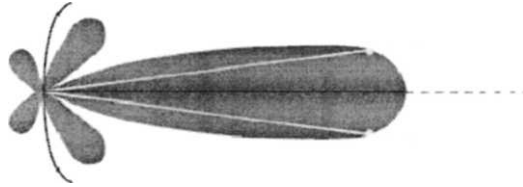


Figure II.25. Champ de fort gain d'une antenne

II.14.2.2. Diagramme de Rayonnement

L'antenne isotrope n'existe pas et n'est pas réalisable. En réalité, l'énergie rayonnée par une antenne répartie inégalement dans l'espace, certaines directions sont privilégiées : ce sont les lobes de rayonnement.

Le diagramme de rayonnement d'une antenne permet de visualiser ces lobes dans les trois dimensions, dans le plan horizontal ou dans le plan vertical incluant le lobe le plus important. La directivité d'une antenne caractérise la façon dont cette antenne concentre le rayonnement dans certaines directions de l'espace. C'est la variation du gain en fonction de la direction. On appelle directivité le rapport entre la densité de puissance créée dans une direction donnée et la densité de puissance d'une antenne isotrope.

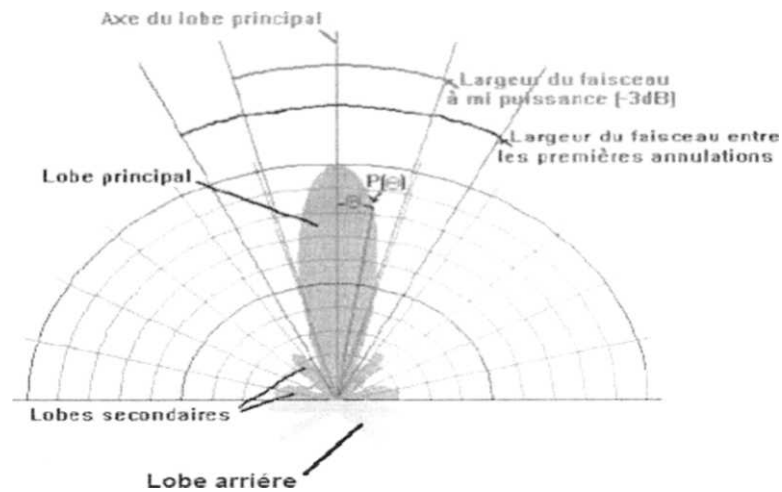


Figure II.26. Le diagramme de rayonnement

Le diagramme de rayonnement permet de définir de nombreuses caractéristiques de l'antenne. En particulier :

- **Angle d'ouverture:** L'angle d'ouverture d'une antenne est l'angle de direction pour lequel la puissance rayonnée est la moitié (-3dB) de la puissance rayonnée dans la direction la plus favorable. Il est donc représentatif de la directivité de l'antenne. Plus cet angle est étroit plus l'antenne est directive.
- **Lobes secondaires:** Un lobe secondaire correspond à un maximum de puissance dans une direction autre que la direction privilégiée. Idéalement, ils doivent être les plus faibles possibles.
- **Lobe arrière:** Le lobe arrière est un lobe secondaire dans la direction opposée à la direction privilégiée de l'antenne (à l'arrière de l'antenne).

II.14.3. Antenne parabolique

Une antenne parabolique, communément appelée parabole par le grand public, est une antenne disposant d'un réflecteur en forme de parabole. Les propriétés géométriques de la parabole permettent de concentrer tous les rayons reçus en un point unique appelé foyer.

- ✓ C'est en ce point que l'on placera une petite antenne (la source) qui est alimentée en émission, et qui capte le signal en réception.



Figure II.27. Antenne parabolique

source primaire qui doit être parfaitement sphérique.

Ces informations transitent non plus sur des câbles, mais sur des fibres optiques et des faisceaux hertziens.

Chapitre III

Etude sur le réseau de transmission de MOBILIS

III.1. Définition de la transmission

La transmission désigne le transport de l'information d'un endroit à un autre, elle achemine l'information.

Les transmissions sont l'ensemble des moyens mis en œuvre pour effectuer le transport d'une information.

Les transmissions permettent le déplacement de tout signal d'un point géographique à un autre, quelle que soit la distance qui les sépare tout signal peut être considéré comme un moyen de transmission d'information, chacun à son propre niveau :

❖ Les transmissions en télécommunication sont utilisées pour

- ✓ Transférer des signaux quelle que soit la distance à couvrir.
- ✓ Donner à un autre une information que l'on reçoit.

❖ Les équipements de transmission sont souvent des extrémités des liens ils sont capable de :

- Supporter le signal véhiculé (électrique, optique ou acoustique),
- Orienter le trafic au sein du réseau en cas de routage,
- Conserver l'état de l'information véhiculé.
- Adaptation du signal : voix, son, images et vidéos (échantillonnage et codage).
- Transfert de données brute, encodées ou chiffrées.
- Protection des flux de signaux à véhiculer.
- Gérer en insérant des informations de gestion indépendantes.
- Empêche parfois la détection du signal par un tiers (brouillage).

III.2. Les types de transmission

Il existe deux types de transmission analogique et numérique

- Le transcodage du signal initial en un signal numérique répondant aux contraintes imposées par le support : on parle alors de transmission numérique ou en bande de base .
- La modulation/démodulation d'une onde porteuse : alors de transmission analogique.

III.2.1.la transmission numérique

Cette technique repose sur l'émission de l'information sous sa forme digitale, c'est-à-dire sans autre modification que :

-une éventuelle amplification destinée à éviter les phénomènes d'affaiblissement.

-une codification destinée à assurer la bonne transmission.

La transmission digitale ou numérique consiste à transmettre des bits sous forme d'impulsions électriques carrées ayant une durée et une amplitude précises.

Cette forme est celle qui offre la meilleure protection contre les signaux électriques parasites de toute nature. L'identification de l'information, un bit, consiste à détecter une impulsion positive ou négative.

L'inconvénient majeur de la transmission digitale est qu'elle nécessite une très grande bande passante, puisqu'il faut transmettre toutes les fréquences constituant les signaux 'un signal carré se compose d'une fréquence de base plus d'un nombre infini d'harmoniques, dont la fréquence augmente au fur et à mesure).

III.2.2.La transmission analogique ou transmission par modulation

La transmission analogique consiste à utiliser un signal simple, appelé onde porteuse dont on modifie un ou plusieurs paramètres, qui sont l'amplitude, la fréquence et la phase .

III.2.2.1. Définition de la modulation

Définir une modulation, c'est définir l'ensemble des signaux élémentaires parmi lesquels seront choisis les signaux transmis. il existe quatre types de modulation :

III.2.2.2. Modulation de fréquence ou FSK

Le signal est modulé en faisant varier la fréquence de l'onde porteuse : la modulation de fréquence produit un signal dont l'amplitude est constante. On utilise en général un signal sans discontinuité de phase.

La fréquence nominale (FM = Frequency Shift Keying) de la porteuse est la moyenne de F_A et F_Z).

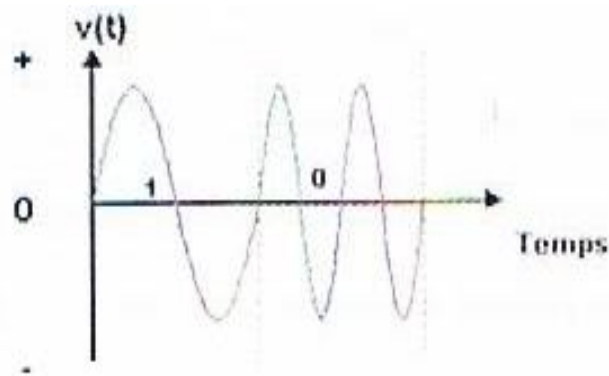


Figure III.1. Modulation de fréquence ou FSK.

III.2.2.3. Modulation de phase (PM) ou PSK

La modulation de phase associe à un code binaire une valeur de la phase de la porteuse. La vitesse peut être facilement augmentée en utilisant un code binaire sur 2, 3 bits ou plus sans augmentation de la fréquence de la porteuse.

Le signal est modulé en faisant varier la phase (par un déphasage) de l'onde porteuse

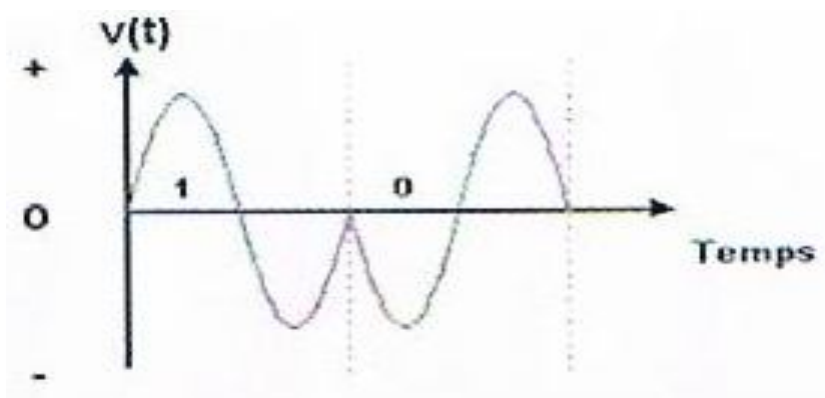


Figure III.2. Modulation de phase ou PSK.

III.2.2.4. Modulation de phase différentielle

Le déphasage n'a plus lieu par rapport à la phase d'origine, mais par rapport à la phase de la représentation du symbole précédent. On réalise essentiellement une modulation différentielle de phase à plusieurs états :

- en regroupant plusieurs bits dans un symbole .
- en regroupant un déphasage à chaque symbole.

Une autre façon d'illustrer cette modulation est le diagramme spatial obtenu à partir de la construction de Fresnel :chaque point donne la valeur de l'amplitude et de la phase de signal pendant la durée de représentation d'un symbole.

III.2.2.5. Modulation d'amplitude (AM) ou ASK

Le signal est modulé en faisant varier l'amplitude de l'onde porteuse. La modulation d'amplitude donne lieu à un signal modulé dont la largeur de bande est double de celle du signal modulant et s'étend de part et d'autre de la fréquence porteuse (deux bandes latérales).

Par exemple :

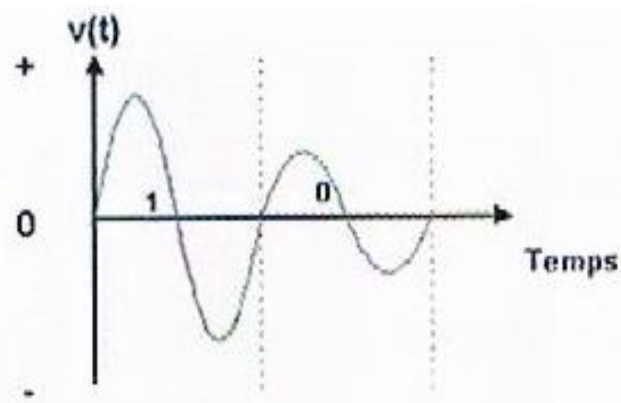


Figure III.3. Modulation d'amplitude ou ASK

III.2.2.6. Modulation QAM

La modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation) ou modulation d'amplitude en quadrature de phase est une technique qui emploie une combinaison de modulation de phase et d'amplitude. Elle est largement employée par les modems pour leur permettre d'offrir des débits binaires élevés. Prenons par exemple un signal modulé QAM avec 3 bits transmis par baud. Une telle modulation requiert donc 2^3 soit 8 combinaisons binaires différentes. Dans notre exemple, nous prendrons 2 amplitudes combinées avec 4 décalages de phase différents. La table de correspondance pourra être du type :

Groupe de bit	Amplitude	Décalage de phase
000	1	0
001	2	0
010	1	$\frac{1}{4}$
011	2	$\frac{1}{4}$
100	1	$\frac{1}{2}$
101	2	$\frac{1}{2}$
110	1	$\frac{3}{4}$
111	2	$\frac{3}{4}$

Tableau.III.1. Modulation QAM

Exemple de codage de la suite binaire 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 à partir de la table ci-dessus :

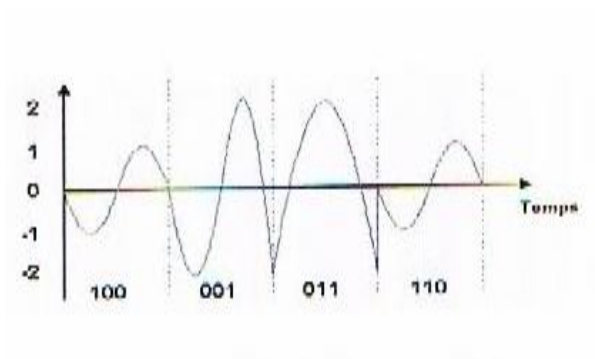


Figure III.4. Les combinaisons d'amplitude et de phases

Les combinaisons possibles en modulations QAM sont souvent représentées par une constellation de points représentant chacun un groupe de bits.

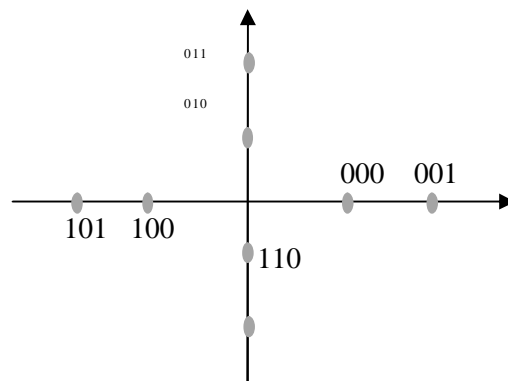


Figure III.5. Exemple de constellation QAM8 (3 bits par baud)

III.3. l'échantillonnage

Le théorème de l'échantillonnage indique la fréquence minimale à laquelle un signal analogique doit être exploré pour qu'il puisse être rendu dans sa forme initiale à partir des échantillons sans aucune perte d'information. Nous avons vu que la fréquence d'échantillonnage F_e , doit être au moins le double de la bande passante du signal ou de la fréquence la plus élevée contenue dans le signal analogique F_{max} .

$$F_e \geq 2 F_{max} \quad (\text{III.1})$$

Pour la bande de fréquences de 300 à 3400 Hz utilisée en téléphonie, pour une communication téléphonique $F_{max}=4\text{KHz}$ et donc la fréquence d'échantillonnage, $F_e= 8\text{KHz}$ Ceci signifie qu'un signal de fréquence vocale est exploré 8000 fois par seconde. L'intervalle entre deux échantillons successifs se calcule comme suit :

$$T_e = \frac{1}{F_e} = 125 \text{ ms} \quad (\text{III.2})$$

III.4. Quantification

La transmission des impulsions modulées sont très sensible aux bruits ce qui rend la reconstitution du signal à la réception incomplète. Pour cette raison nous quantifions le signal en faisant correspondre à chaque échantillon l'amplitude la plus voisine d'une suite discrète et

finie d'amplitudes «étalons» appelées niveaux c'est la valeur de ces niveaux qui à l'émission après le codage seront transmises en ligne. E" système téléphonique (MIC): Les échantillons sont codés par des mots de n bites $n=8$.

Les valeurs discrètes :

$$N = (2)^n = 2^8 = 256 \quad (\text{III.3})$$

III.5.Codage

Chaque niveau de quantification est représenté par un nombre binaire de « n » bits, qui est le même pour tous les niveaux ce qui permet une transmission synchrone de mot identique.

III.5.1.Codage HDB3

Le codage HDB3 (High-Density Bi-polar modulus 3) est très utilisé dans les réseaux téléphoniques numériques notamment dans les liaisons faisceaux hertziennes utilisant le PDH. Le code HDB3, a pour caractéristique de limiter à trois le nombre de zéros successifs l'émetteur remplace toutes les séquences de 4 zéros successifs par une autre séquence de la forme B00V, dans laquelle le quatrième zéro "V" est forcé à avoir la même polarité que le bit à "1" immédiatement précédent. Il y a donc violation de l'alternance des polarités, (bit de viol). B respecte l'alternance des polarités, c'est à dire qu'il aura le signe opposé à la dernière impulsion sauf dans le cas où il y a un nombre impair d'impulsion depuis la dernière violation de polarité. Z dans ce cas B sera mis à zéro ce qui maintient une valeur moyenne nulle.

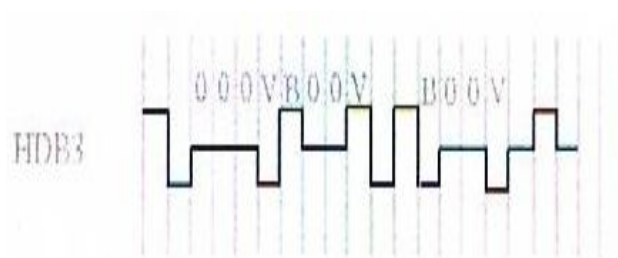


Figure III.6. Codage HDB3

III.6. Multiplexage

Le multiplexage est l'opération qui consiste à grouper plusieurs voies, attribuées chacune à une communication, de façon à les transmettre simultanément sur le même support physique (câble, fibre optique....) sans qu'elles se mélangent ou se perturbent mutuellement. A la réception, un démultiplexage aussi parfait que possible doit permettre de séparer ces voies et de les restituer sous leur forme originale.

Il existe trois types de multiplexage, cités ci-dessous :

III.6.1. Multiplexage fréquentiel FDMA (Frequency Division Multiple Access)

Dans le multiplexage fréquentiel les voies sont réparties sur l'axe des fréquences et disposent chacune d'une bande de fréquence individuelle, décalée par rapport à celle de ses voisines. Le multiplexage consiste donc en une juxtaposition fréquentielle des voies, alors que leurs signaux sont superposés dans le temps.

Ces caractéristiques sont :

- La synchronisation sur une horloge interne.
- Facile à traiter et séquentielle.
- Base de tout système de transmission actuel.
- Est la fréquence de réseaux asynchrone.

III.6.2. Multiplexage temporel TDMA (Temporal Division Multiple Access)

Le multiplexage temporel consiste à répartir les N voies périodiquement dans le temps par l'intermédiaire d'une modulation d'impulsion, les impulsions correspondent à une voie étant intercalée par un échantillonnage synchrone des voies avec des impulsions décalées les unes par rapport aux autres.

Les N voies temporelles entrelacées forment une trame dont la durée correspond à la période d'échantillonnage T_e . La modulation d'impulsions utilisées peut être analogique (PAM, PPM) ou numérique (PCM).

Dans le multiplexage temporel, les voies sont juxtaposées dans le temps alors que leurs spectres sont superposés dans le domaine fréquentiel.

Ces caractéristiques sont les suivantes :

Permet de dialoguer en point à multi points.

Utilisation forte du spectre Hertzien.

Convient au système synchrone et asynchrone.

III.6.3. Multiplexage de codes CDMA (Code Division Multiple Access)

Pour une transmission numérique, on peut aussi envisager de permettre aux N voies de transmettre leur information simultanément et dans la même bande de fréquence. La dis criminalité des N voies doit alors être faite par l'usage des codes orthogonaux entre eux (code à inter corrélation nulles). On obtient alors un multiplexage de codes CDMA.

III.7. Les modèles de réseaux utilisés dans la transmission

III.7.1. transmission asynchrone

III.7.1.1. Le réseaux PDH (Plesiochronous Data Hierarchy)

III.7.1.2. Définition

La hiérarchie numérique plésiochrone ou PDH (en anglais *Plesiochronous Digital Hierarchy*) est une technologie utilisée dans les réseaux de télécommunications afin de véhiculer les voies téléphoniques numérisées. Le terme « plésiochrone » vient du grec *plesio* (proche) et *chronos* (temps) et reflète le fait que les réseaux PDH utilisent des éléments pratiquement mais non parfaitement synchronisés : ils ont un même débit nominal pour toutes les artères du même type mais ce débit diffère légèrement en fonction de l'horloge de traitement local

Les versions européennes et américaines du système différent légèrement mais reposent sur le même principe, nous décrivons ici le système européen.

Le transfert de données est basé sur un flux à 2 048 kbit/s. Pour la transmission de la voix, ce flux est séparé en 30 canaux de 64 kbit/s et 2 canaux de 64 kbit/s utilisés pour la signalisation et la synchronisation. On peut également utiliser l'intégralité du flux pour de la transmission de donnée dont le protocole s'occupera du contrôle.

Le débit exact des données dans le flux de 2 Mbit/s est contrôlé par une horloge dans l'équipement générant les données. Le débit exact varie légèrement autour de 2 048 kbit/s .

Afin d'amener plusieurs flux de 2 Mbit/s d'un point à un autre, ils sont combinés par multiplexage en groupes de quatre. Cette opération consiste à prendre 1 bit du flux #1 suivi d'un bit du #2, puis le #3 et enfin le #4. L'équipement émetteur ajoute également des informations permettant de décoder le flux multiplexé.

Chaque flux de 2 Mbit/s n'étant pas nécessairement au même débit, des compensations doivent être faites. L'émetteur combine les quatre flux en assumant qu'ils utilisent le débit maximum autorisé. Occasionnellement le multiplexeur essaiera donc d'obtenir un bit qui n'est pas encore arrivé ! Dans ce cas, il signale au récepteur qu'un bit est manquant ce qui permet la reconstruction des flux à la réception.

La combinaison du multiplexage décrit permet un débit de 8 Mbit/s. Des techniques similaires permettent d'agréger quatre de ces flux pour former des conduits de 34 Mbit/s puis 140 Mbit/s et enfin 565 Mbit/s.

Ces débits sont nommés E_i avec :

- E_1 correspondant à 2 048 kbit/s
- E_2 correspondant à 8 Mbit/s
- E_3 correspondant à 34 Mbit/s
- E_4 correspondant à 140 Mbit/s (le plus haut débit normalisé)
- 560 Mbit/s n'ayant jamais été normalisé, bien que mis en œuvre sur TAT-9, TAT-10, liaisons sous-marines transatlantiques 1992)

L'utilisation du PDH se limite le plus souvent à 140 Mbit/s

Trame	Constitution	Débit	Nb de voies
TN1-E1	MIC 30 voies	2 048 kbit/s	30
TN2-E2	4 TN1	8 448 kbit/s	120
TN3-E3	4 TN2	34 368 kbit/s	480
TN4-E4	4 TN3	139 264 kbit/s	1920

Tableau III.2. Hierarchie du système PDH.

III.7.1.3. La trame de la base E1

Le transfert de données est basé sur un flux à 2,048 Kbit/s pour la transmission de la voix, ce flux est séparé en 30 canaux de 64 Kbit/s et 2 canaux de 64 Kbit/s utilisés pour la signalisation et la synchronisation. Chaque trame est définie par une durée de 125 µs divisée en 32 IT numérotés de 0 à 31. Les IT 1 à 15 et 17 à 31 sont dédiés aux transferts d'information, les autres IT servent à la signalisation :

- l'IT 0 des trames paires est réservé au verrouillage de trame.

- l'IT 0 des trames impaires est réservé au service (alarmes,...).

- l'IT 16 est généralement réservé au transport de la signalisation des diverses voies du multiplex.

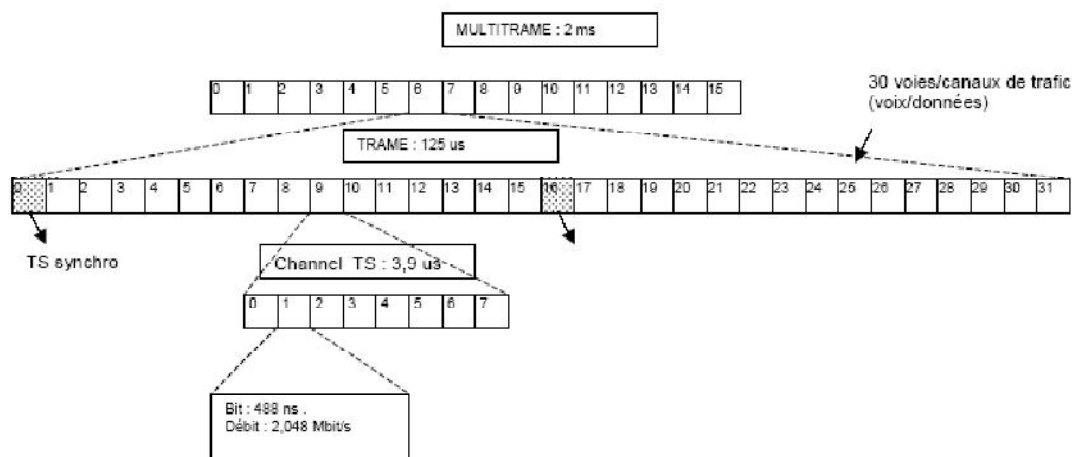


Figure III.7. La trame E1

III.7.1.4. Structure de trame MIC

III.7.1.1. Trame primaire et l'intervalle temporel (IT)

Une fois que l'échantillon a été quantifié, il peut être envoyé. Et un nouvel échantillon peut alors être échantillonné, compressé et quantifié. L'ensemble de ces opérations doit cependant être limité dans le temps. En effet, puisque l'on échantillonne à 8000 Hz, la durée de "fabrication" des mots de 8 bits codant l'échantillon ne peut dépasser 125 µs. En réalité, les mots de 8 bits sont produits très rapidement et on peut même insérer entre deux mots successifs provenant de la même voie, des mots provenant d'autres voies. On réalise ainsi une transmission multiplexée temporellement de plusieurs voies. (Recommandation UIT-T Rec.

G711). En Europe le système qui réalise cette fonction est appelé MIC E1 (Modulateur d'impulsions codées). C'est le premier niveau de la hiérarchie de multiplexage. Dans ce système 30 voies sont multiplexées temporellement dans une "fenêtre" de $125 \mu s$.

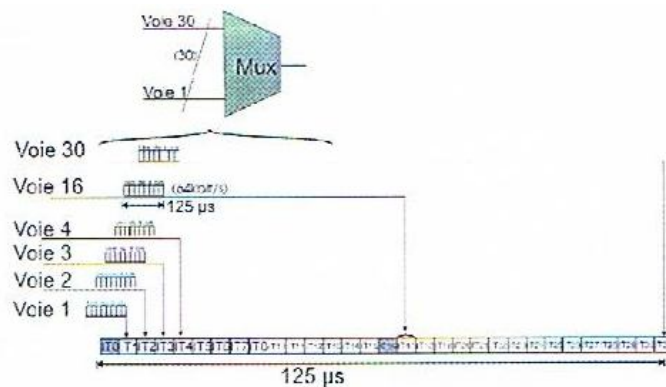


Figure.III.8. Structure d'une trame MIC

❖ Un réseau PDH est caractérisé par

- ✓ Etant le raccordement terminal de l'utilisateur (BTS, modem, machine de traitement, ordinateur).
- ✓ Moyens et bas débits inférieurs à 140 Mb/s .
- ✓ Distance courtes allant jusqu'à 200Km en moyenne.
- ✓ Une décompilation et reconstruction systématiques des trames.
- ✓ Se trouvent dans les couches 1 et 2 du modèle OSI.

III.7.2.transmission synchrone

III.7.2.1.Le réseaux optique synchrone(SONET)

Étudié initialement dans la société BELLCORE(Bell Communications Research) par R.J.BOHN et Y.C.Ching, ce mécanisme de transport a été proposé au comité T1 de l'ANSI à la fin de 1984 et présenté à Hambourg en 1987 dans une réunion technique.

Le mot SONET est un acronyme de Synchronous Optical Network, c'est un ensemble de normes ANSI à l'origine de la SDH. C'est l'un des protocoles les plus répandus aux USA.

La première structure appelée STS-1(Synchronous Transport Signal level 1) était une trame sur 13 rangés émise en 125 micro secondes soit un débit de 49.920 Mbits /s ; les deux premières colonnes portaient le SOH (Section Over Header) et la charge utile était sur

les 58 restantes.

Après discussion avec les représentants de l'Europe qui avaient fixé la composition de la STM-1 avec un débit de 155.520 Mbits /s ; trame de 270 colonnes * 9 rangées dont la 9^{ème} colonne de SOH, la STS-1 a été redéfinie de manière à pouvoir être incluse, en groupe de 3, dans la STM-1, permettant ainsi l'interconnexion des réseaux américain et européen.

Actuellement la trame de base, se compose de 9 rangées de 90 colonnes au débit de 57.84 Mbit /s ; sa charge utile est de 9 rangées *87 colonnes = 783 octets), les données de services sont disposées dans un en-tête appelé TOH(Transport Over Head) constitué des 3 premiers octets de chacune.

STS : Synchronous Transport Signal

Niveau SONET	Débit correspondant en Kbit/s
STS – 1	51.840
STS – 3	155.520
STS – 12	622.080
STS – 48	2.488.320

Tableau.III.3. Tableau récapitulatif des débits en SONET

III.7.2.2.Le réseaux Synchronous Digital Hierarchy(SDH)

La hiérarchie SDH est une norme à haut débit, elle permet le réseau de télécommunication, en étant compatible avec les réseaux existants :hiérarchie numérique plésiochrone :américain et japonaise.

Les débits de transmission sont déterminés à partir de transport, ou trame de base, appelé STM-1 qui est composée de 2340 octets transmis en 125 micros secondes. Soit un débit de 149.76 Mbits/s.

Le SDH situe sur les couches 1 et 2 du modèle OSI comme le montre la figure suivante :

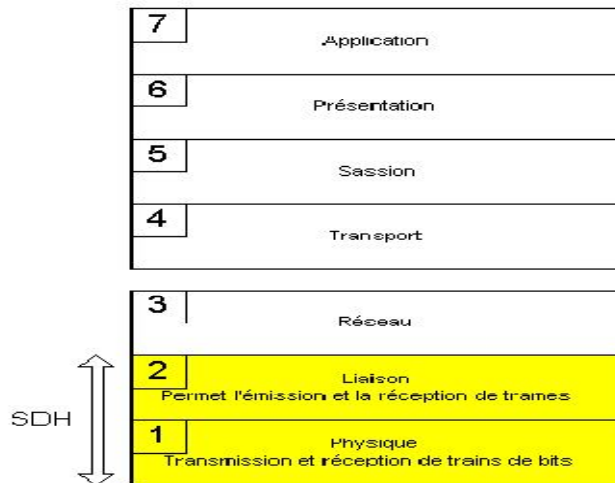


Figure III.9. l'emplacement de la SDH dans le modèle OSI.

III.7.2.2.1.L'arbre du multiplexage SDH

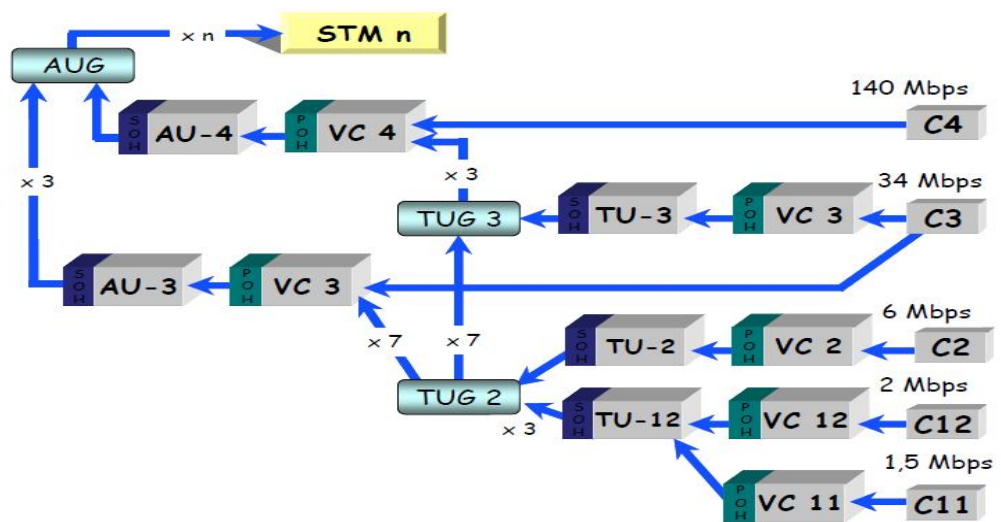


Figure III.10. multiplexage SDH.

Synchronous Transport Module STM

Niveau SDH	Débit correspondant en Kbit/s
STM – 1	155.520
STM – 4	622.080
STM – 16	2.488.320
STM – 64	9.953.280.

Tableau.III.4. Tableau récapitulatif des débits en SDH

III.7.2.2.2. Les trame STM-4 et STM-16

Une trame STM n est composée d'une capacité utile obtenue par multiplexage de n AUG, et d'un SOH. La trame n'est donc pas le résultat d'un multiplexage de n STM-1. (Voir La figure III.11)

La capacité utile d'un STM-n est obtenue par multiplexage de n VC4 qui composent les n AUG. Le multiplexage est réalisé en effectuant un entrelacement des octets de n VC4. La capacité utile est donc composée de n fois 261 colonnes afin de pouvoir loger les n VC4. Les pointeurs d'AU sont placés dans la ligne 4 des n fois 9 premières colonnes de la trame (entre le RSOH et le MSOH).

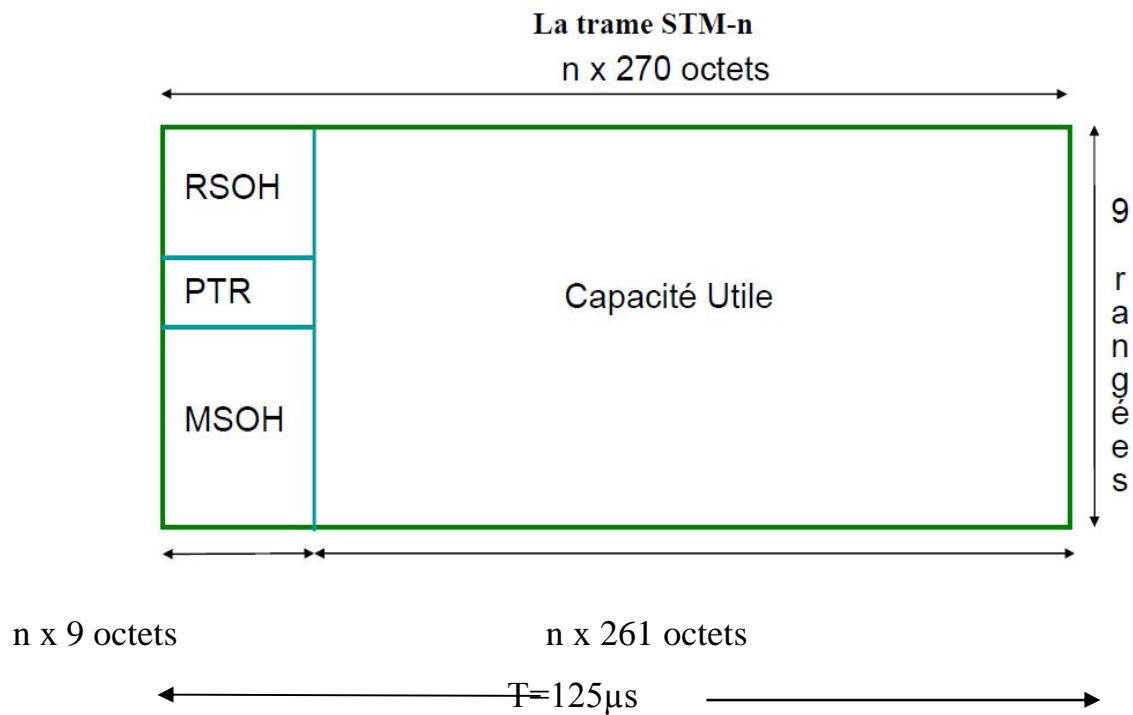
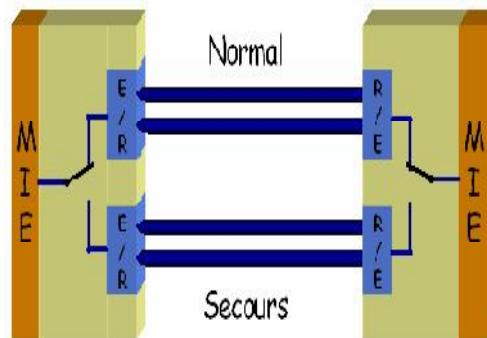


Figure III.11. la structure de la trame STM-n.

❖ Un réseau SDH est caractérisé par

- ✓ Une sécurisation logique ou physique 1+1 ou N+1.



R : Réception

E : Emission

Figure III.12. Protection 1+1

- ✓ Une simple régénération des trames sur un point de passage.
- ✓ Une modification des flux par insertion ou extraction à la volée.
- ✓ Utilisé dans des cœurs de réseau (backbone ou boucles).

- ✓ Débit en STM-n (Multiple du STM-1 à 155Mbits/s)

III.7.2.2.3. Infrastructure du réseau S.D.H

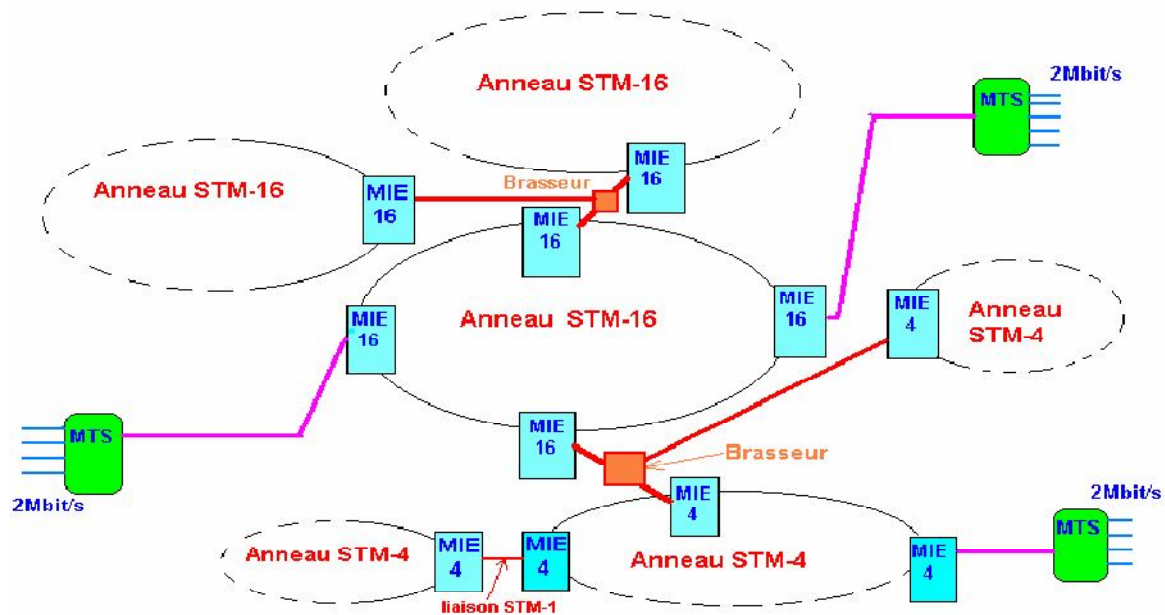


Figure.III.13. infrastructure du réseau SDH.

III.7.2.2.3 Le réseaux Wavelength Division Multiplexing(WDM)

Utilisé dans les systèmes de transmission sur fibre optique, il s'agit d'une évolution récente bénéficiant des progrès de l'amplification optique et qui a tendance à aller vers un réseau de transport « tout optique » : dans une même fibre (monomode), plusieurs porteuses avec des longueurs d'onde différentes véhiculent des flux de bits distincts.

Le principe du multiplexage en longueur d'onde est donc d'injecter simultanément dans une fibre optique plusieurs trains de signaux numériques sur des longueurs d'ondes distantes. la fibre se prête d'autant plus à cela que sa bande passante est très élevée d'ordre de 25 THz .

La norme ITU-T G.692 définit la plage de longueur d'onde dans la fenêtre de transmission de 1530 à 1565 nm et un espacement normalisé entre deux longueurs d'onde de 1.6 ou 0.8 nm lorsque plus de 16 canaux sont utilisés, on parle alors de DWDM (Dense Wavelength Multiplexing).

Aujourd'hui, il est possible d'atteindre des débits pouvant aller de 10 à 200 G bits/s. en effet, il existe des systèmes proposant de 4 à 80 canaux optiques à 2.5 Gbits /s par canal.

Un système à 16 canaux de 2.5Gbits/s (soit 40Gbits /s) permet l'acheminement de 500000 conversations téléphoniques simultanément sur une seule paire de fibre optique. Des recherches sont actuellement en cours pour accroître le débit offert sur chaque canal. On pourrait rapidement atteindre 10Gbits/s.

A chaque multiplexage ou démultiplexage de longueur d'onde, il y'a des pertes appelées pertes d'insertion. Pour compenser ces pertes et également réduire le bruit, on utilise un amplificateur à fibre dopée erbium , EDFA(Erbium Doped Fiber Amplifier).

III.8.Réseau de transmission(mobilis) de Tizi Ouzou

Dans le cadre d'un stage que nous avons effectués auprès de l'opérateur ATM mobilis, nous avons mené en premier, une étude sur le fonctionnement du réseau de transmission entre les différents sites gérés par le MSC de Tizi ouzou. L'ensemble des sites existants jusqu'à nos jours sur le territoire de la wilaya est donné par le schéma synoptique présenté par la (figure : réseau de transmission T.O).la région est couverte par environ 110stations BTS gérés par deux BSC et un MSC ,un BSC au niveau de la wilaya de Bouira et l'autre au niveau de Tizi_ouzou qui sont à leur tour géré par le MSC, Tizi ouzou ville, nous signalerons aussi au passage que le réseau de transmission comporte neufs sites hubs.

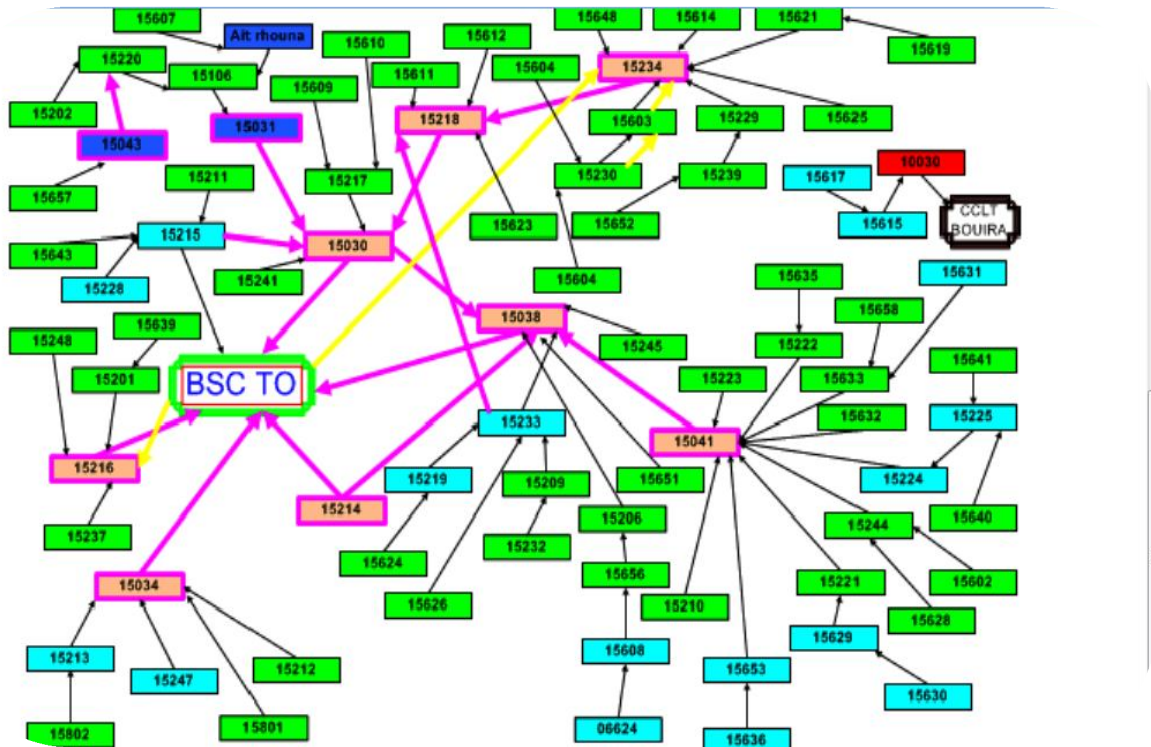


Figure III.14. Réseau de transmission de Tizi ouzou.

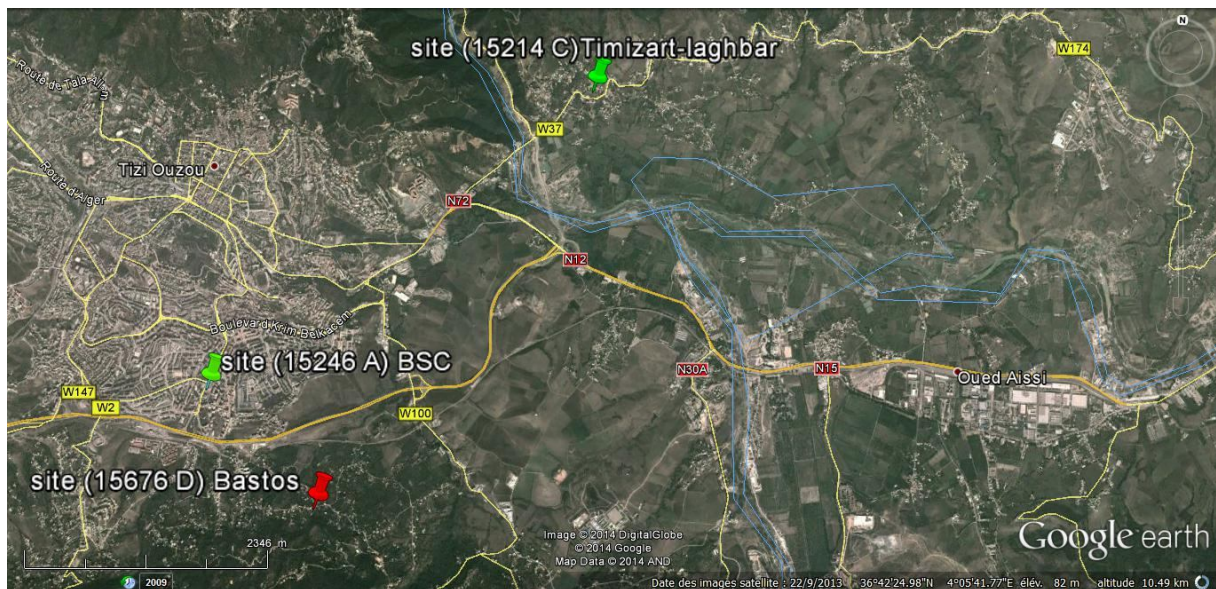


Figure III.15. coordonnées GPS de quelques sites.

La première liaison étudiée dans cette carte est la liaison entre les deux sites de BSC 15246A et le BSC15246 bis qui se fait avec un câble coaxial.

III.8.1.câble coaxial

Pour relier la BTS aux antennes, on utilise des câbles coaxiaux (ou feeders en anglais), qui peuvent atteindre jusqu'à une cinquantaine, voire exceptionnellement une centaine de mètres de longueur, pour parcourir la distance entre la BTS et les antennes.

Ces câbles sont blindés et parfaitement isolés, de manière à n'introduire aucun parasite entre l'antenne et la BTS, mais surtout pour éviter les pertes.

Les câbles utilisés apportent une atténuation d'environ 2dB pour 100 mètres, ils ont très souvent un diamètre de 7/8 pouce (environ 2,2 cm) et sont constitués de deux couches de cuivres, une au cœur et une autre vers l'extérieur, séparées par un isolant plastique.



Figure.III.16.câble coaxial.

III.8.2.Liaison Abis

La liaison Abis est le nom donné à la liaison entre la BTS (Base Transceiver Station) et le BSC (Base Station Controller) qui commande tout le fonctionnement de la BTS. Cette liaison assure le transport des informations vers le BSC : commande de la BTS, signalisation, mais surtout des communications (vocales et data) des abonnés mobiles. cette liaison peut-être réalisée par un Faisceau Hertzien, une Liaison Louée, ou par une combinaison de ces deux liaisons.

III.8.3. Tableaux résumant les caractéristiques des liaisons FH de MOBILIS

III.8.3.1. Tableau 1 : la liaison FH1 entre le site de site de BASTOS (15676D) et le site BSC (15246 A)

	15676D (bastos)	15246 A (BSC)
Latitude	36° 41' 13.88" N	36°41'49.00"N
Longitude	4°8'25.8"E	4° 3' 3.00"E
azimut de chemin	47.45°	131.43°
niveau du sol	212.0 m	124.0 m
Abovegr.level	20.0m	20.0m
Azimut d'antenne	227.50°	311.44°
Inclination d'antenne	-0.82°	-3.22°

Tableau .III.5.caractéristiques de la liaison FH1.



Figure III.17.liaison FH entre le site de Bastos (15676 D) et BSC (15246A).

III.8.3.2. Tableau 2: la liaison FH2 entre le site de site de BASTOS (15676) et le site Timizart-laghbar (15214C).

	15676D A (bastos)	15214C (Timizart-laghbar)
Latitude	36° 41' 13.88" N	36°43'31.00" N
Longitude	4°8'25.8"E	4° 5' 29.00" E
azimut de chemin	47.45°	209.92°
niveau du sol	212.0 m	94.0 m
Above gr.level	20.0m	20.0m
Azimut d'antenne	227.50°	209.92°
Inclination d'antenne	-0.82°	1.37°

Tableau .III.6.caractéristiques de la liaison FH2.

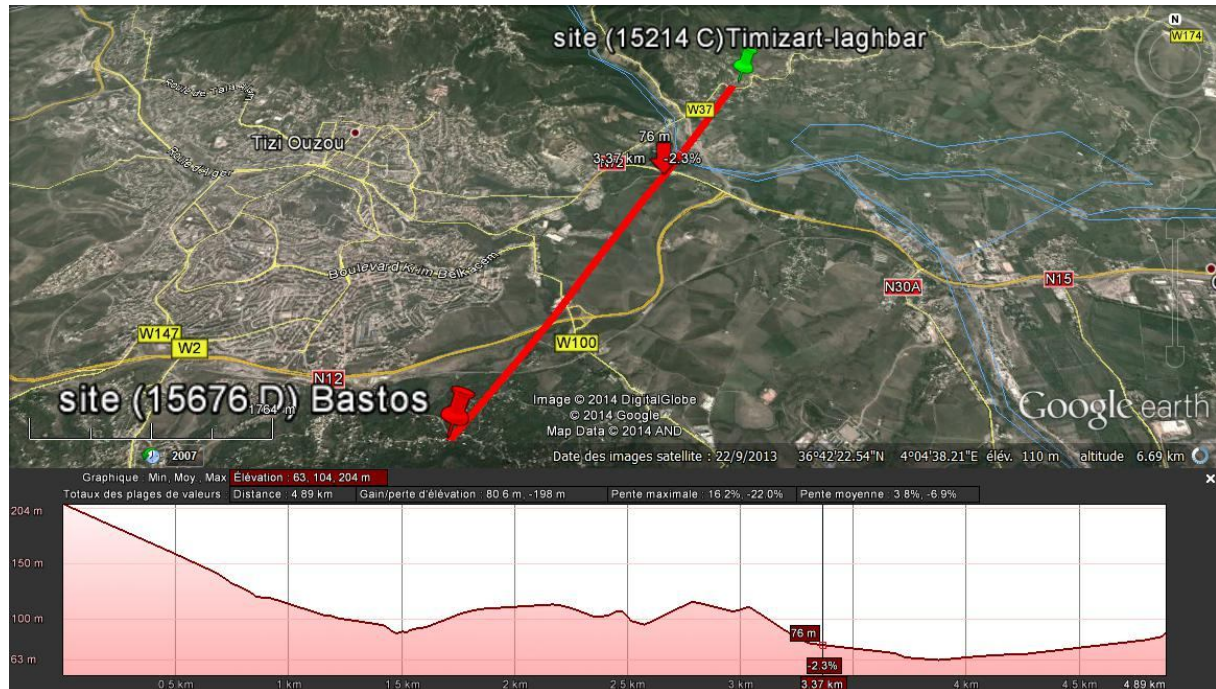


Figure III.18.la liaison FH entre le site de bastos(15676D) et le site de Timizart-laghbar(15214C)

III.9.L'interconnexion entre les différents sites du réseau

Le transfert de données entre les différents éléments du réseau sont assurés par des liaisons MIC (Modulation par Impulsion Codée) à 2 Mb/s. lorsque deux éléments du réseau sont proches l'un de l'autre, les transmissions sont assurées par des liens physiques utilisant des paires de cuivre, des câbles coaxiaux, ou la fibre optique. C'est le cas généralement des liaisons BSC-MSC-VLR-HLR qui se trouvent dans des centres communs.

La fibre optique est utilisée seulement pour deux liaisons, l'une reliant le BSC de la Nouvelle-ville de Tizi ouzou à celui de la ville d'Azzazga et l'autre relie le site de Boghni à celui même de la Nouvelle-ville. Par sa faible atténuation du signal et une large bande passante, ainsi que ses caractéristiques de transmission en font le support idéal des transmissions haut débit, Néanmoins des contraintes de pose et de coûts élevés restent à prendre en compte pour l'opérateur, ce qui a mené le groupe ATM mobilis de Tizi ouzou à se contenter de deux liaisons à fibre optique au défaut de ne pas pouvoir utiliser les faisceaux hertziens. Le réseau Mobilis utilise en générale des liaisons FH entre BTS et BSC. Les ingénieurs ont opté pour ce genre de support de transmission car il est, le plus pratique, simple, maniable et présente des équipements moins chers permettant une meilleure adaptabilité au sol que connaît les régions montagneuses de Kabylie.

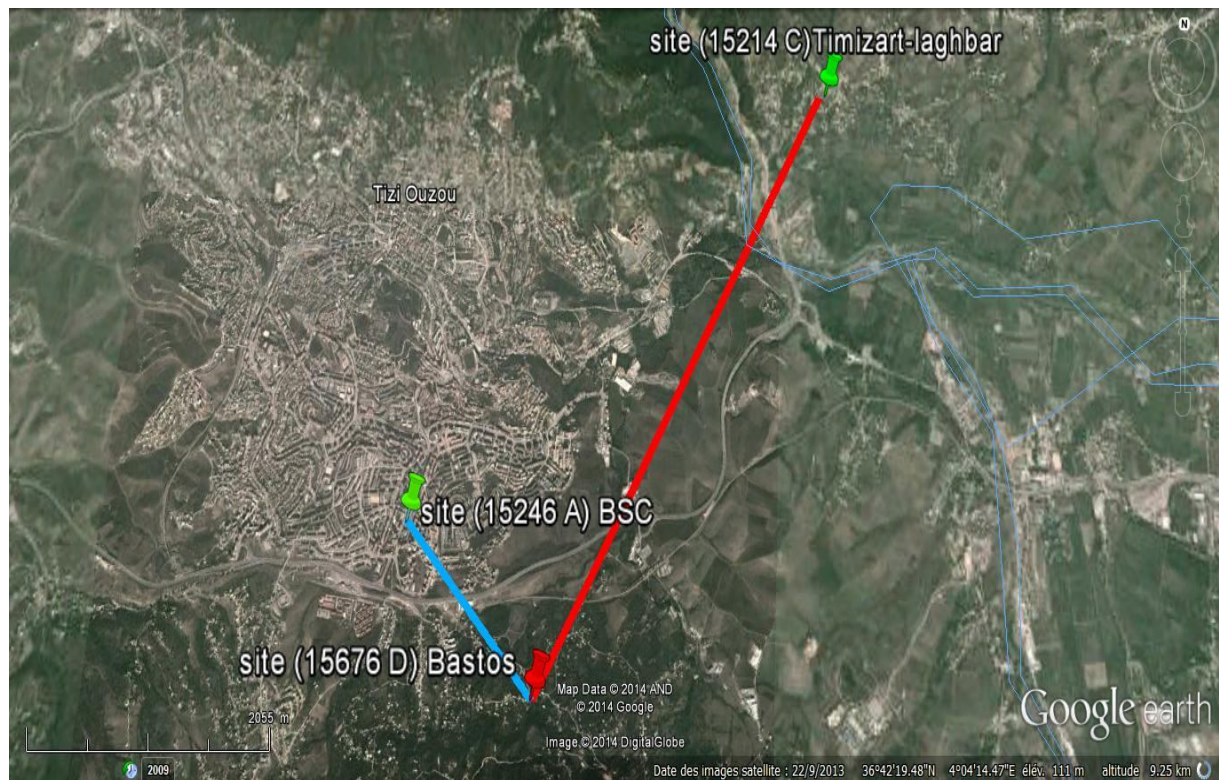


Figure III. 19. La carte des quelques liaisons FH choisie sur Google earth

III.9.1.Choix de la liaison FH

Notre choix de liaisons est porté sur la liaison reliant le site de (BSC de la Nouvelle-ville ,15246A) à celui de (bastos , 15676 D) et l'autre entre Timizart-Laghbar(15214C) à celui même de la Nouvelle-ville .

Chapitre IV

Configuration de trafic node de 3G

IV.1.Définition d'une liaison FH

IV.2.Les équipements d'une BTS

IV.2.1.Antennes

Une antenne est un dispositif qui assure le couplage entre un équipement émetteur (ou Récepteur) d'ondes radioélectriques et l'espace où se propagent ces ondes.

Les antennes sont les composants les plus visibles du réseau GSM. On les voit un peu partout, souvent sur des hauts pylônes, sur des toits d'immeubles, contre des murs, à l'intérieure des bâtiments ; ils arrive assez souvent qu'elles soient invisibles puisque camouflées, pour des raisons esthétiques. Ces antennes permettent de réaliser la liaison entre le MS (Téléphone mobile) et la BTS.

IV.2.2.câbles coaxiaux

Voir chapitre 3.

IV.2.3.la BTS (Base Transciever 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.ces éléments sont :

- **Equipements de transmission**
- **Equipement d'énergie**
- **Protection**

IV.2.4.Mini Link ou carte de commande

Le TN peut être classé par catégorie a basé sur leur magasin de module d'accès (AMM) à 20P et à 6P où p se rapportent au nombre d'unités qui peuvent être adaptées à l'intérieur de l'AMM ,Un Mini Link permet d'assurer la liaison entre la BTS et le BSC. . TN est basée sur Units(Modules) où chaque unité font une certaine fonction et tous sont reliés par la carte mère de l'AMM.

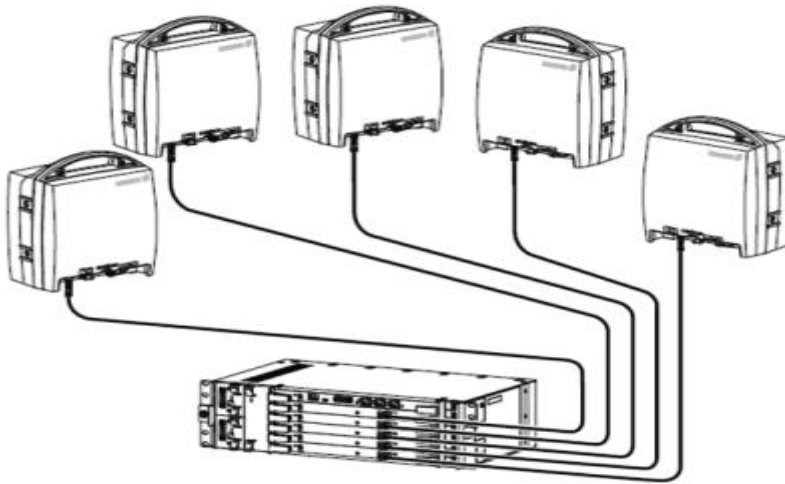


Figure.IV.1. MiniLink

Elle est constituée de trois modules qui sont répartis suivant deux types d'unités : les unités Indoor et OutDoor :

IV.2.4.1.Le module Indoor(AMM :Access Magasin Module, MMU :Modem Module Unit) :qui permet de connecter le trafic principale de 155 Mbit/s et la transmet. Elle permet d'effectuer la commutation, la démodulation et la modulation des données utilisées pour protégé et configuré les terminaux. Elle est possède une unité de ventilateur qui est toujours adapter pour garantir suffisamment le refroidissement.

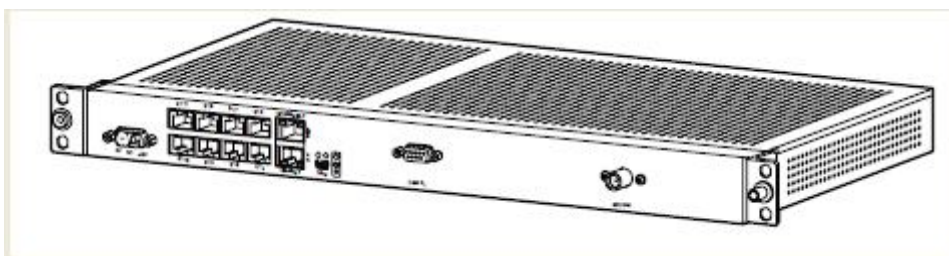


Figure.IV.2.exemple d'un IDU

IV.2.4.2. Le module Outdoor (RAU : Radio Access Unit et l'antenne) : permet de produire et recevoir l'onde radio fréquence et le convertir en un format qui va circuler dans le câble par radio, qui relie les deux modules. L'antenne du Mini Link de signal est différente de celle de la BTS. C'est à travers cette antenne que les signaux traités par la RBS sont envoyés à la BSC. C'est le Mini Link qui assure la liaison entre la BTS et la BSC.



Figure.IV.3. exemple d'un ODU.

IV.3. Planification d'une liaison

IV.3.1. Visite technique du terrain

Avant d'installer une liaison FH il faut vérifier :

- La visibilité entre deux sites.
- La disponibilité de l'espace libre pour l'installation de la liaison (IDU, ODU)
- Prise de coordonnées des structures à interconnecter à l'aide d'un récepteur GPS (Global Position System) .emplacement choisis pour installer les pylônes.

IV.3.2. Dossier technique

- L'opérateur donne les spécifications générales du site au sous-traitant, qui va établir un dossier technique minimal contenant les plans, descriptifs des travaux, position sur

le cadastre. Une fois le dossier retourné à l'opérateur, celui-ci va le compléter en faisant des simulations pour choisir définitivement le type d'antennes, leur orientation, azimuth, tilt, fréquence Tx, Gain d'antennes.

	15676D A (bastos)	15246 A (BSC)
Latitude	36° 41' 13.88" N	N36°41'49.00"
Longitude	4°8'25.8"E	E4° 3' 3.00"
azimut de chemin	47.45°	131.43°
niveau du sol	212.0 m	124.0 m
Abovegr.level	15.0m	20.0m
Azimut d'antenne	227.50°	311.44°
Inclination d'antenne	-0.82°	-3.22°
type d'antenne	ML 38 0.6m HP Dual rA	ML 38 0.6m HP Dual rA
TX Frequence MHz	38332.00	37072.00
Gain d'antenne dBi	44.8 dBi	44.8
Tilt Antenne (°)	-3.22	3.22

Tableau IV.1.dossier technique

IV.4.Configuration

IV.4.1.configuration du Trafic Node

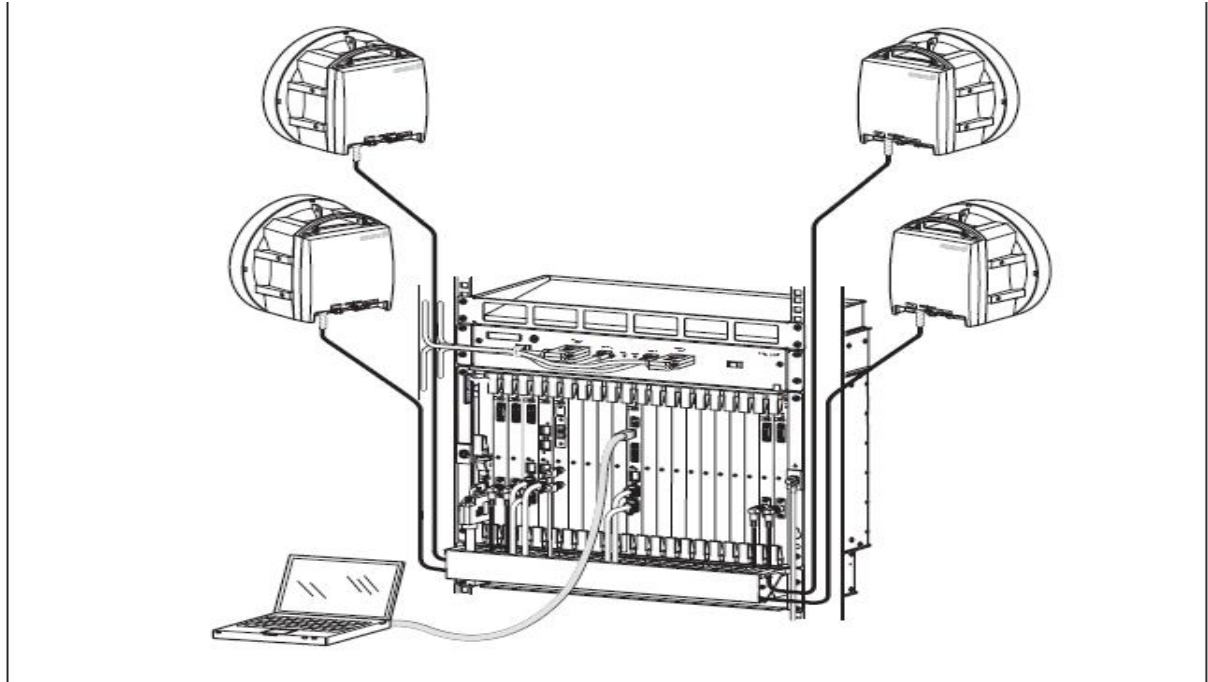


Figure .IV.4. Equipements utilises dans la configuration

Notre choix de liaisons se base sur la liaison FH1 entre les deux sites (15246A et 15676D) ,
alors, on va configurer le site 15676 D :

Le path quality de ce site est le suivant :

NTP Server:		10.50.1.60													
Site	NE Type	NE Name	Detail	NE IP Address				PPP Configuration							
				Auto Neg.	NE IP Addr.	Subnet mask	Default Gateway	VF	Admin Status	Notification	Description	IP Addr.	Subnet Mask	MTU	Remote IP Addr.
15676	AMM6P	15676_AMM6P#1		On	10.50.162.73	255.255.255.252	0.0.0.0	1/2/1	Up	Enable	Facing 15246#1 vif 1/4/1	10.50.162.10	255.255.255.252	1500	10.50.162.9
				OSPF Area				1/3/1	Up	Enable	Facing 15246#1 vif 1/5/1	10.50.162.14	255.255.255.252	1500	10.50.162.13
				Net Addr.	Subnet Mask	Area ID	Area Type	1/4/1	Up	Enable	Facing 15211#1 vif 1/2/1	-	-	1500	-
				10.50.162.0	255.255.255.0	10.50.162.0	Stub	1/5/1	Up	Enable	Facing 15211#1 vif 1/3/1	-	-	1500	-
Synchronization Parameter															
Network Synchronization Mode:		Disable													
AMM6P E1 Capacity															
No.	MMU2H Slot	No of E1	Node ID	Far End ID											
1	1/2/1	8	9hq2	9au4											
2	1/3/1	8	9hq3	9au5											
3	1/4/1	4	9hq4	99V2											
4	1/5/1	4	9hq5	99V3											

Tableau. IV.2. Les coordonnées du site 15676D.

La configuration se fait avec un logiciel « Mini Link Craft 2.20 » de Ericsson :qui va nous permet de configurer des liaisons FH .



Figure.IV.4.Mini Link Craft 2.20

Ce profile contient :

- **NE :TN1-15676-D.AMM20P** : c'est le nom du lien et le AMM(Access Magasine Modules) qui contient 20 MMU.
- **User** : c'est l'adresse IP .
- **Password** : (mot de passe) :ERICSSON .

On met tout les paramètres précédente et on aura le profil suivant :



Figure. IV.5.Mini Link Craft après modification.

On tape sur Import et on commence à identifier le lien à configurer :

On vérifie si l'installation des équipements fonctionne correctement. Et on commence à modifier le menu suivant le path quality :

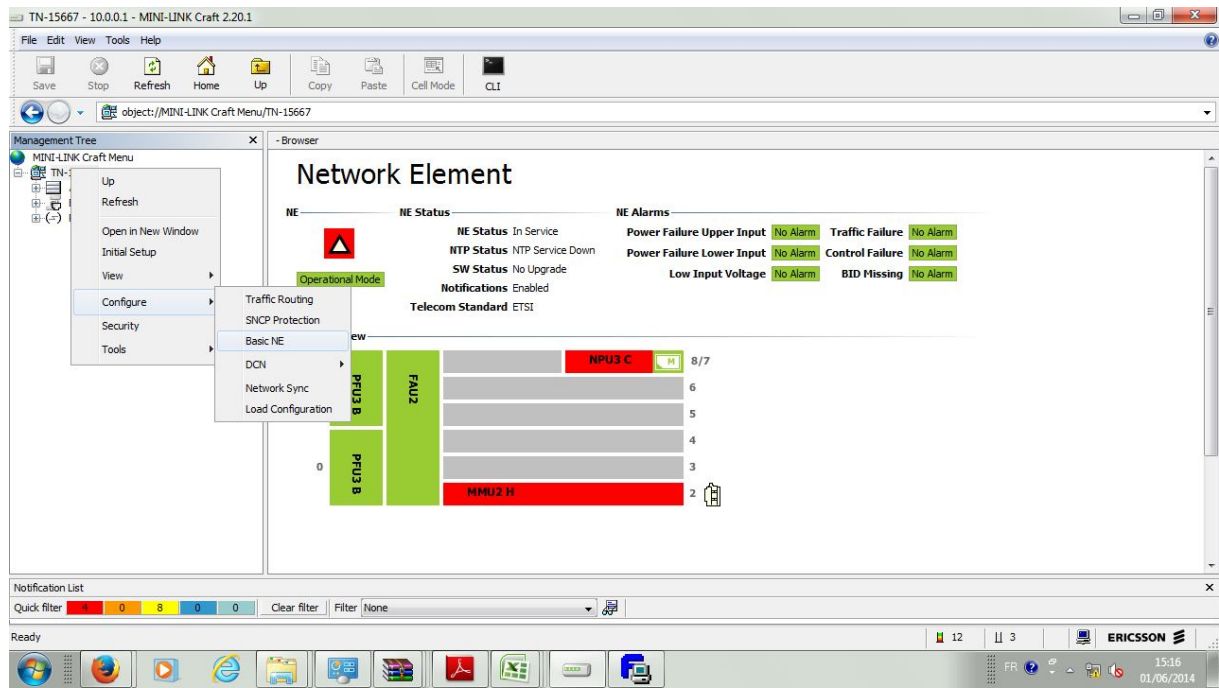


Figure.IV.5. MiniLink Craft après modification.

De l'image précédente on clique sur :

- Basic NE :
 1. TN_15676-D
 2. configure
 3. basic NE pour identifier le lien

Sur NE Name :TN-15676 -D :l

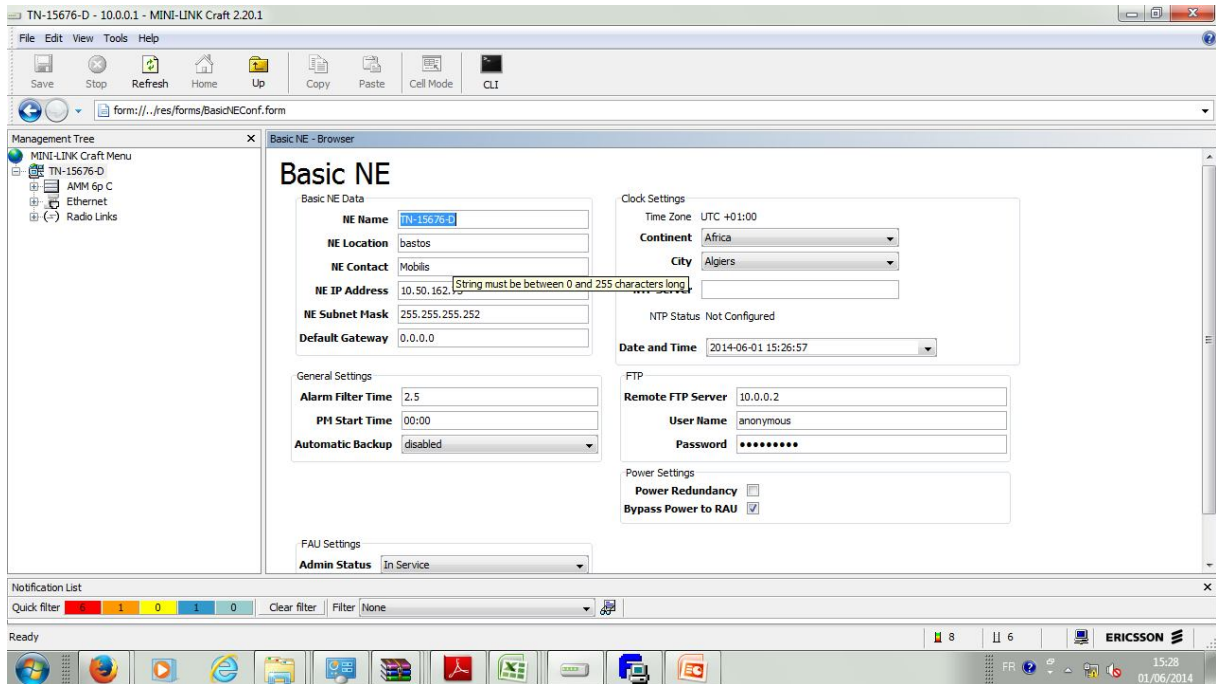
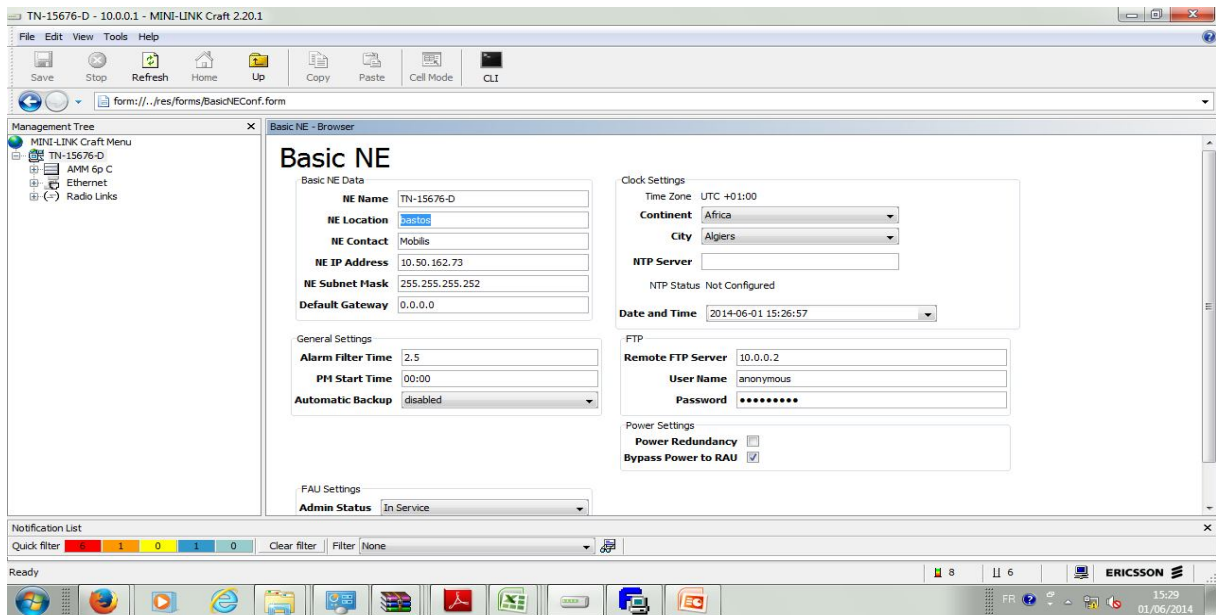


Figure.IV.7.les paramètres du Basic NE.

➤ NE Location : Bastos



FigureIV.8. NE Location .

➤ NE Contact :Mobilis

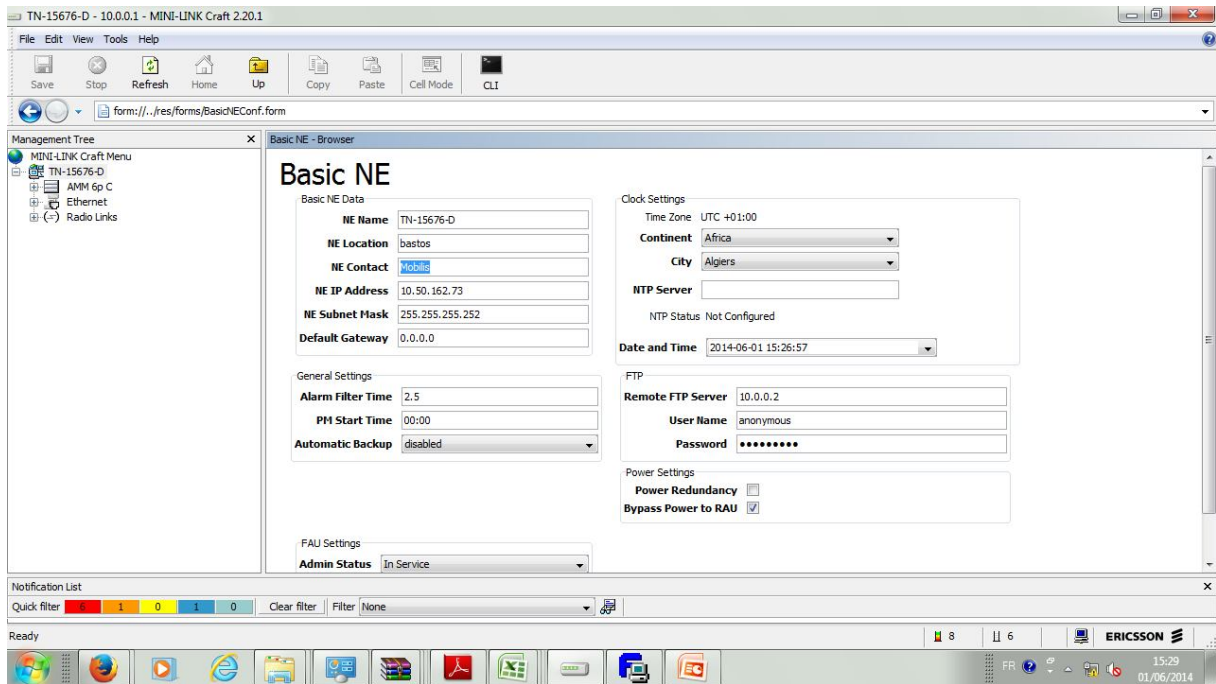


Figure IV.9. NEContact.

a partir de tableau IV.1. on tire les autres paramètres :

➤ NE IP Adress :10.50.162.73

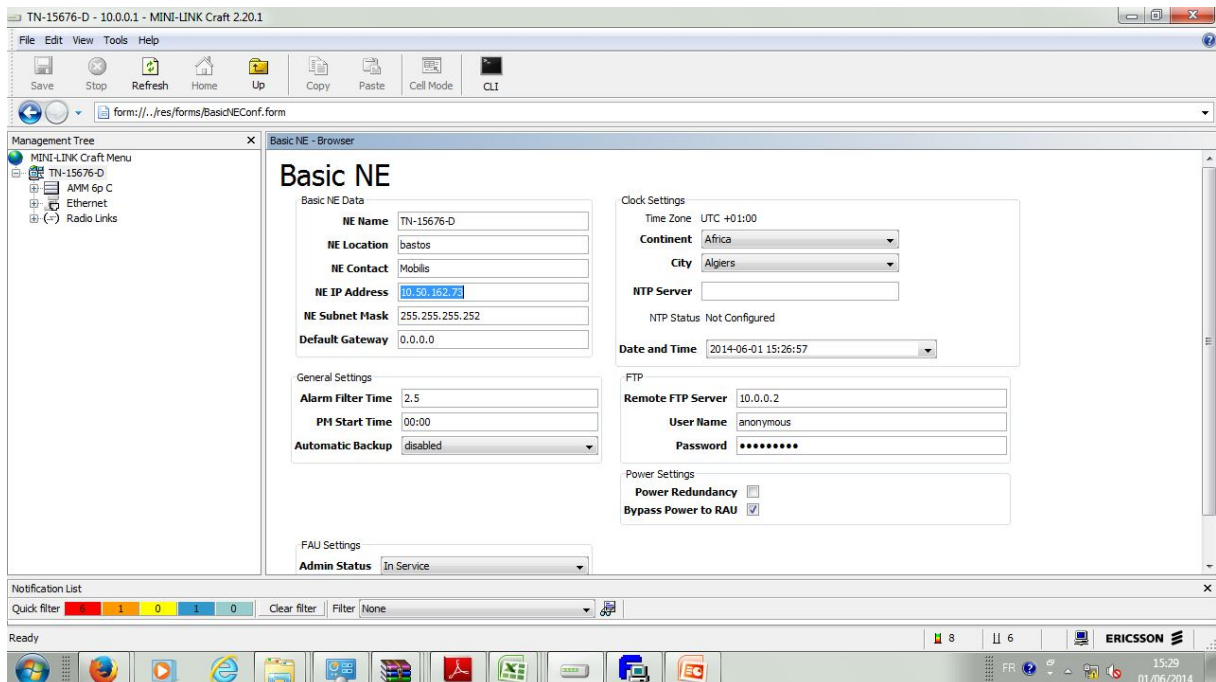


Figure IV.10. NE IP Adress.

- NE Subnet Mask :255.255.255.252

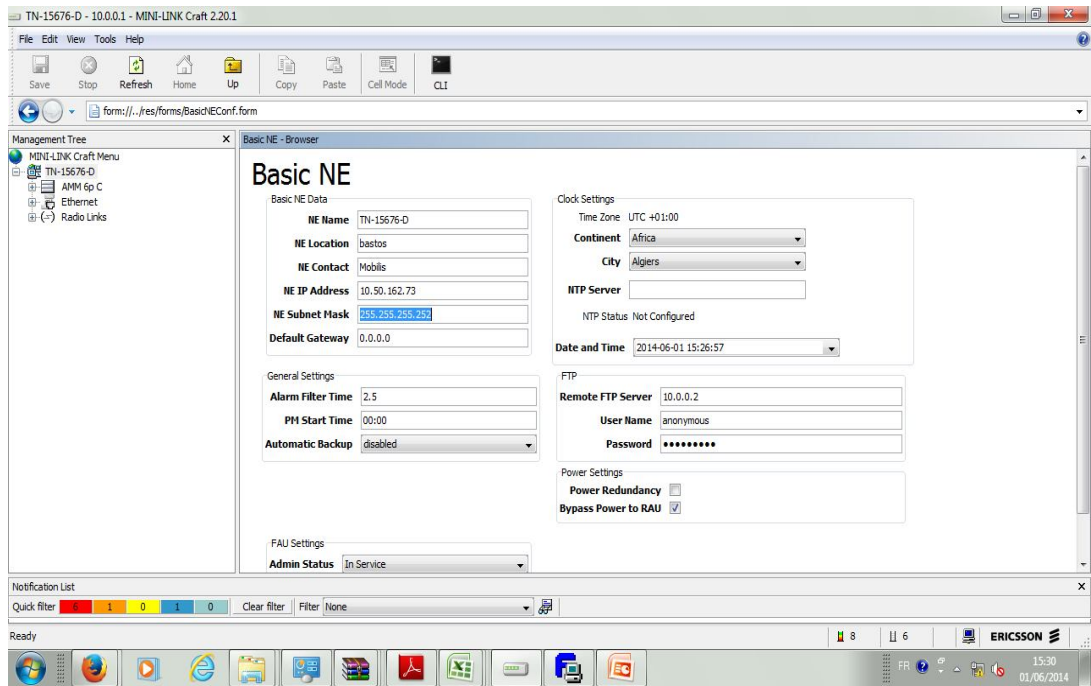


Figure.IV.11. NE Subnet Mask .

- Default Gateway :0.0.0.0

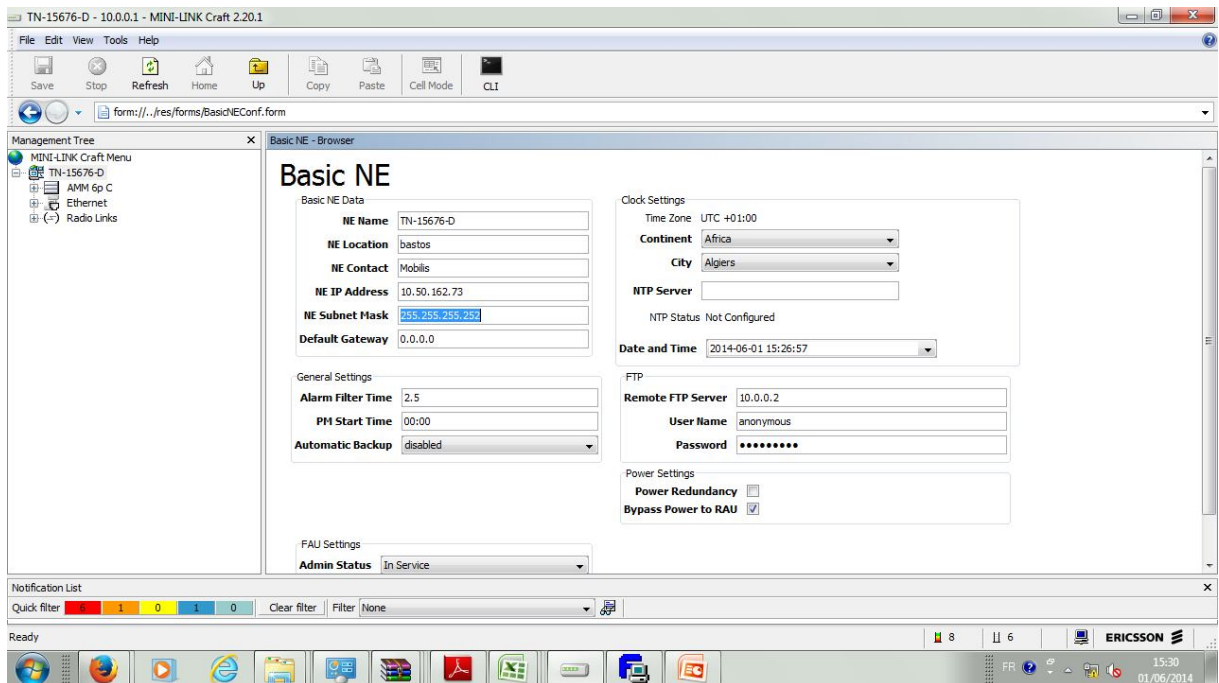
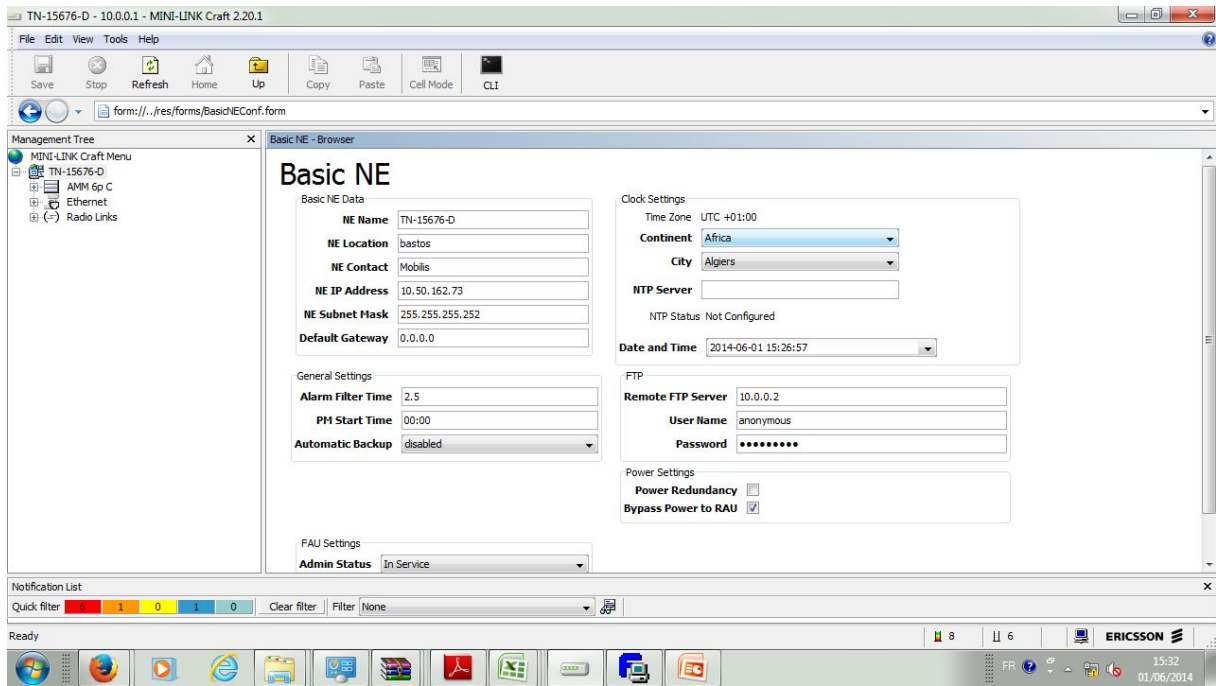


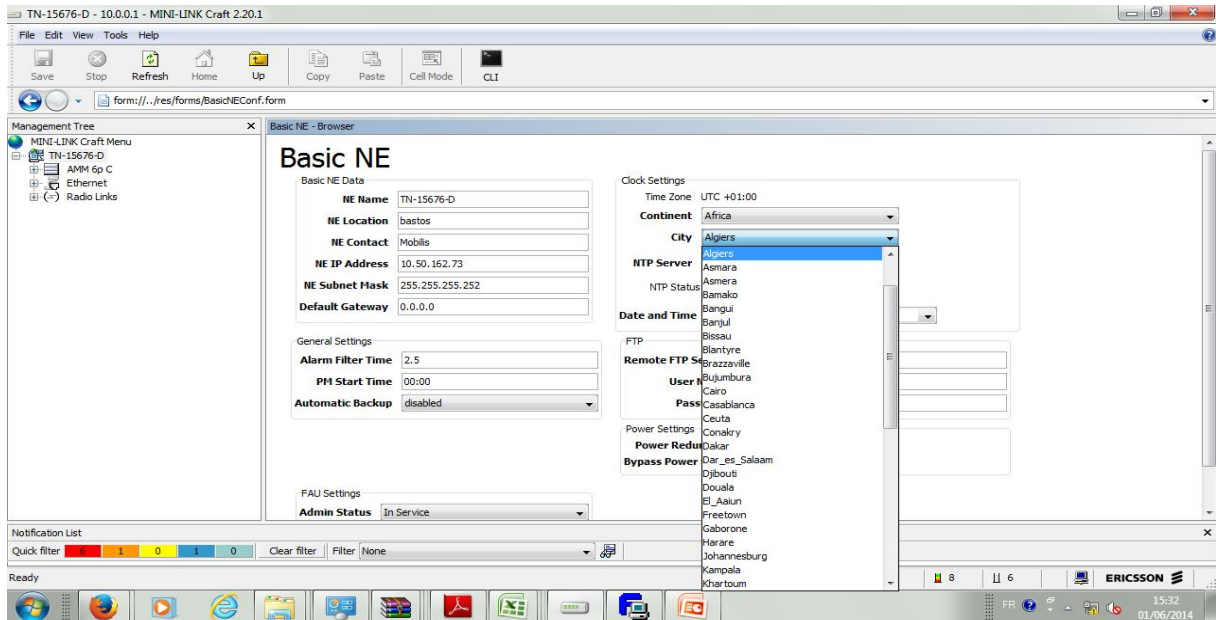
Figure.IV.12.Default Gateway.

- Clock Settings :
 - Continent :Africa



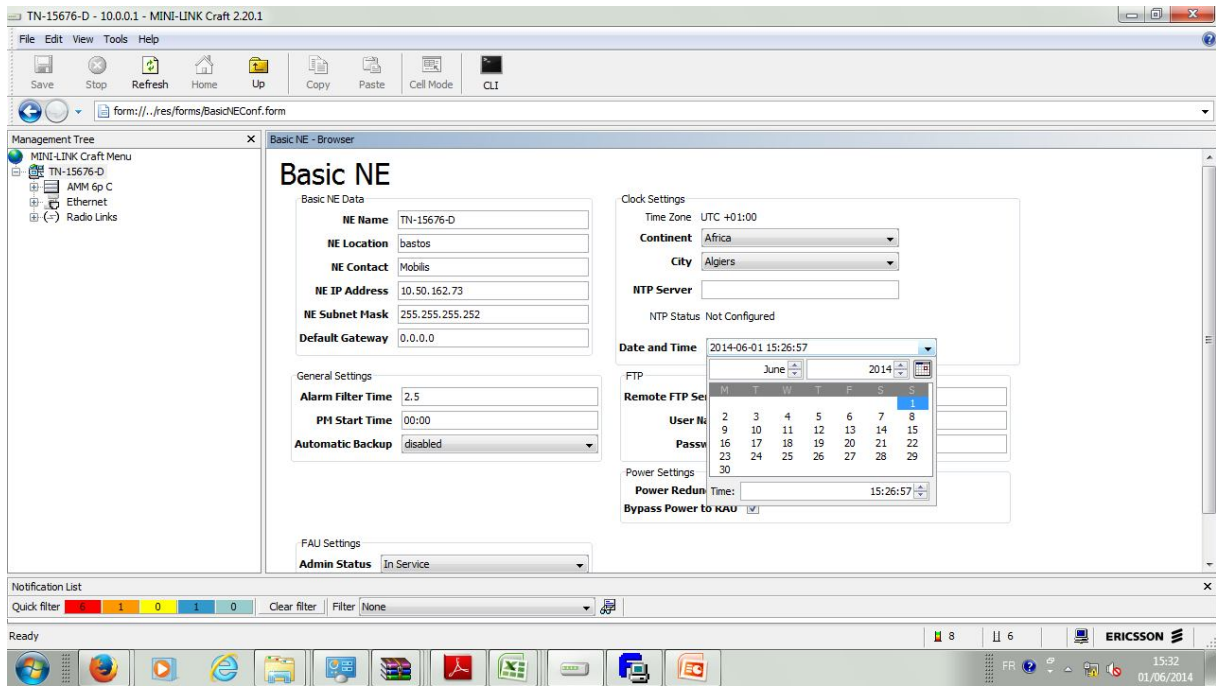
FigureIV.11.Continent.

- City :Algiers.



FigureIV.13. City.

Date and Time :



FigureIV.14. Date and Time.

On Sauvegarde des paramètres sur icons save , on clique sur Radio Link et avec le bouton droit de la souris sur TRMA(2)-No contact() on configure la Radio Link :

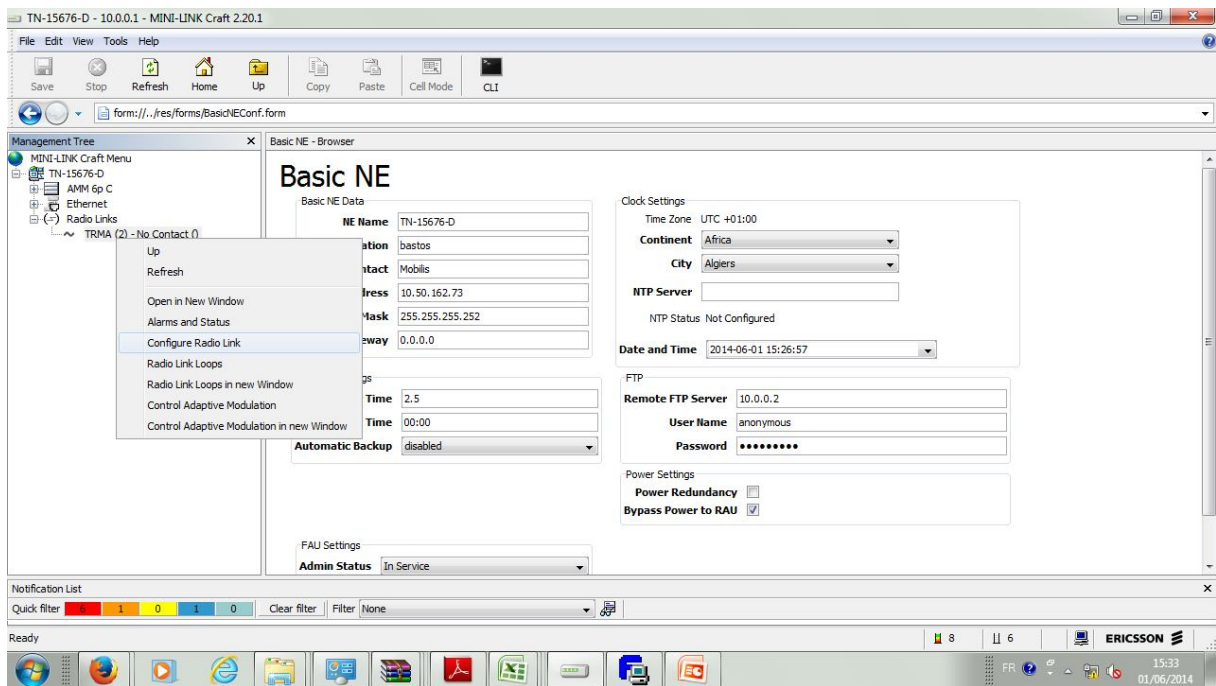


Figure.IV.15.configuration de la Radio Link.

La configuration de la radio se fait en modifiant ces paramètres : On commence par les paramètres de Terminal :

- Terminal ID :9hq2

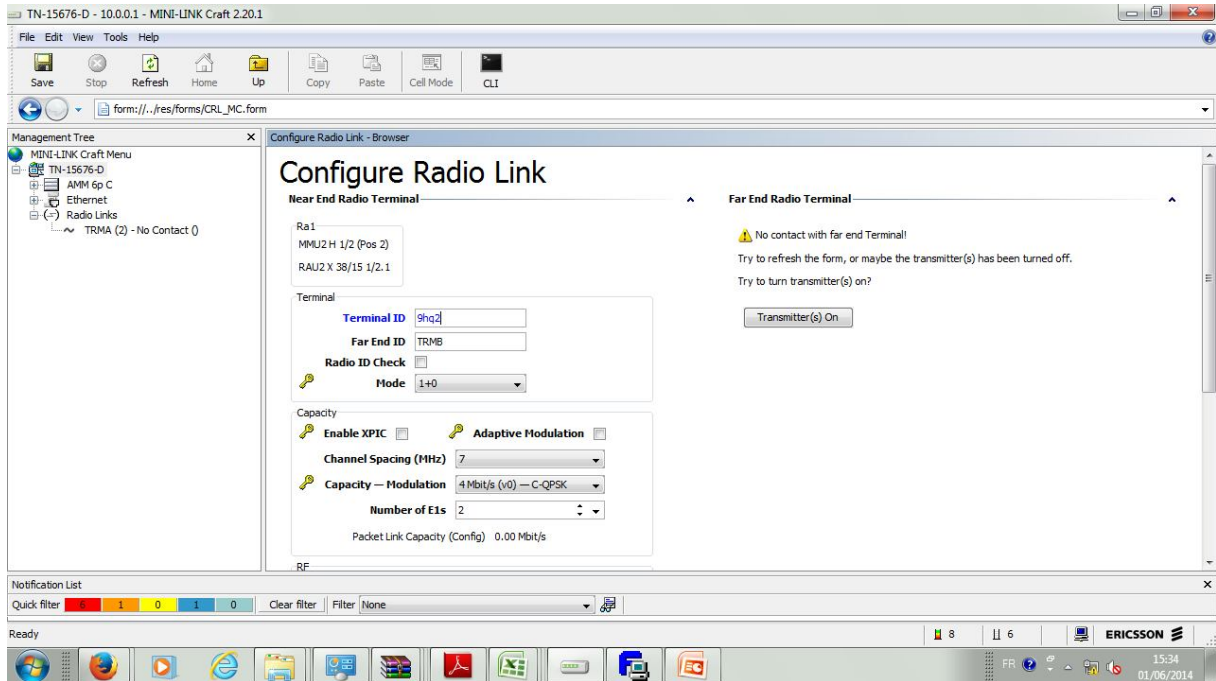


Figure.IV.16.terminal ID

- Far End ID :9au4

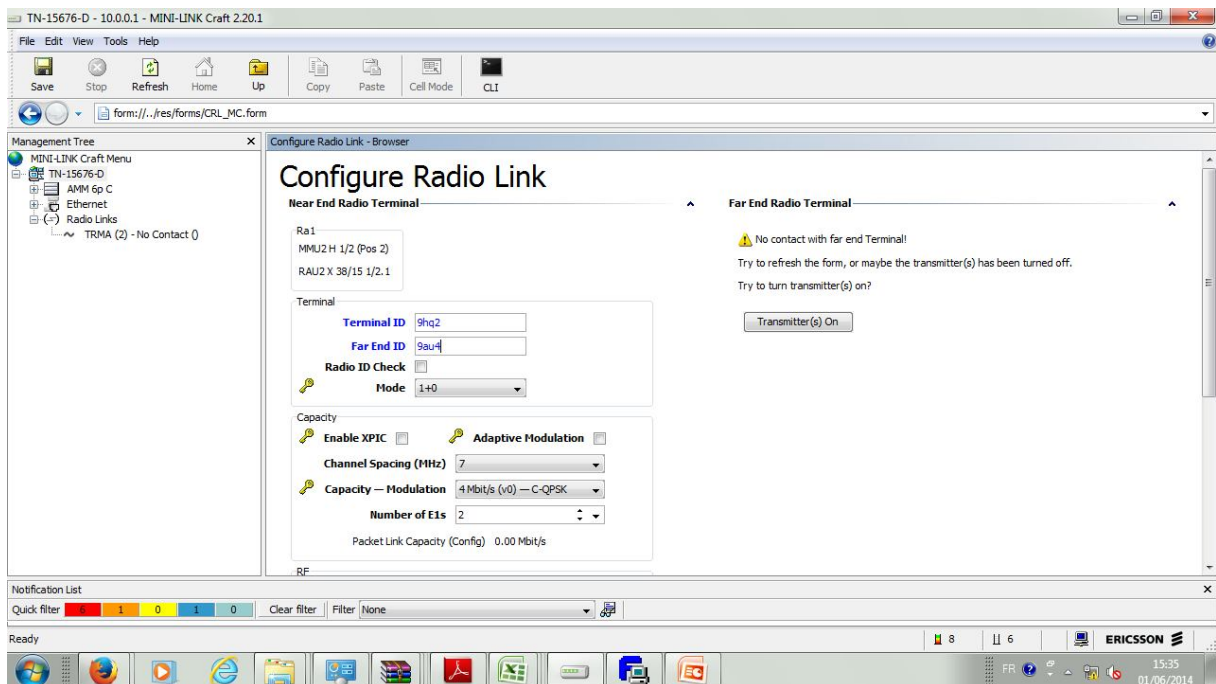


Figure. IV.17. Far End ID

- On coche sur l'icone Radio ID check pour ne pas confondre entre le Terminal ID et le Far End ID :

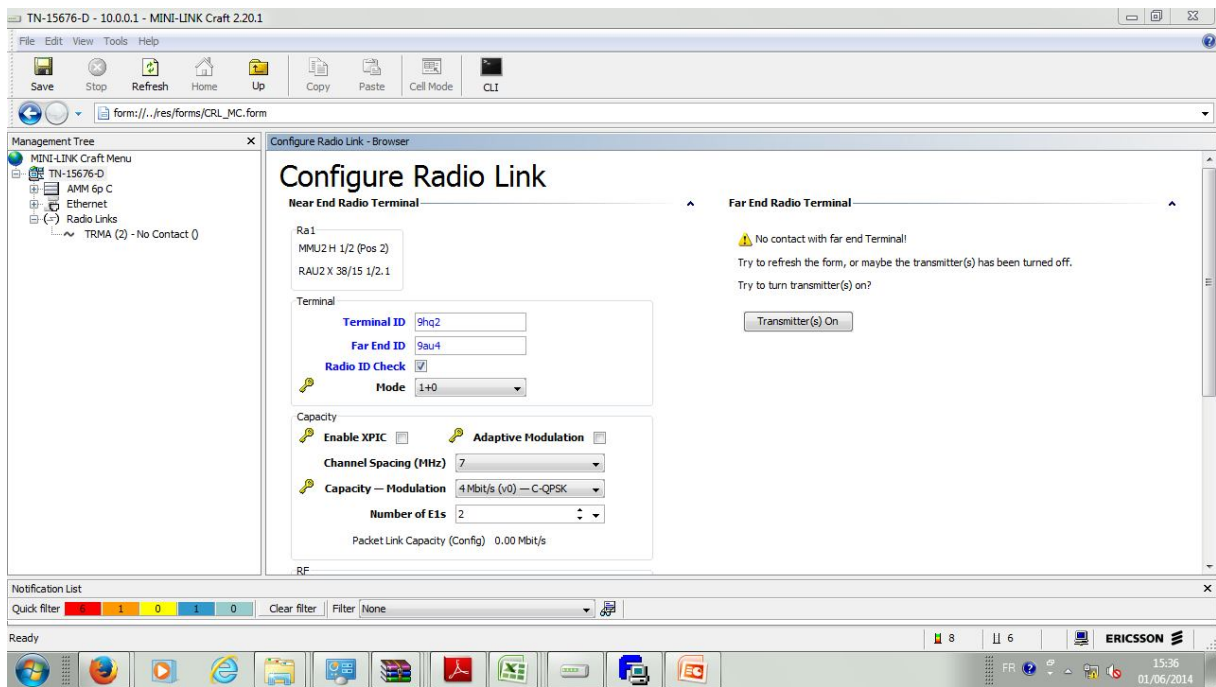


Figure.IV.18. Radio ID Check

- Mode: la protection se faite avec 1+0:

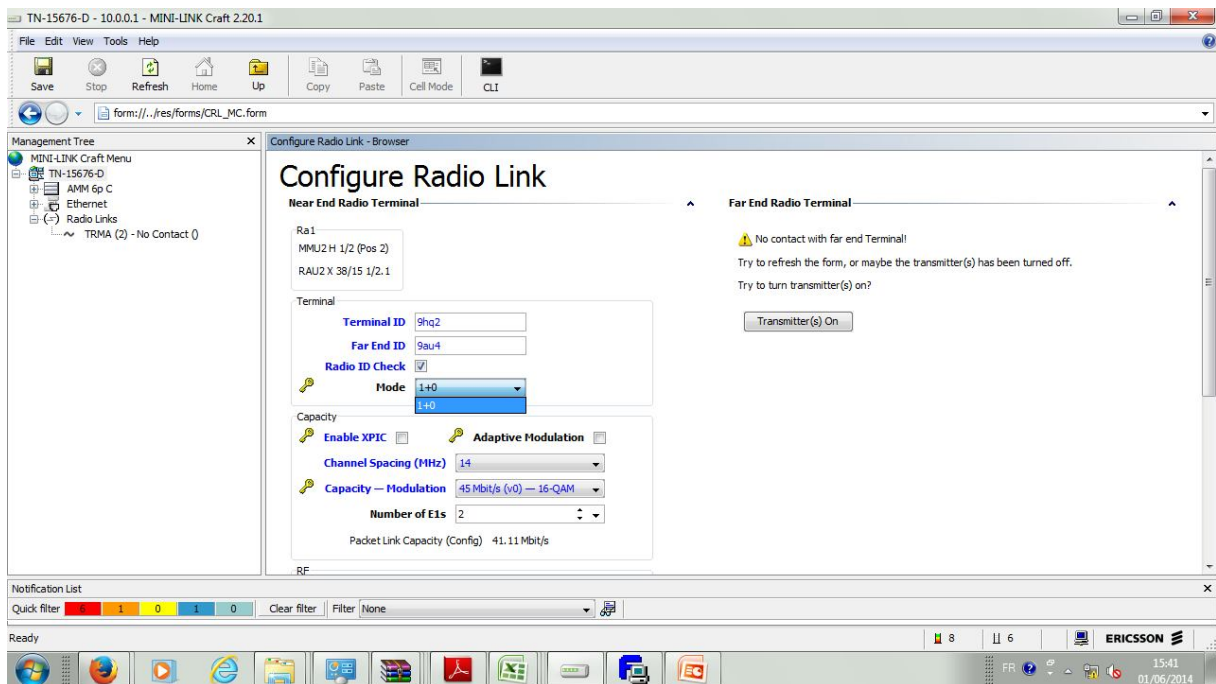


Figure .IV.19.mode

Après avec les paramètres de capacity :

- Channel Spacing (MHz) :28MHz

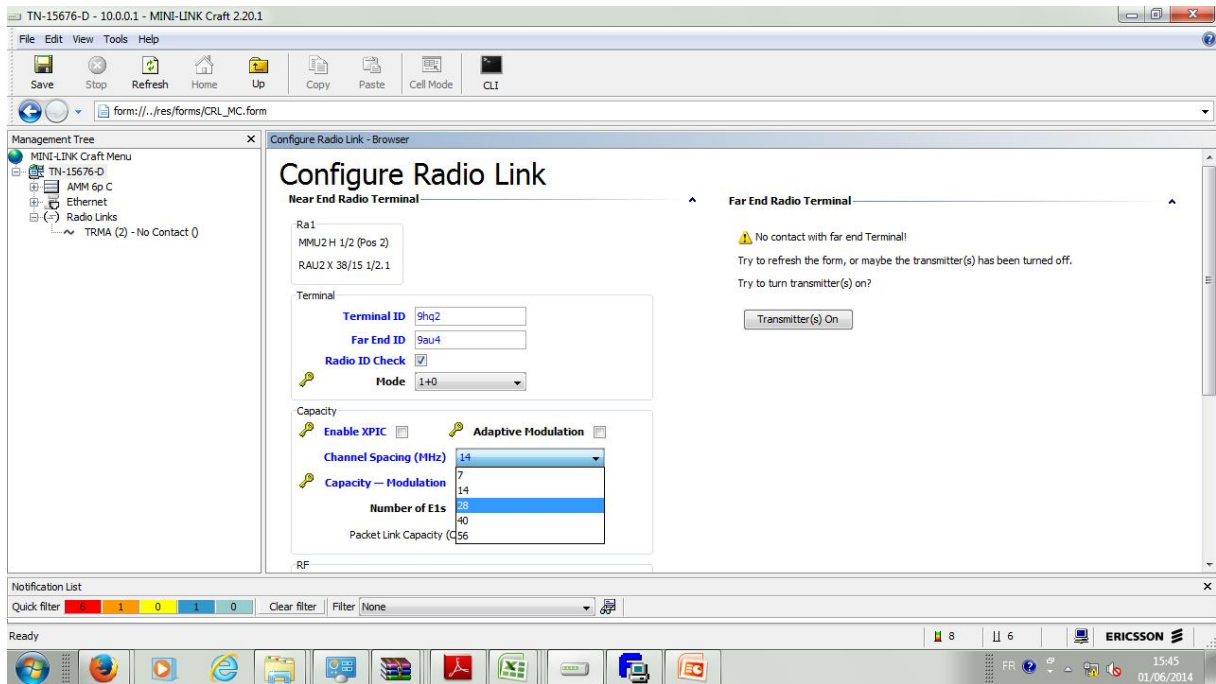


Figure.IV.20.capacity

- Capacity Modulation :95 Mbit/s_16QAM

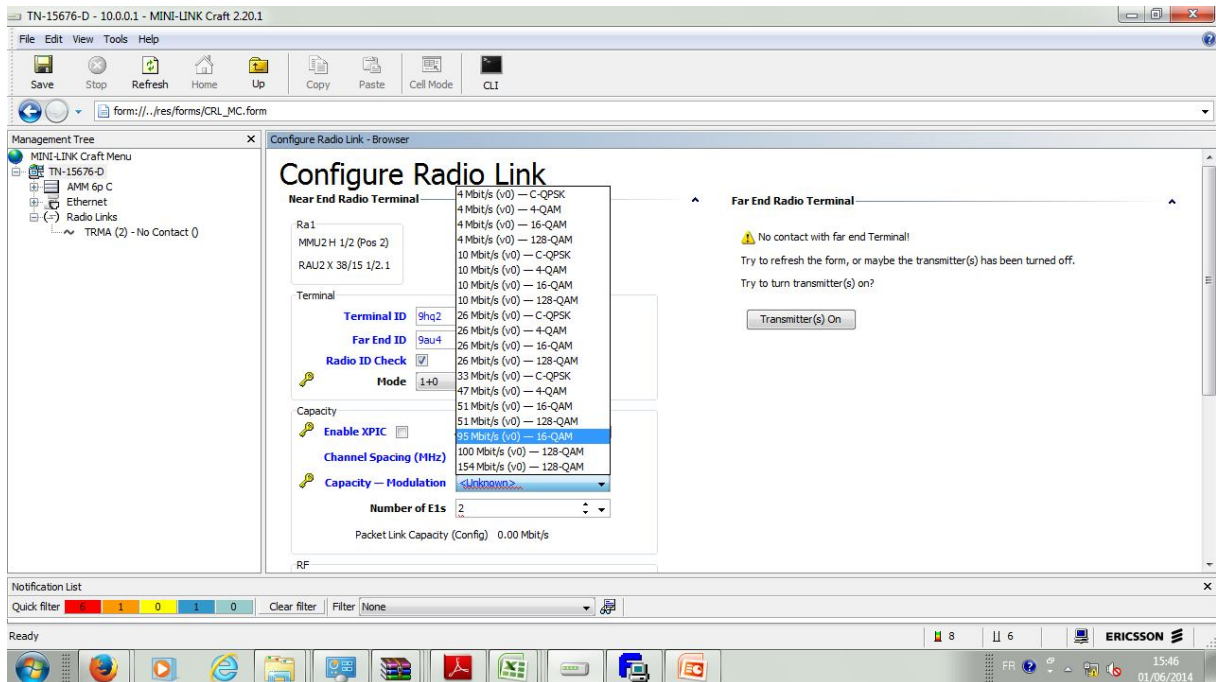


Figure.IV.21.Capacity Modulation

- Number of E1s :8

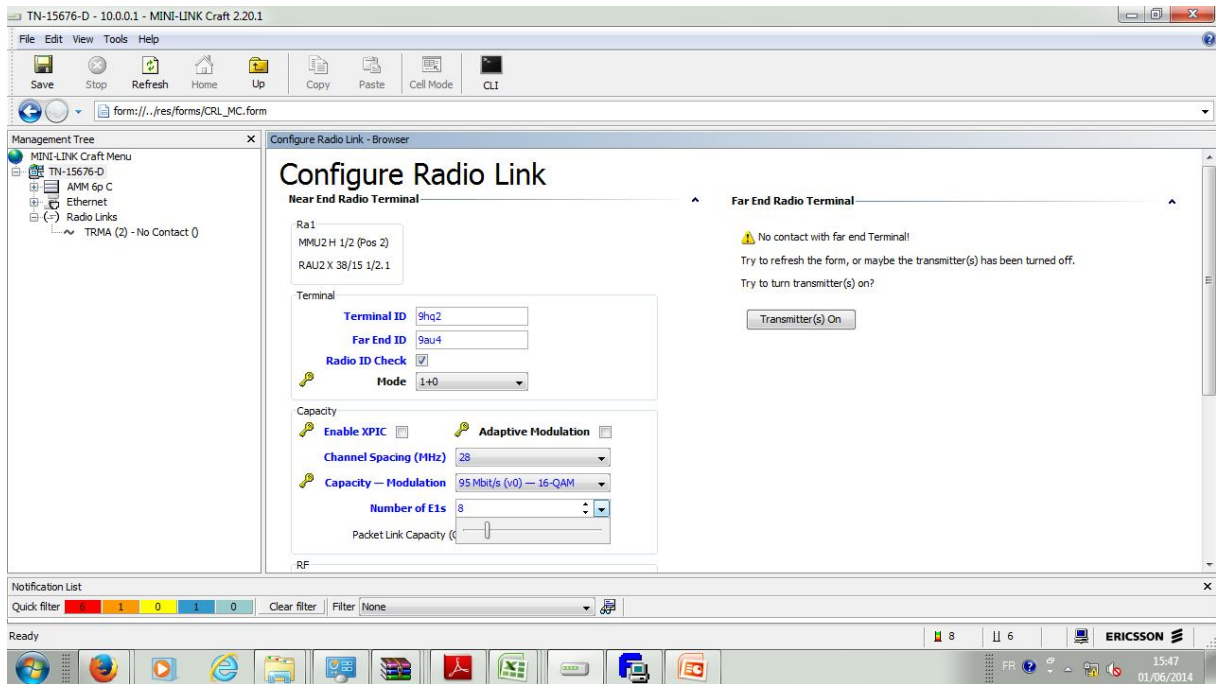


Figure.IV.22. Number of E1s

Ensuite avec les paramètres RF(Radio Fréquence) :

- Tx Ferq.(MHz) :38 332 MHz
- Et Rx Freq. (MHz) est donnée automatiquement :37 072MHz

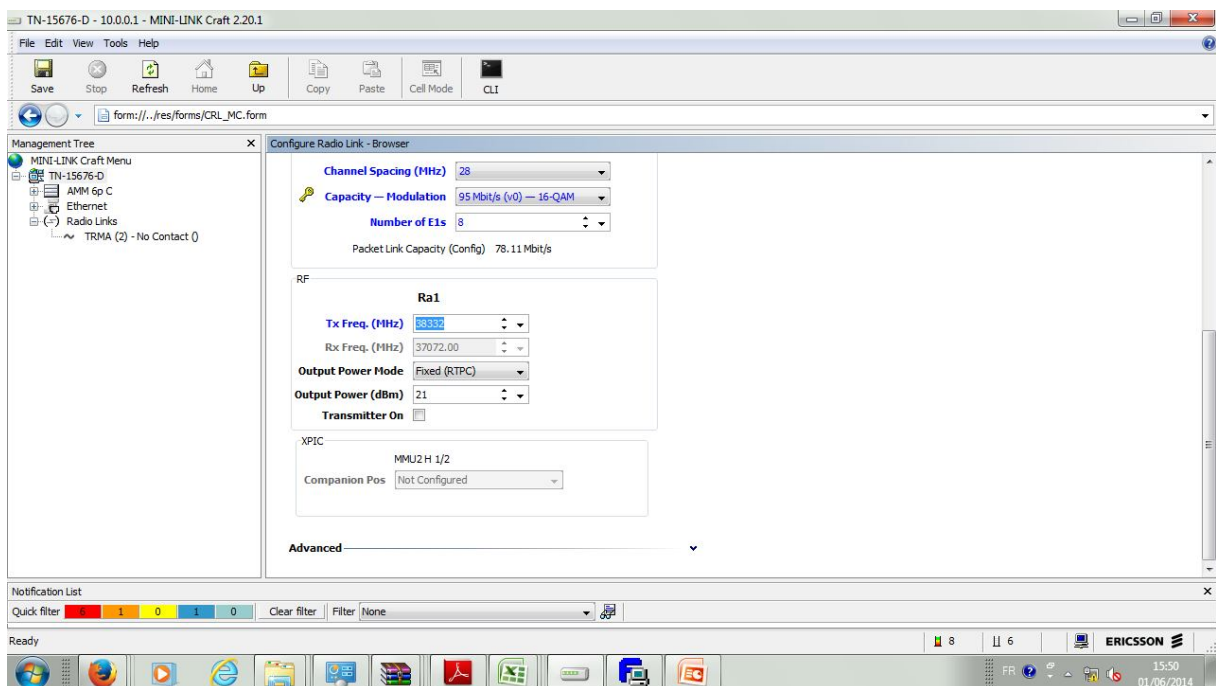


Figure.IV.23.TX Ferq.(MHz) et Rx Freq. (MHz)

- Outpower Mode :fixed(RTPC)
- Output Power(dBm) :0

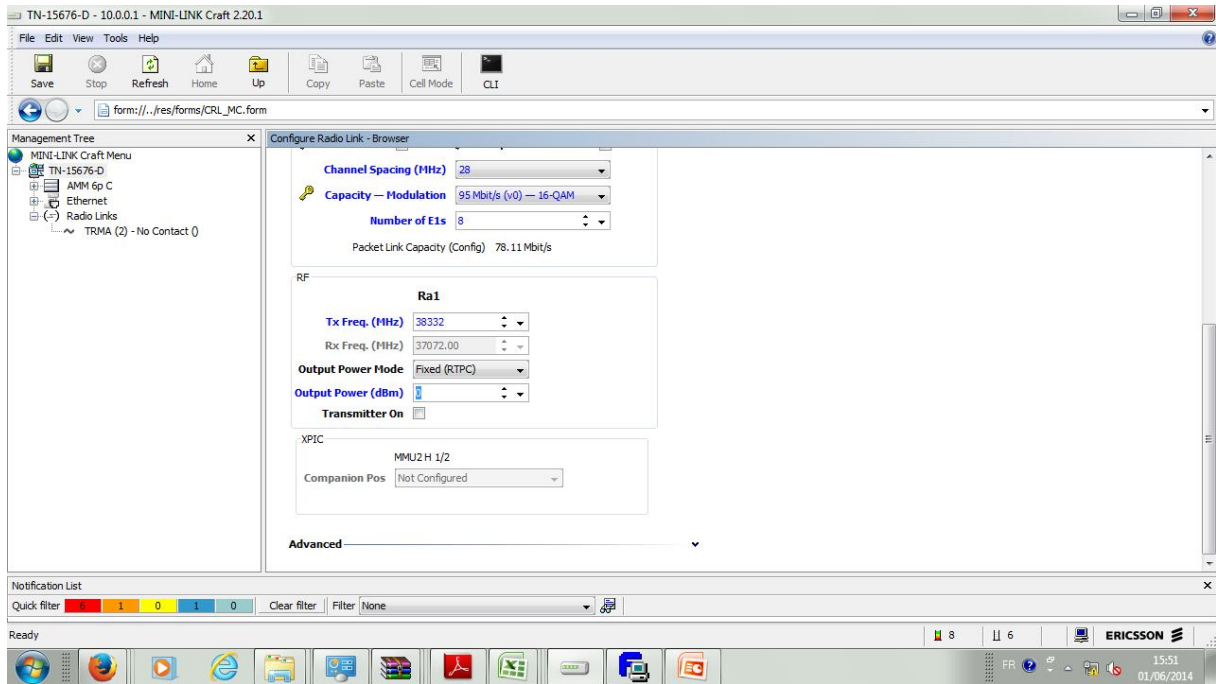


Figure.IV.24. Outpower Mode et Output Power(dBm)

- On coche sur l'icône Transmitter pour modifier XPIC :
- Companion Pos :3 qui est MMU dans AMM

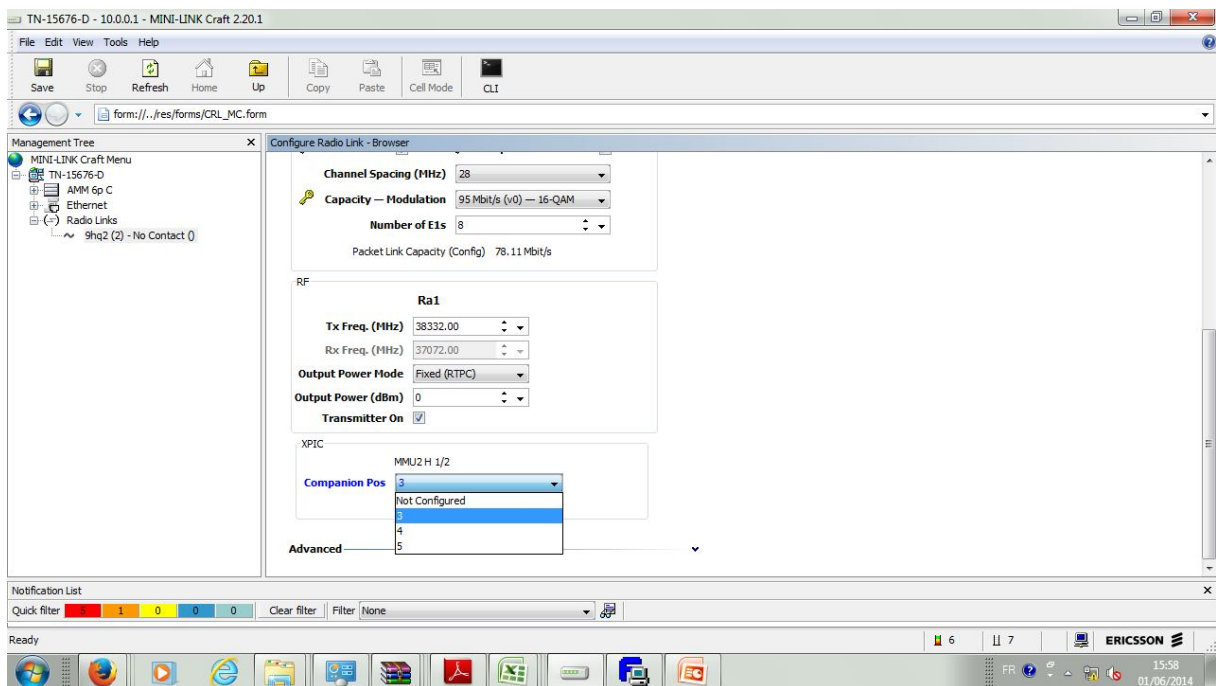


Figure.IV.25. Companion Pos

Après on modifie les paramètres de Alarme and Notification

- On coche sur Terminal Notifications :
- RF Input Alarm Threshold Ra1(dBm) :-75 dBm

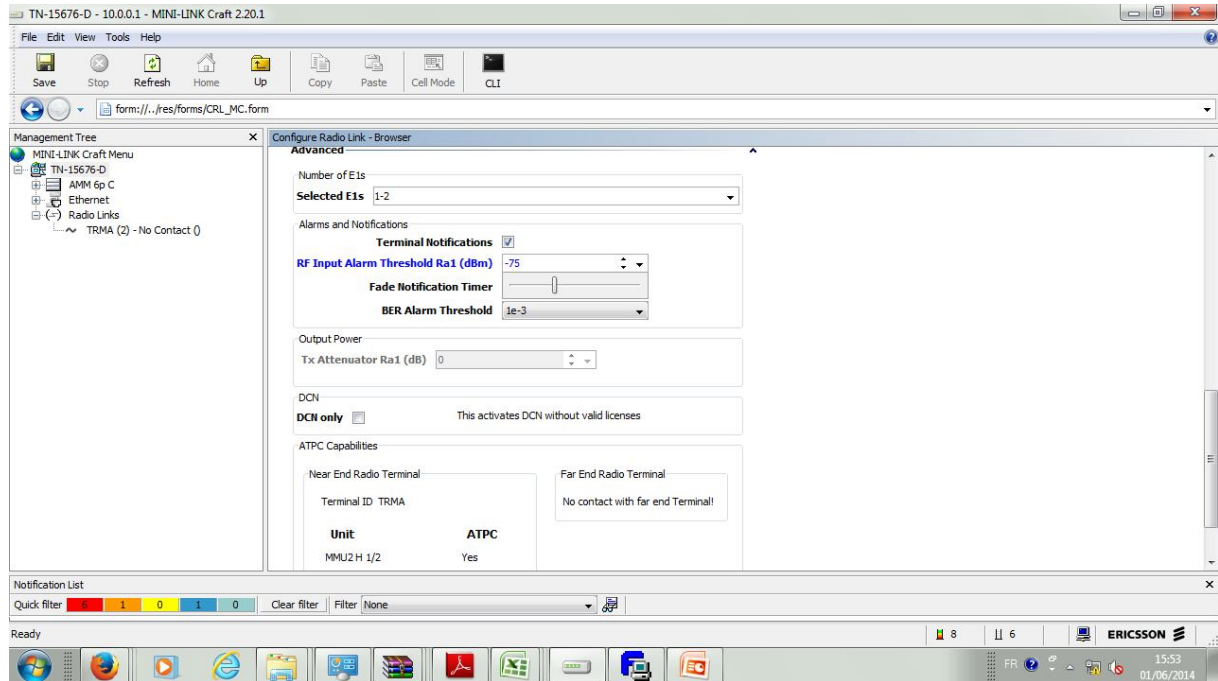


Figure.IV.26. RF Input Alarm Threshold Ra1(dBm)

- BER Alarm Threshold: 1e-6

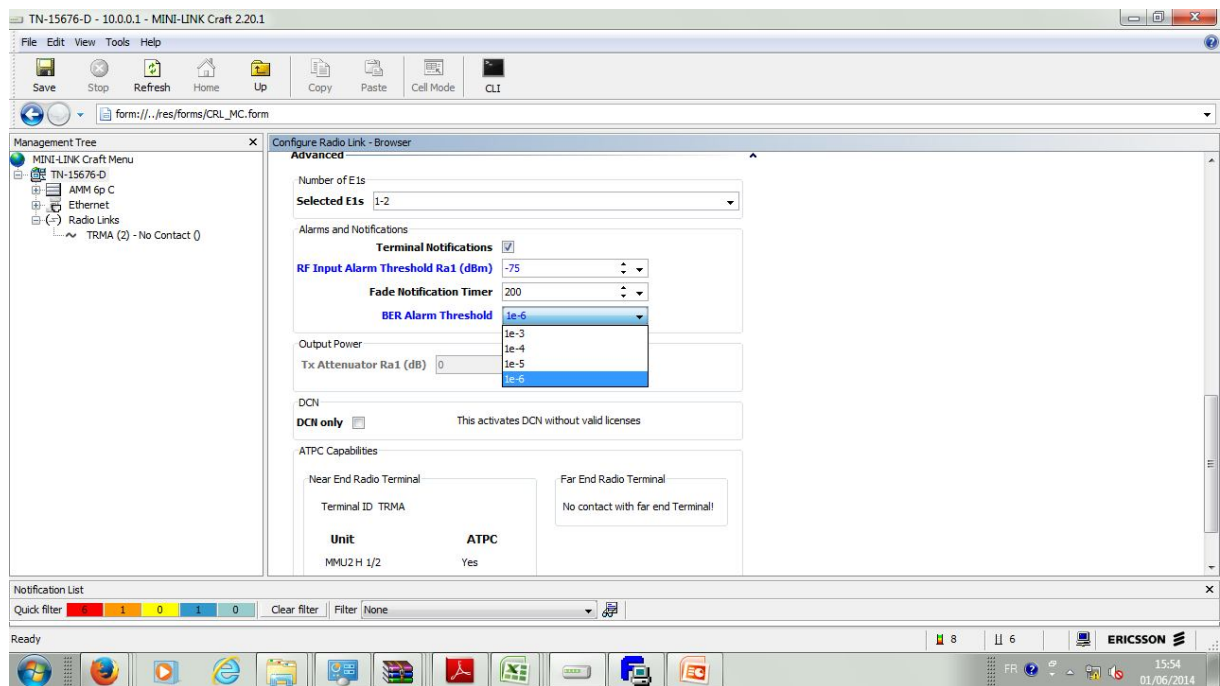


Figure.IV.27. BER Alarm Threshold

On sauvegarde sur l'icone Save pour sauvegarder les modifications

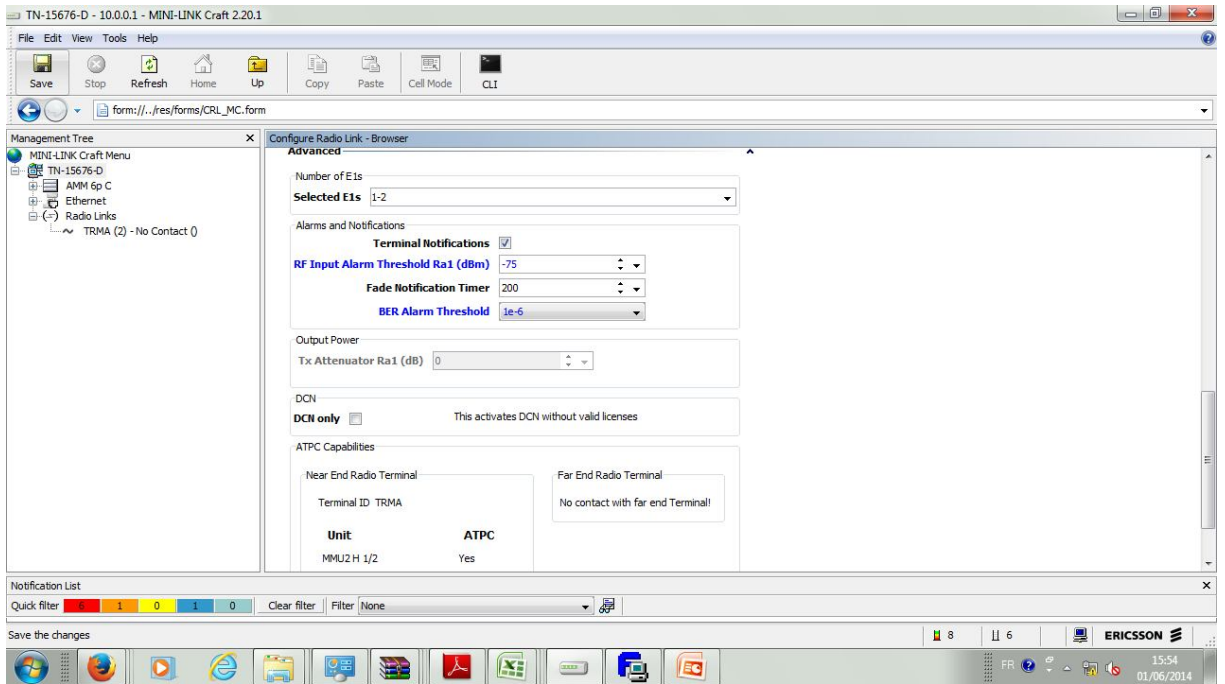


Figure.IV.28.sauvegarde des paramètres

Enfin, on aura le résultat de la configuration de lien sur la figure suivante :

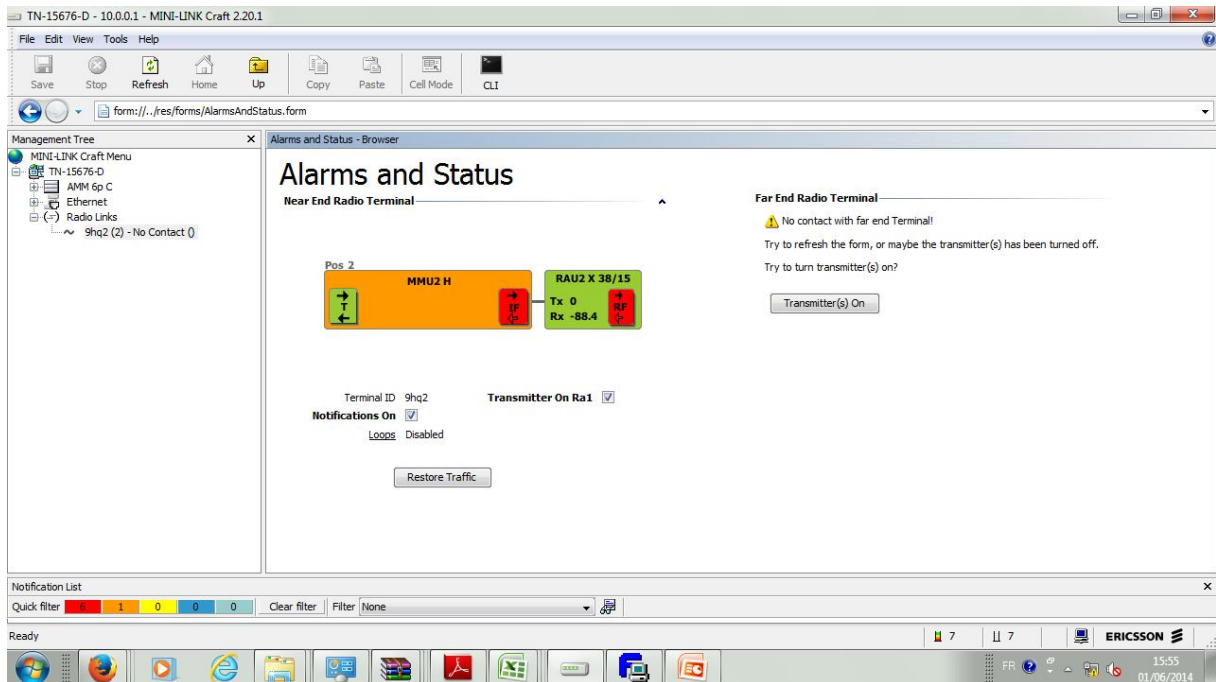


Figure. IV.29.résultat de lien configuré.

IV.4.2.configuration du trafic node 3G :

La partie suivante présente le nom du site et son global paramètres du site 15676-D.

Ethernet Swith Configuration			
15676_D-AMM6P#1			
1. Global Parameter			
Aging Time:		300	Sec.
Switch mode:	802.1Q		

Tableau .IV.4.paramètres global.

Cette partie de path quality est par default.

➤ **RL-IME Configuration**

No.	RL-IME	Notification	No Trffic Alarm	Degraded Alarm	Single/Radio Link Bonding	Packet Link	Facing
1	RL-IME 1/7/100	Enable	Enable	Enable	Radio Link Bonding	Link 1/2 Link 1/3	15676
2	RL-IME 1/7/101	Enable	Enable	Enable	Radio Link Bonding	Link 1/4 Link 1/5	15211

Tableau. IV.5. RL-IME Configuration .

Ce tableau définit le nombres de MMU utilisés(100),Dans notre cas on a pris un seul MMU qui se trouve dans la position 7 et une seule radio donc on s'intéresse à la première ligne du tableau.

On clique sur TN-15676-D, on clique sur RL-IME avec le bouton droit et on tape sur configure comme le montre la figure suivante :

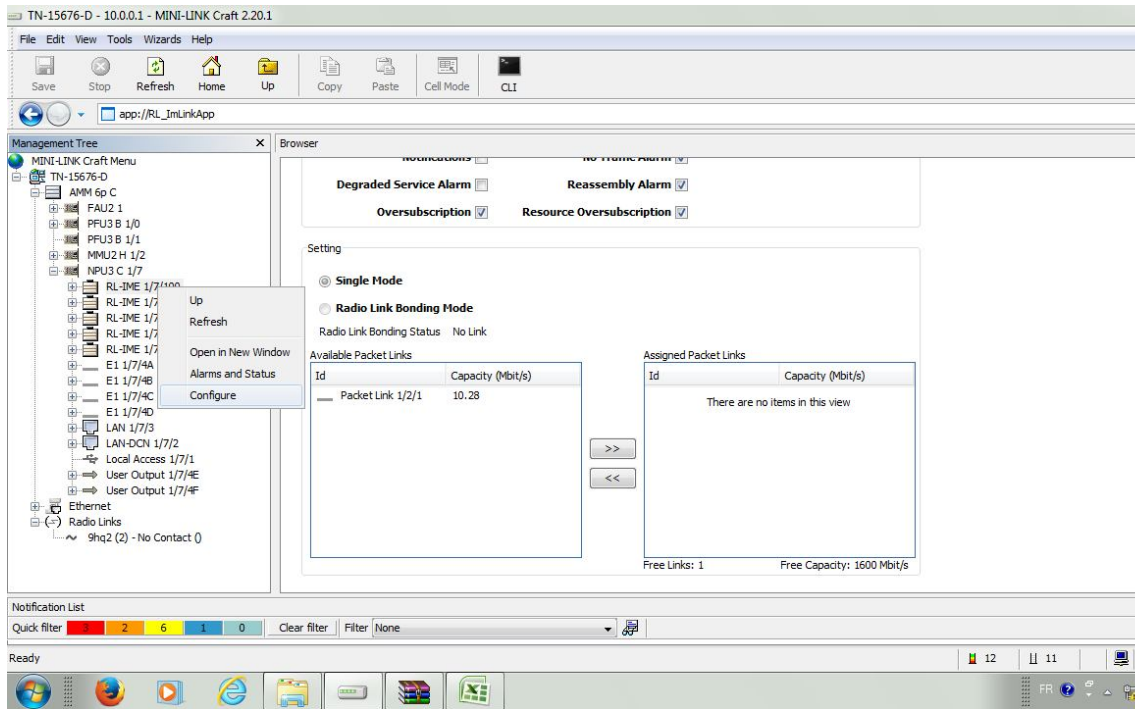


Figure .IV.30.RL-IME configuration.

Après configurer on aura cette figure :

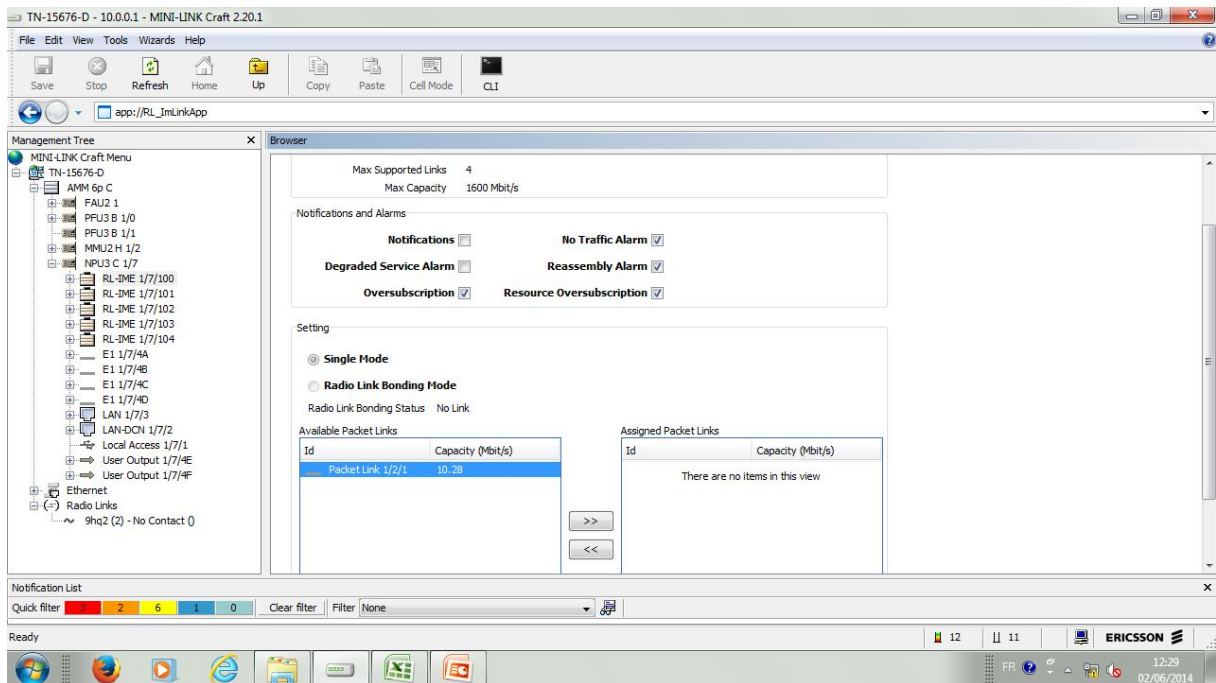
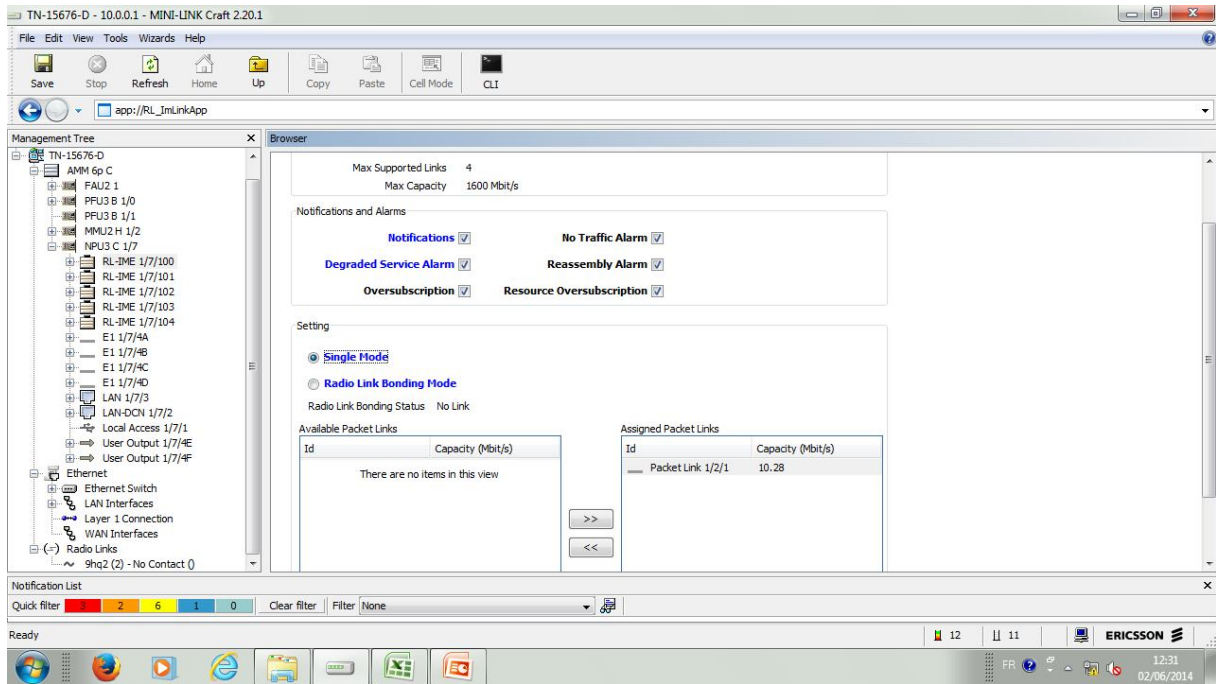


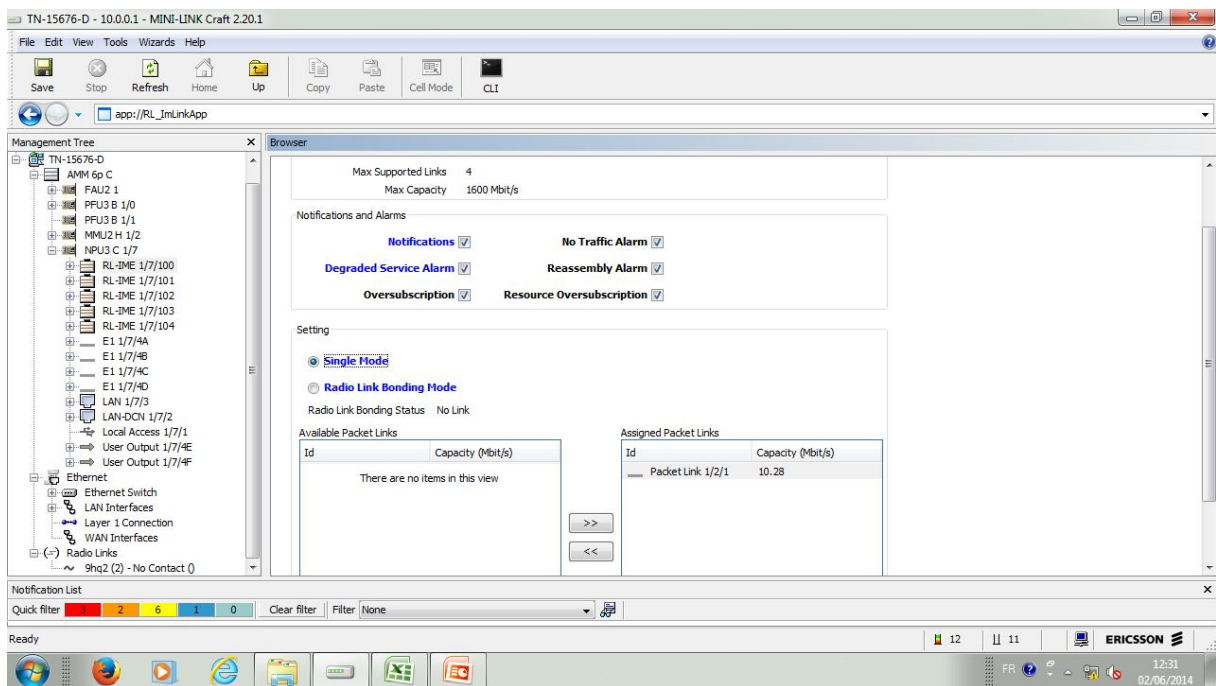
Figure .IV.31.RL-IME après configuration.

L'icône sélectionnée en bleu dans « Available Packet Links » représente la capacité. où le 28 c'est la capacité total de la radio et 10 celle qui est libre pour recevoir les E1 de l'autre site .

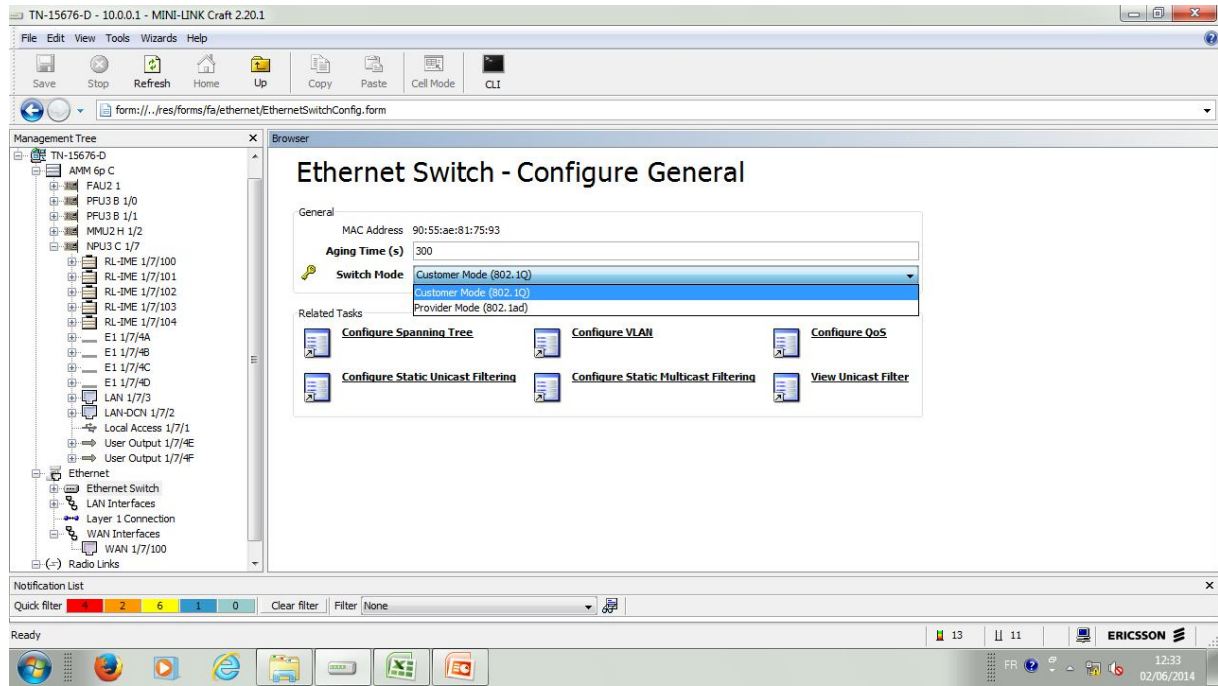
D'après le tableau. IV.4. on aura la figure suivante :



On sauvegarde les données et on obtient la figure suivante :



On passe à la configuration générale, on modifie le Switch Mode :



On clique avec le bouton droit Ethernet Switch-Configure General puis sur configure et général on obtient la figure suivante :

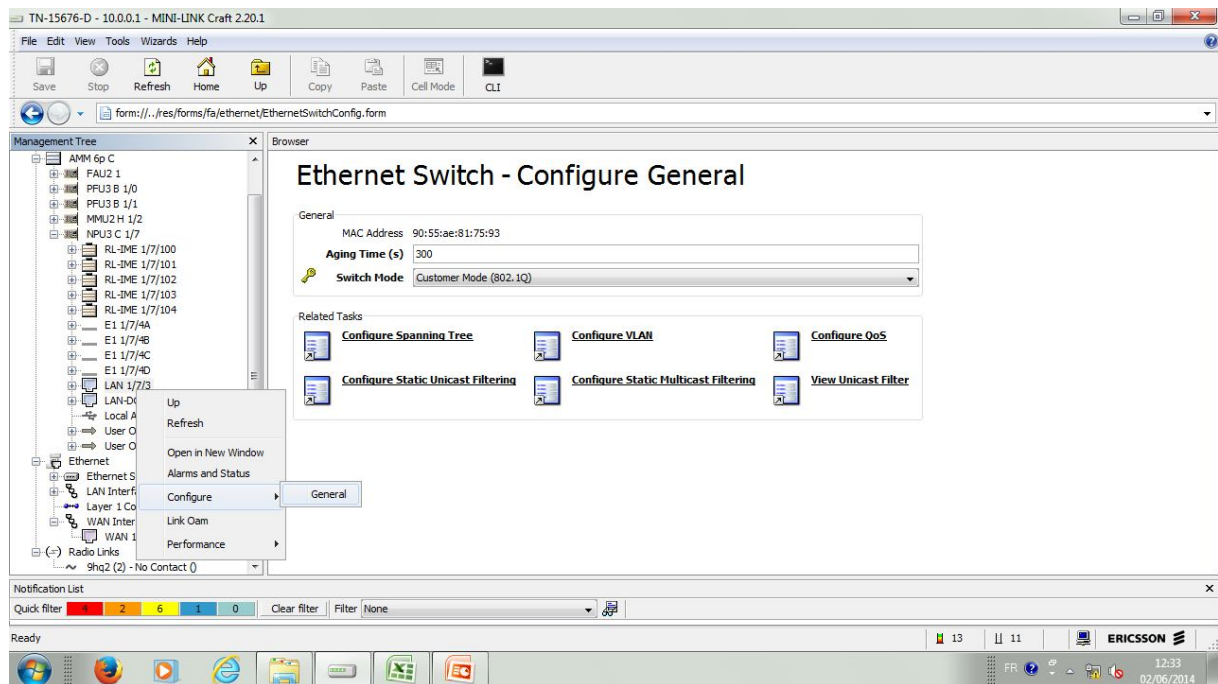


Figure.IV.32.configuration générale d’Ethernet Switch

Switch Port paramètres :

Switch Port	Interface	Port Mode	Connect To	LAG	Frame		Protection								
					Type	Max Size	Max Learn MAC	Max White List	Multicast Storm	Bandwidth	Broadcast Storm	Bandwidth	Destination Lookup	Bandwidth	Trusted Port
1	Lan 1/7/3	UNI	Node B	-	Admit only VLAN	2000	2000	-	Disable	-	Enable	2000	Disable	-	C-Tag PoP
2	Lan 1/7/2	L-NNI	DCN&TN-GE	-	Admit only VLAN	2000	2000	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Wan 1/7/100	L-NNI	15246	-	Admit only VLAN	2000	2000	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Wan 1/7/101	L-NNI	15211	-	Admit only VLAN	2000	2000	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Lan-DCN 1/7/2	UNI	TN-DCN	-	Admit All	1518	2000	-	Disable	-	Enable	2000	Disable	-	C-Tag PoP

Tableau.IV.5. Switch Port

➤ LAN Configuration :

Dans l’interface usage on connecte to port 1

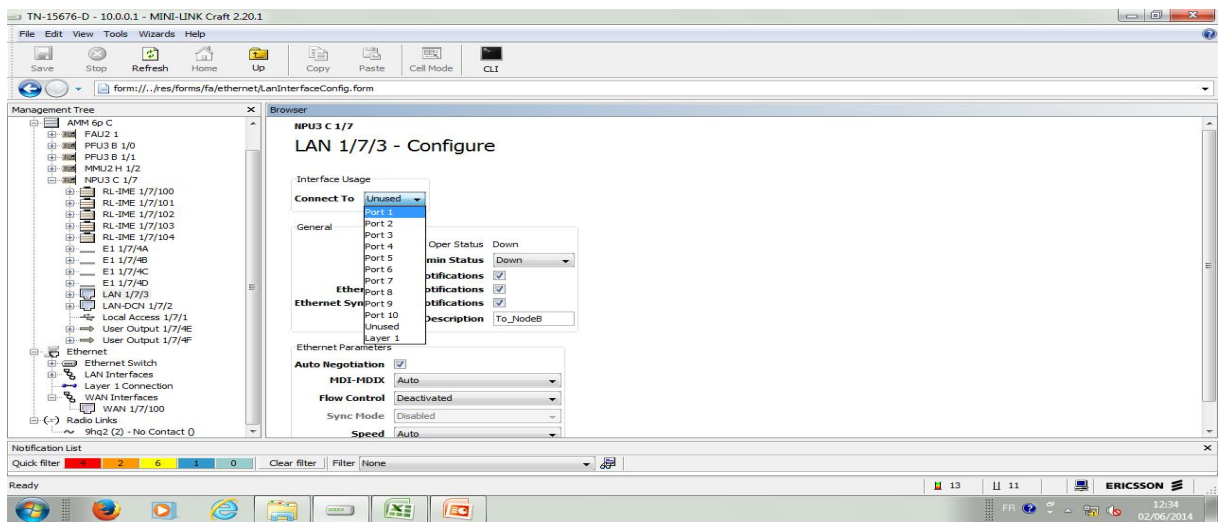
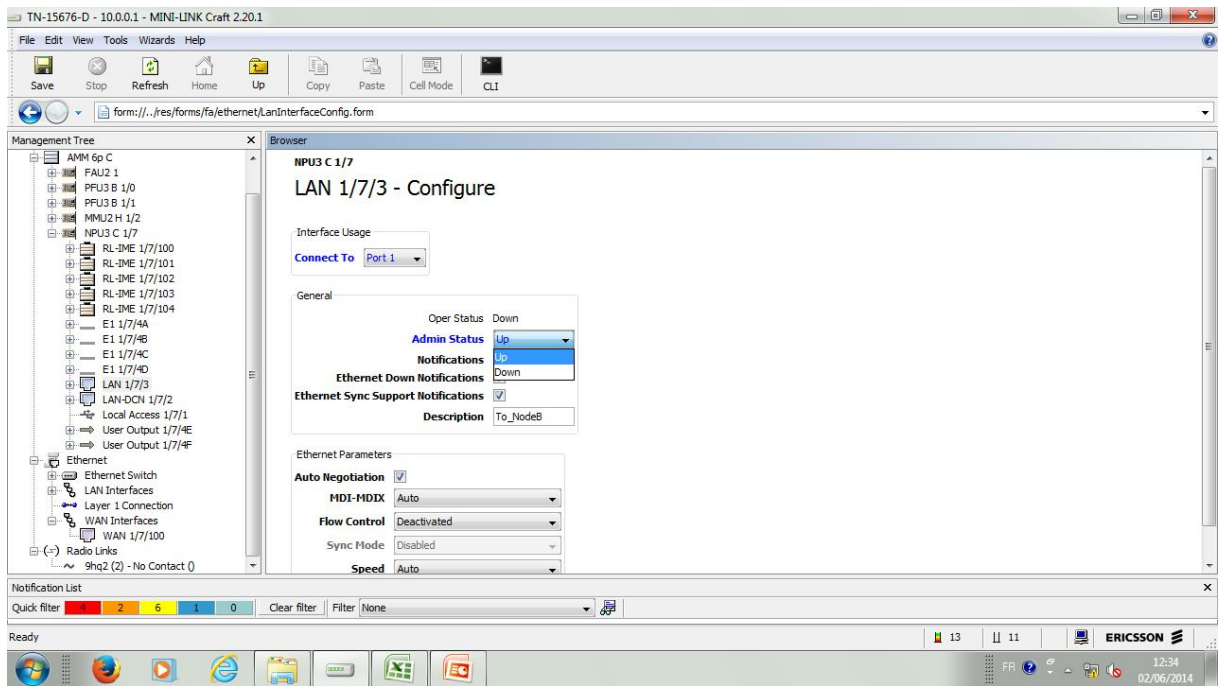
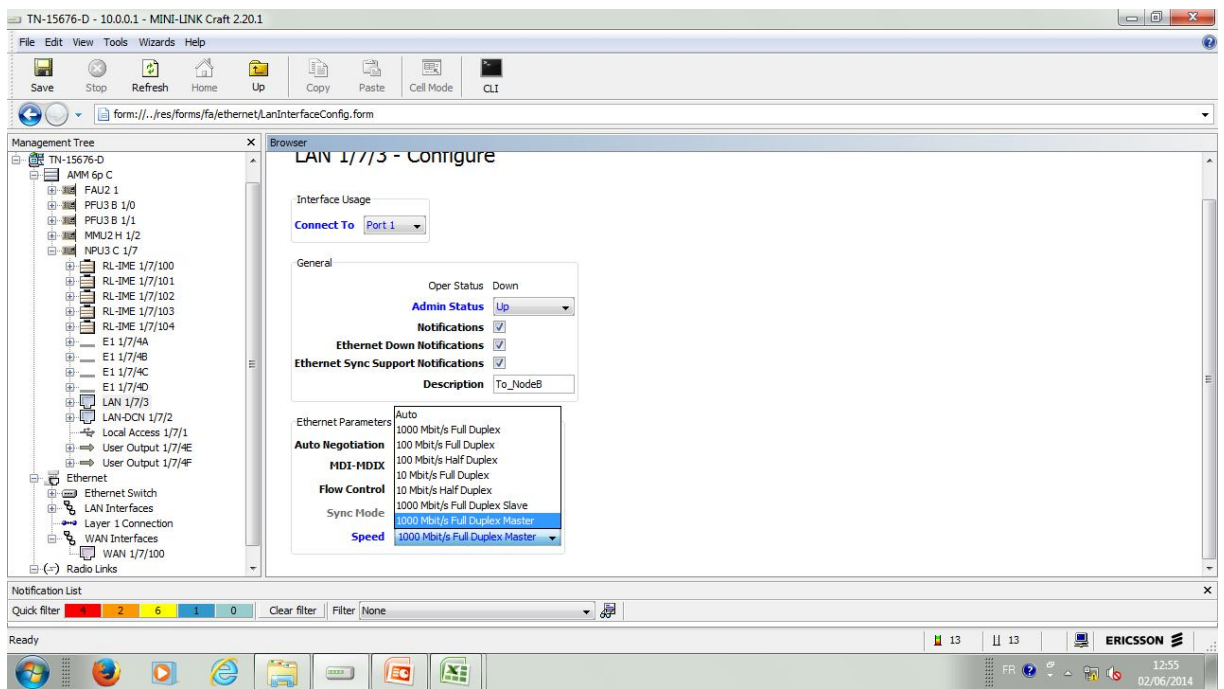


Figure. IV.35.configuration LAN

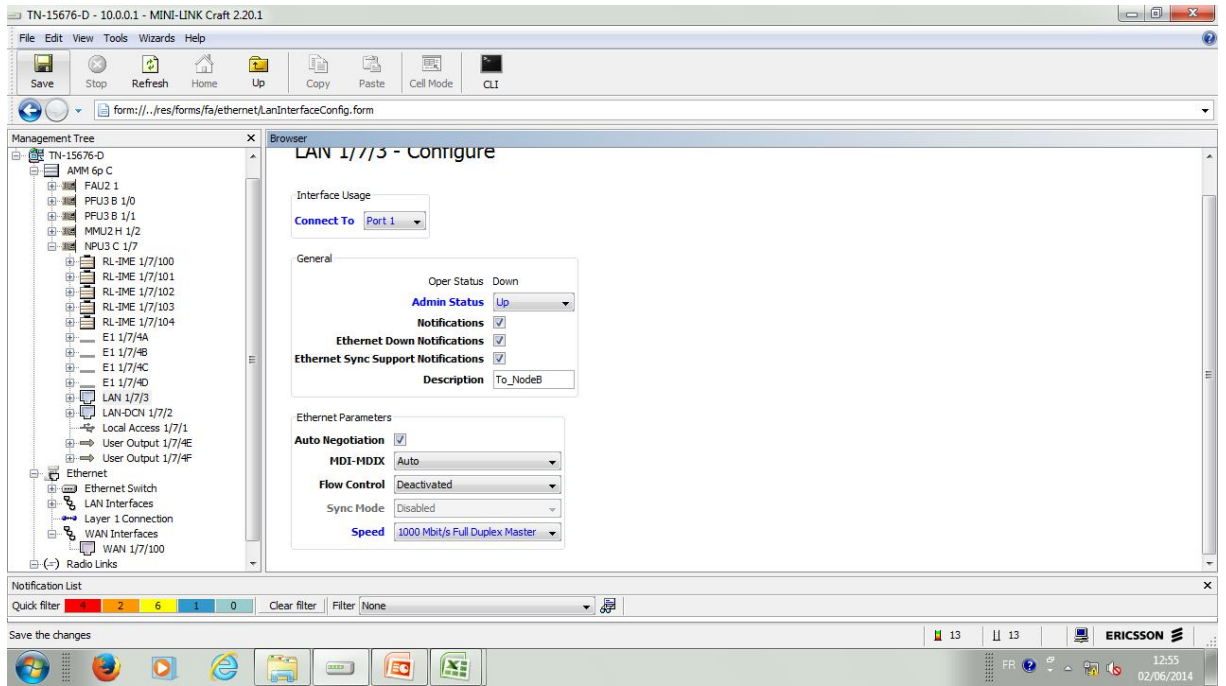
Et dans General on met Admin Status « up »



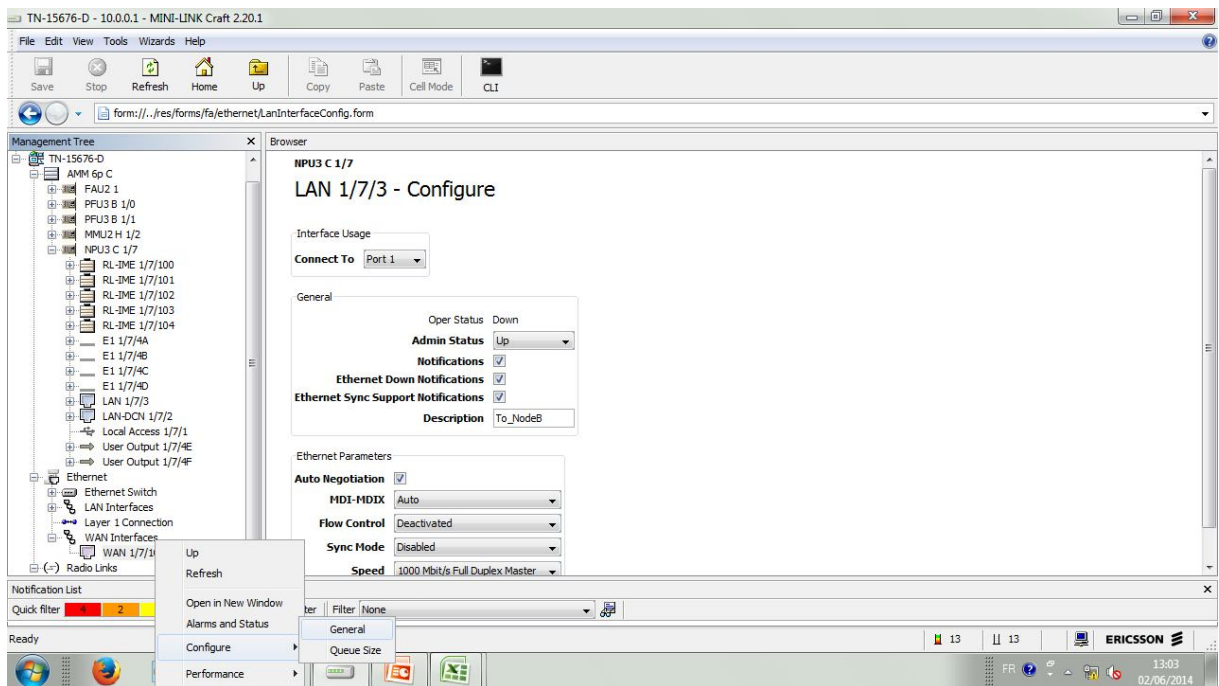
Et dans Ethernet paramètres on modifie la vitesse (speed) au max:

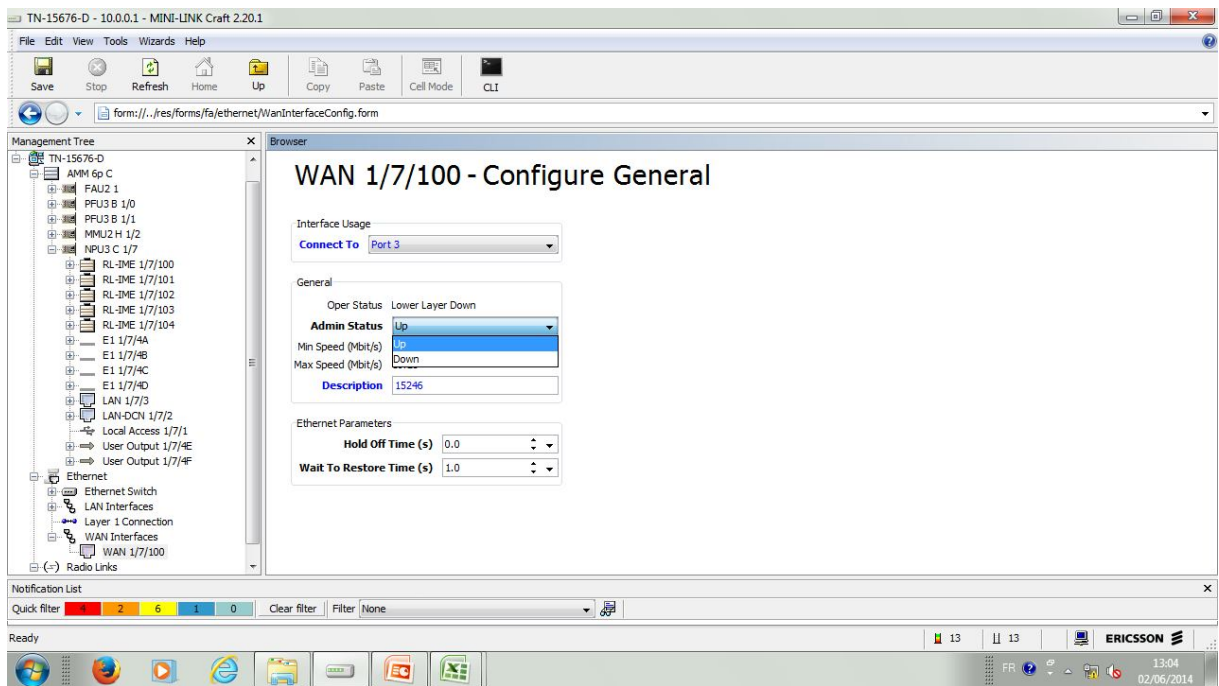
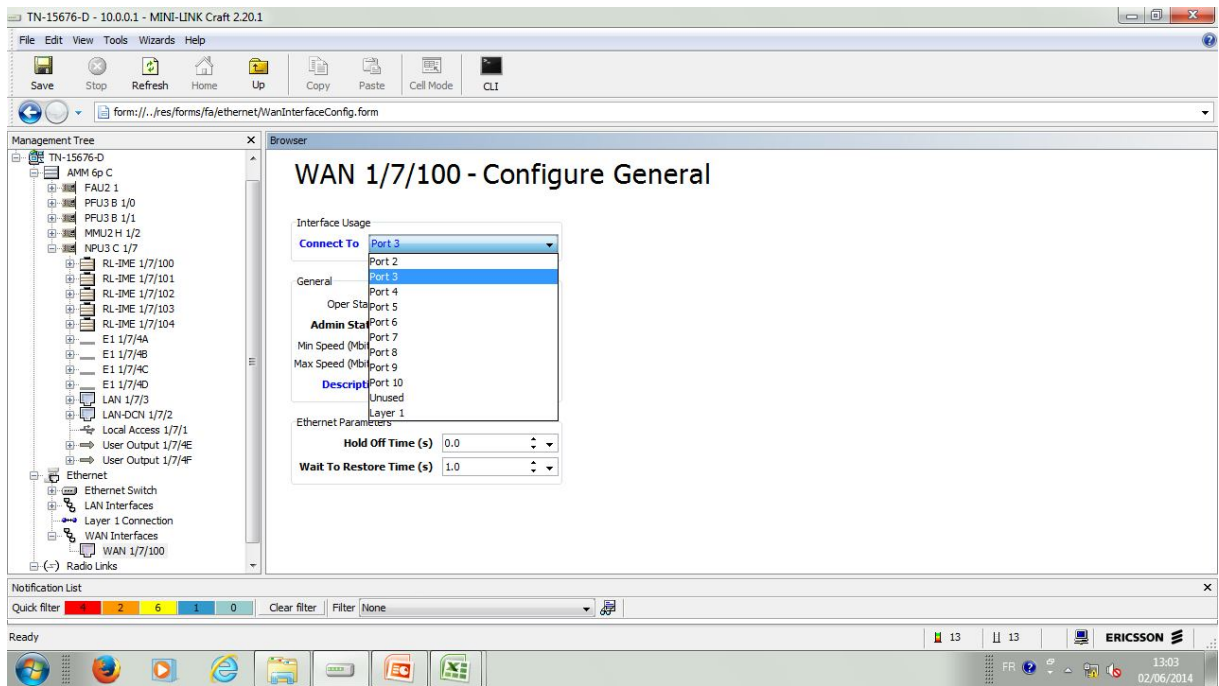


Et on sauvegarde le premier port

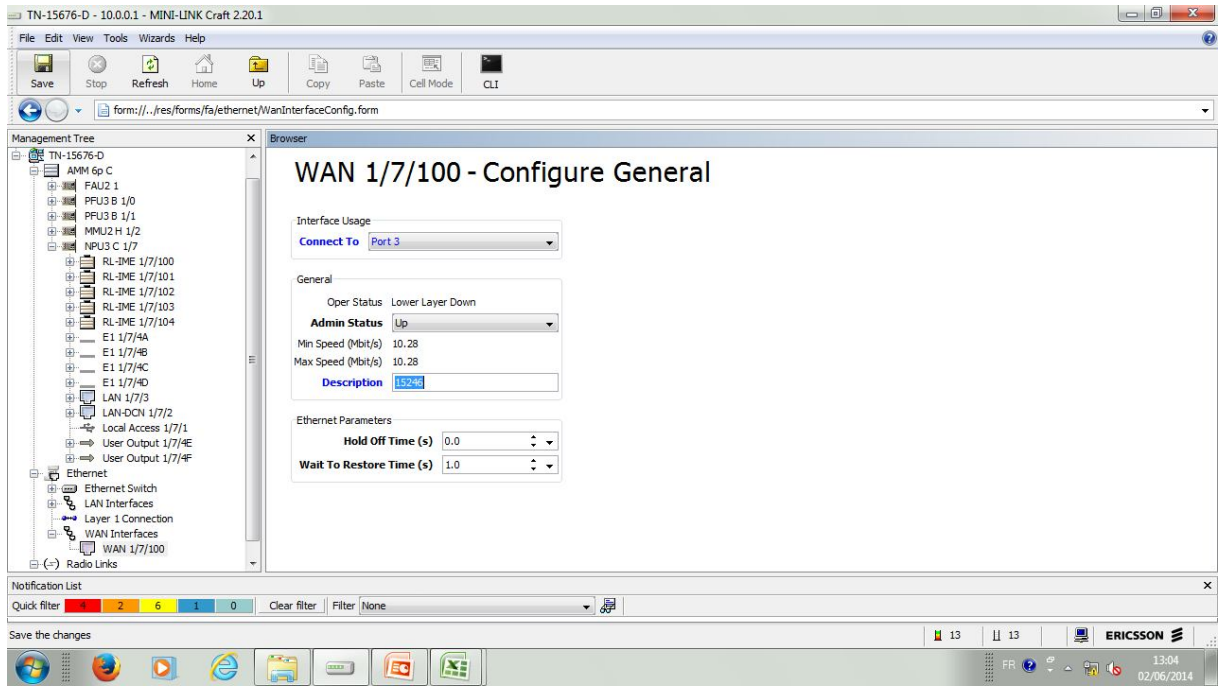


- On passe à la configuration de WAN d'une façon de se connecter avec le site 15246-A en suivant les mêmes étapes précédentes (configuration de LAN)

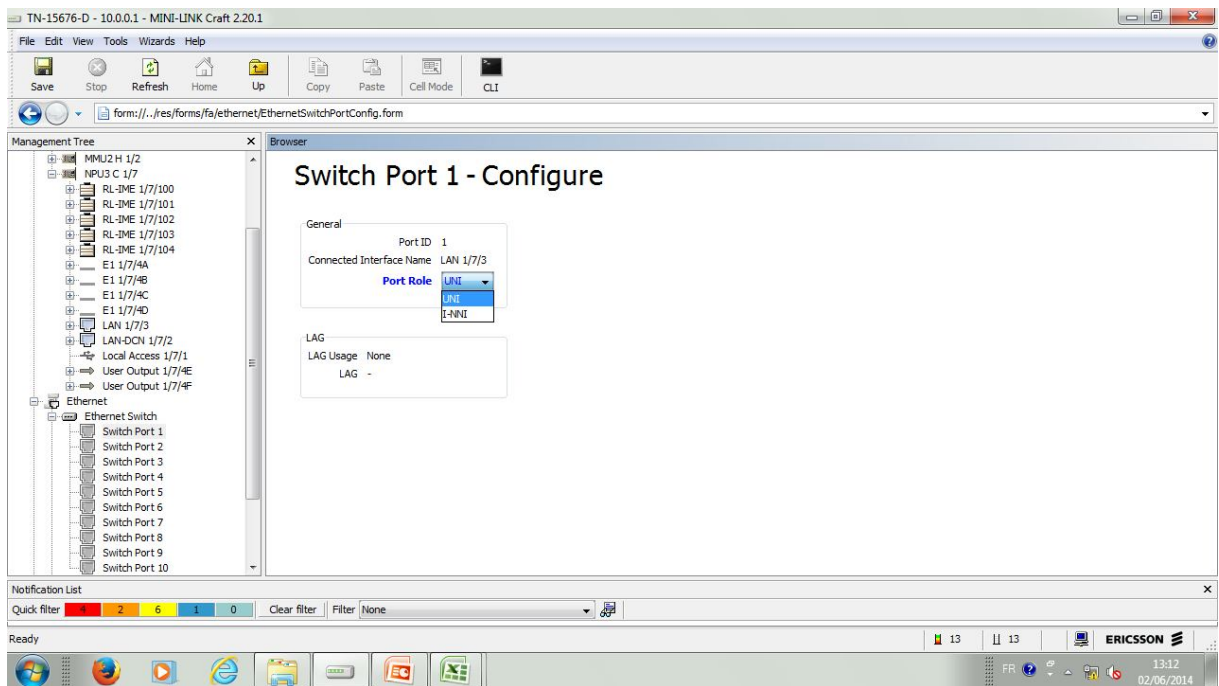




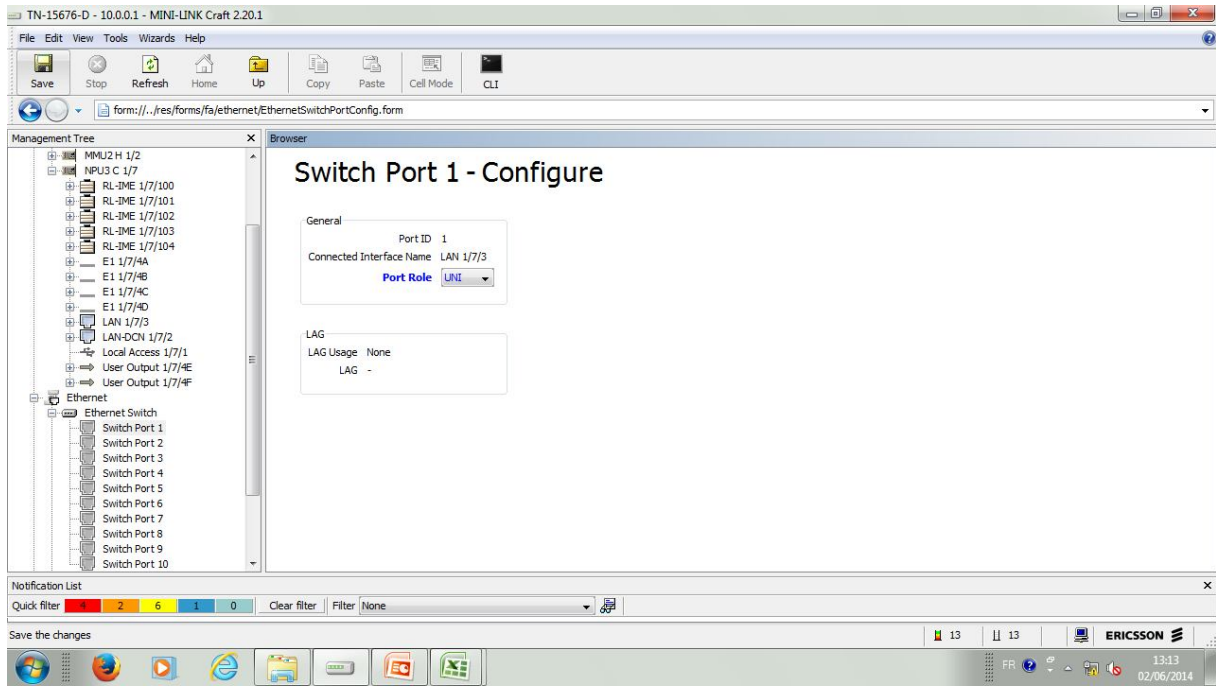
Et on sauvegarde tout les paramètres on aura



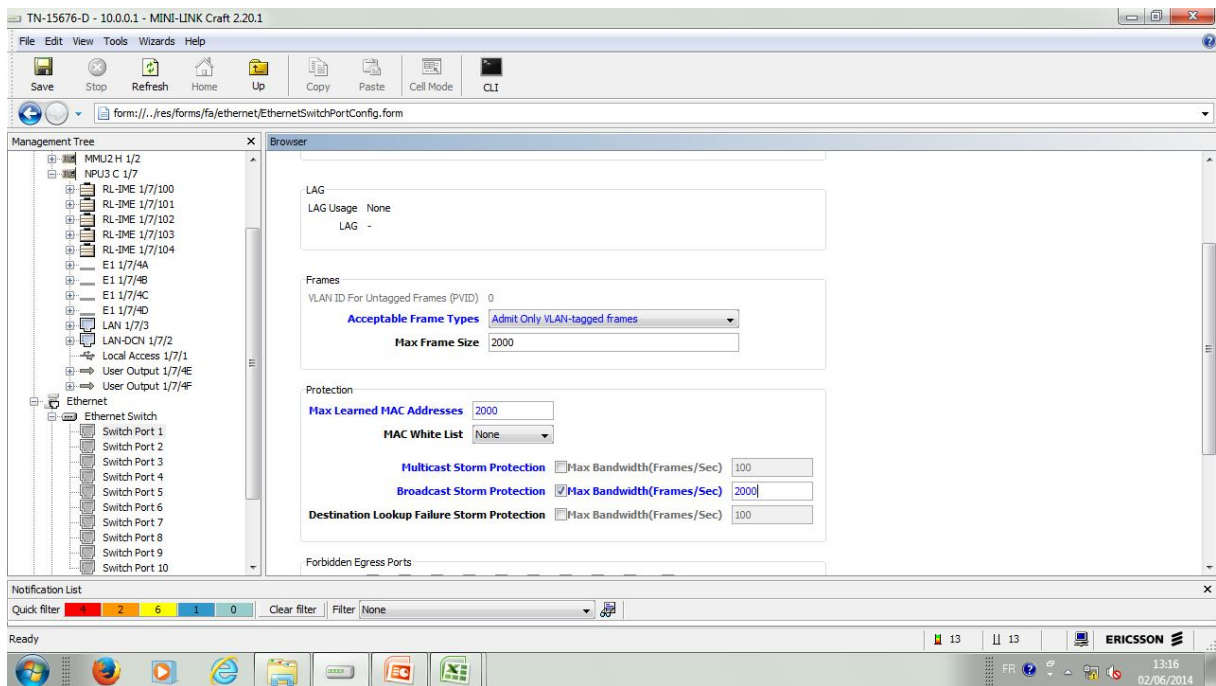
On configure le Switch Port 1 :



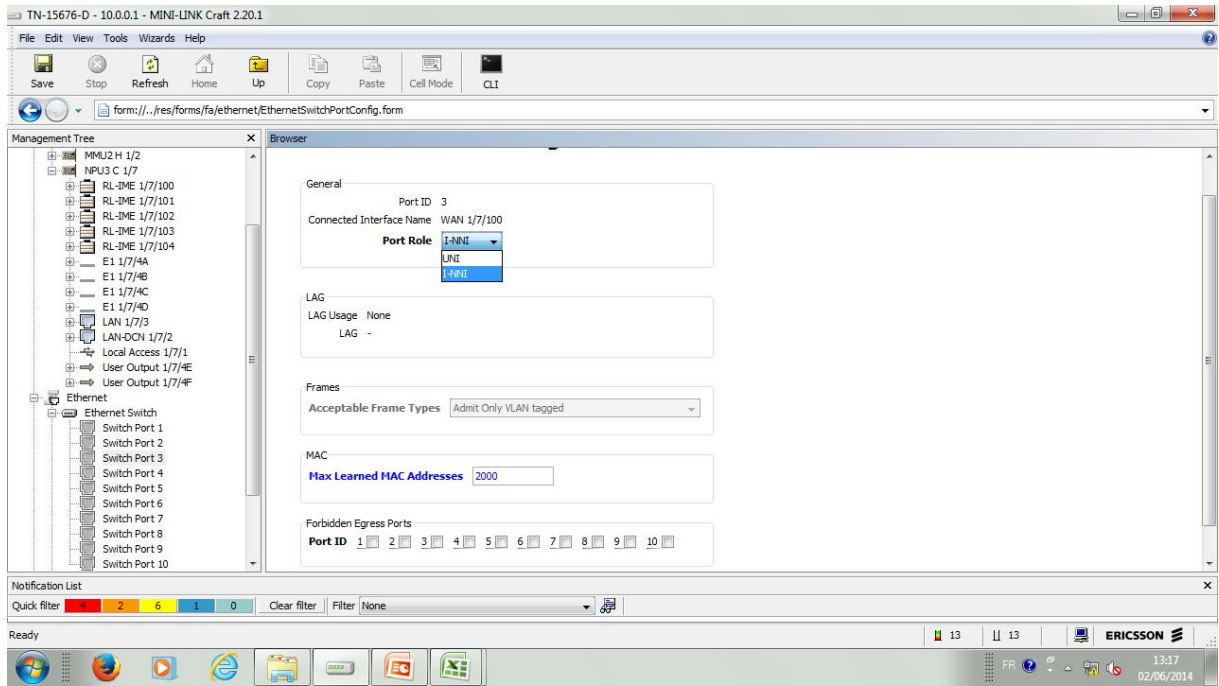
Ensuite on sauvegarde :



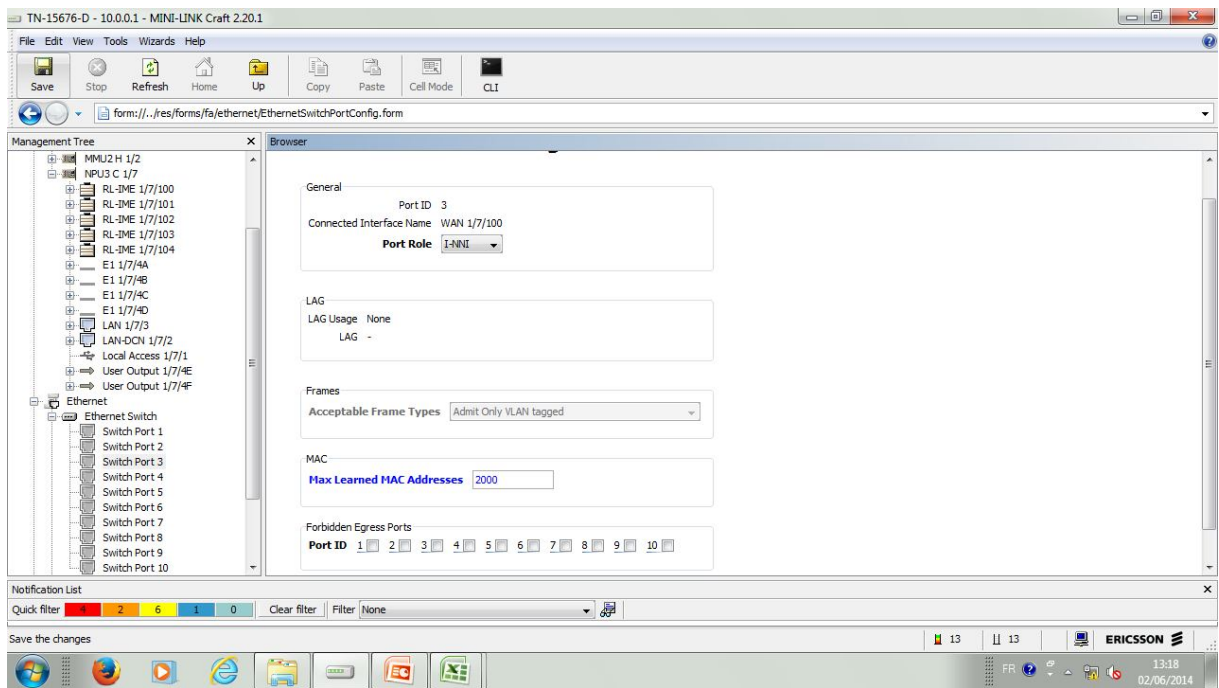
D'après le Tableau IV.5 on tire les paramètres de Switch Port 1 et on sauvegarde :



On modifie les paramètres de port ID3 :



Et on sauvegarde :



➤ Configuration de VLAN :

No.	VLAN ID	VLAN Name	Switch Port	Unreg. Multicast	Port/Untag
1	1050	1050-lub	1,2,3,4	Filter	None
2	2050	2050-O&M	1,2,3,4	Filter	None
3	1052	1052-lub	2,3	Filter	None
4	2052	2052-O&M	2,3	Filter	None
5	1	DCN-VLAN	2,10	Forward	10

Tableau. IV.6.paramètres de VLAN.

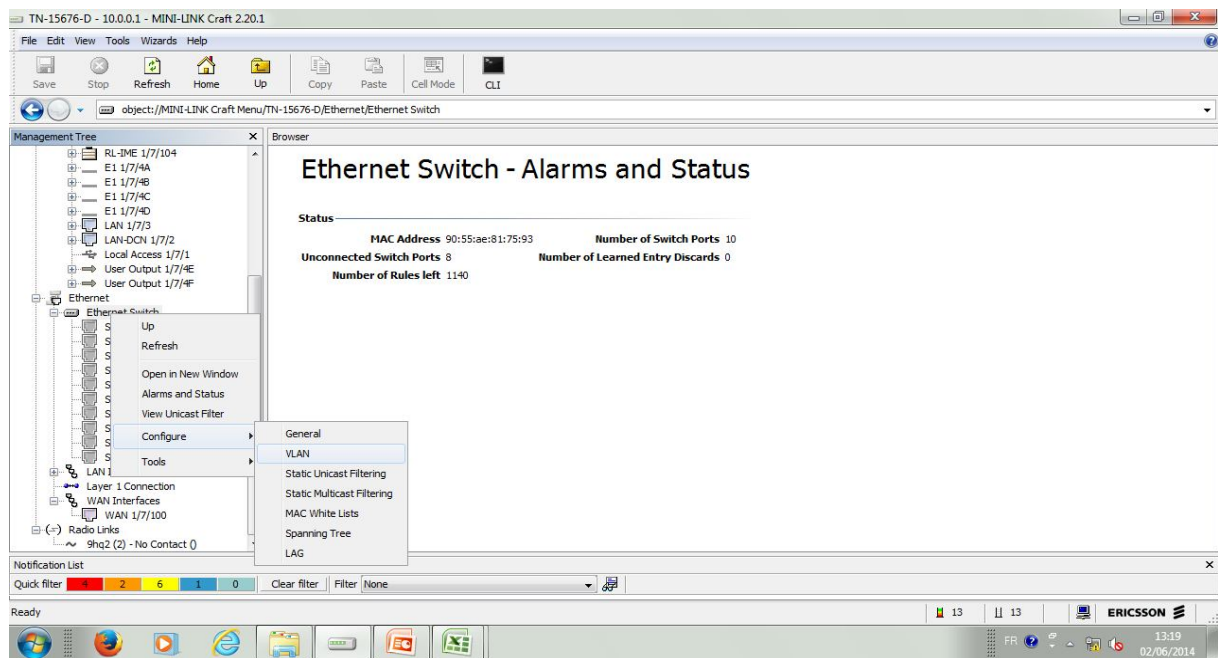
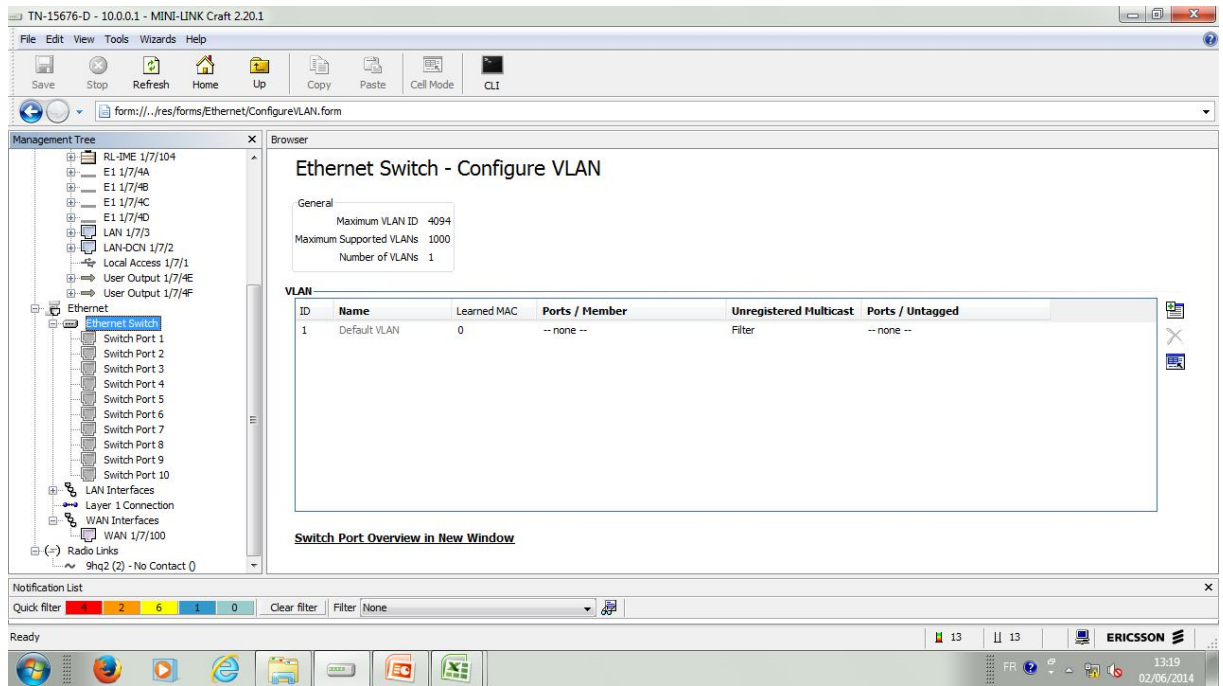
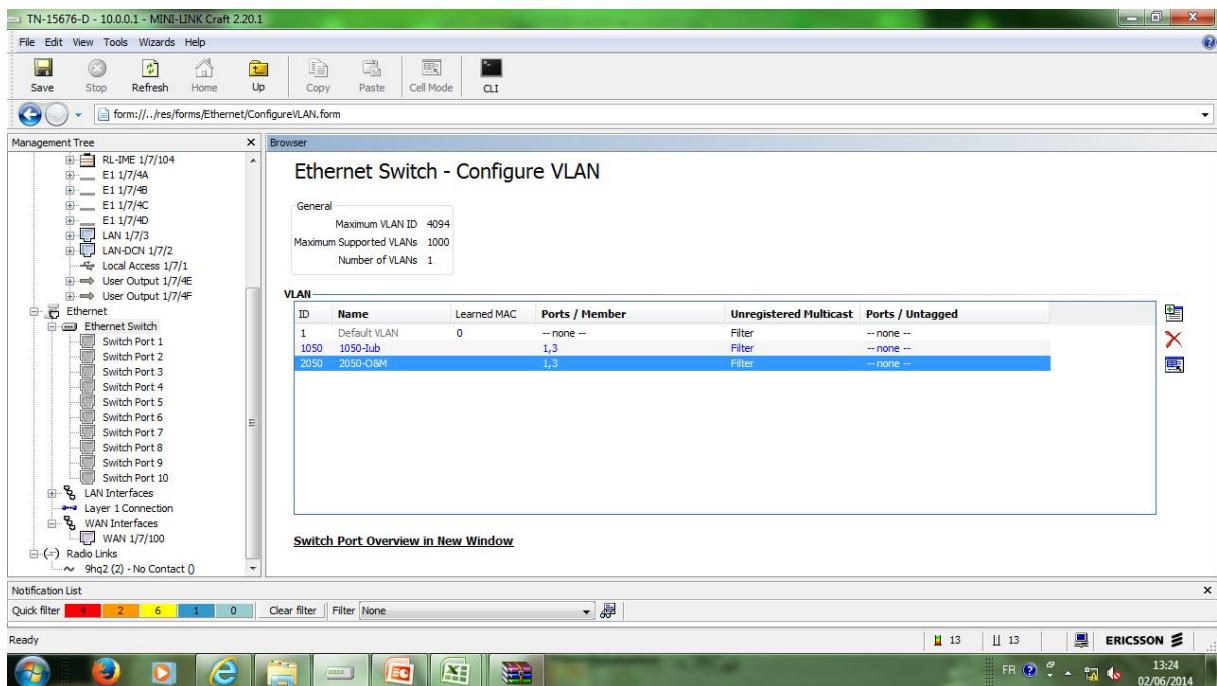


Figure .IV.37.configuration de VLAN.

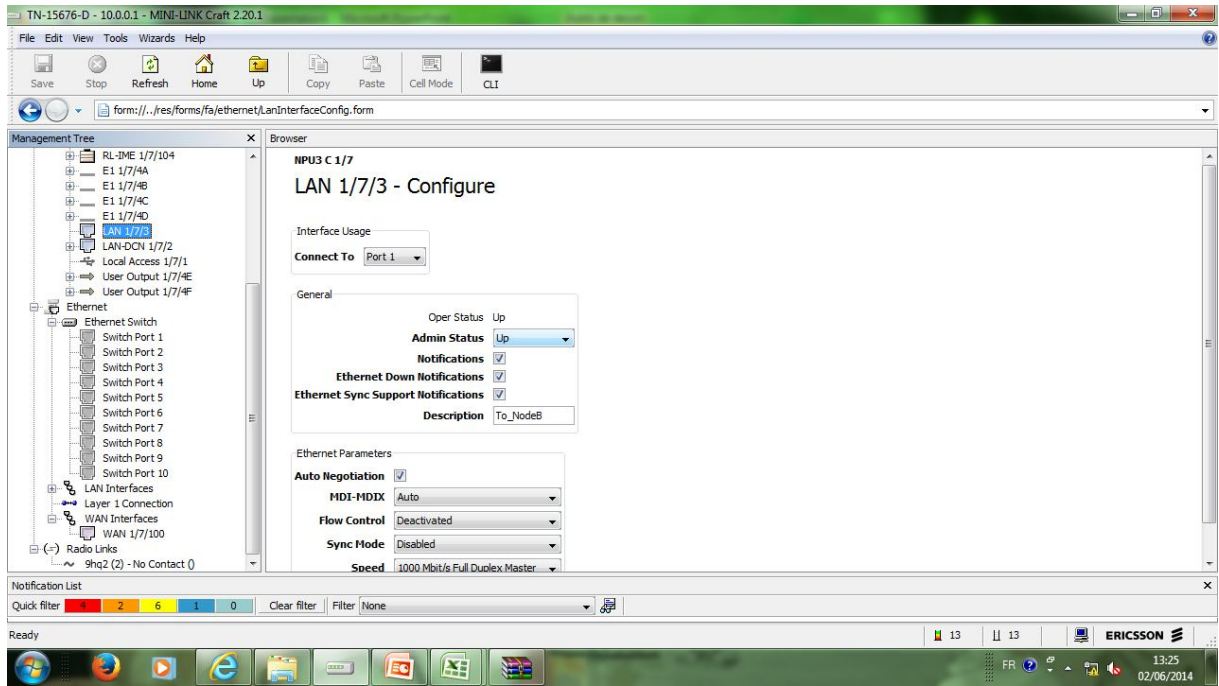
La figure suivante nous affiche le Switch Port de VLAN par défaut :



On va créer les deux ports de VLAN en modifiant leurs paramètres (ID, Name, Ports/Member) à partir de tableau IV.6. et on sauvegarde :



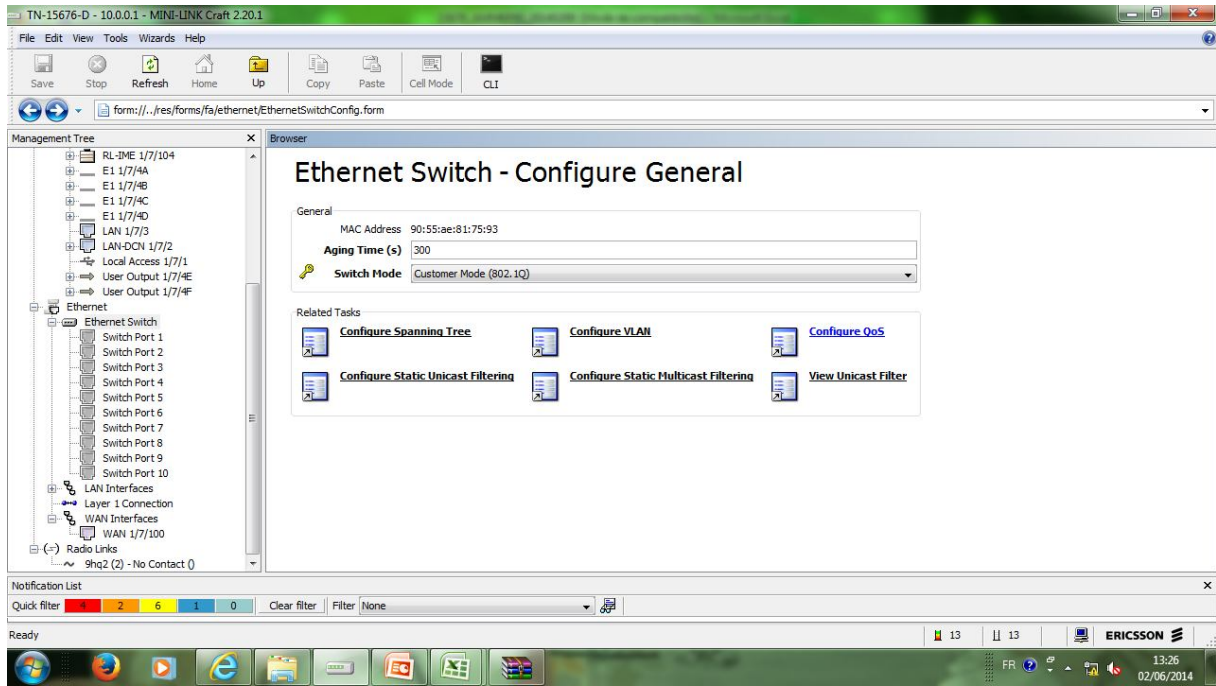
Après toutes les configurations on sera connecter avec le deuxième site après avoir le changement de Oper Status (Down→UP)



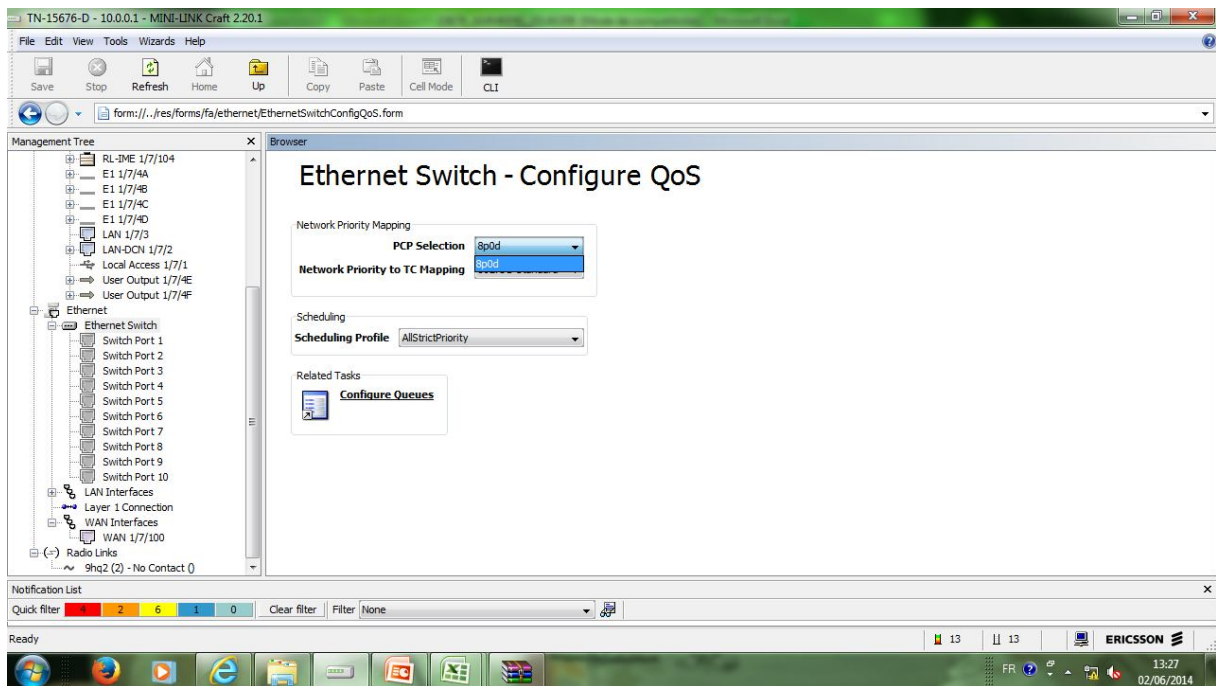
➤ **Configuration QOS :**

4.1. Network Priority Mapping	
PCP Selection:	8p0d
TC Mapping:	User Defined
Scheduling Profile:	WFQStncPriorityMixed

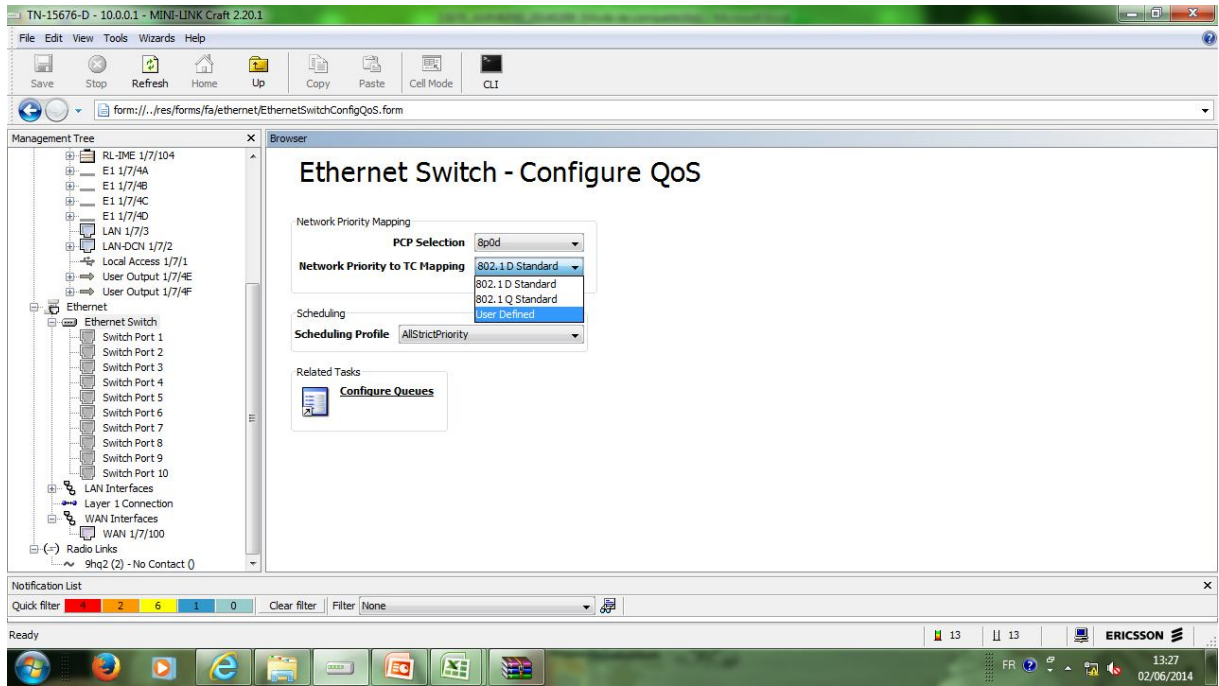
Tableau .IV.7.Paramètres configuration QoS



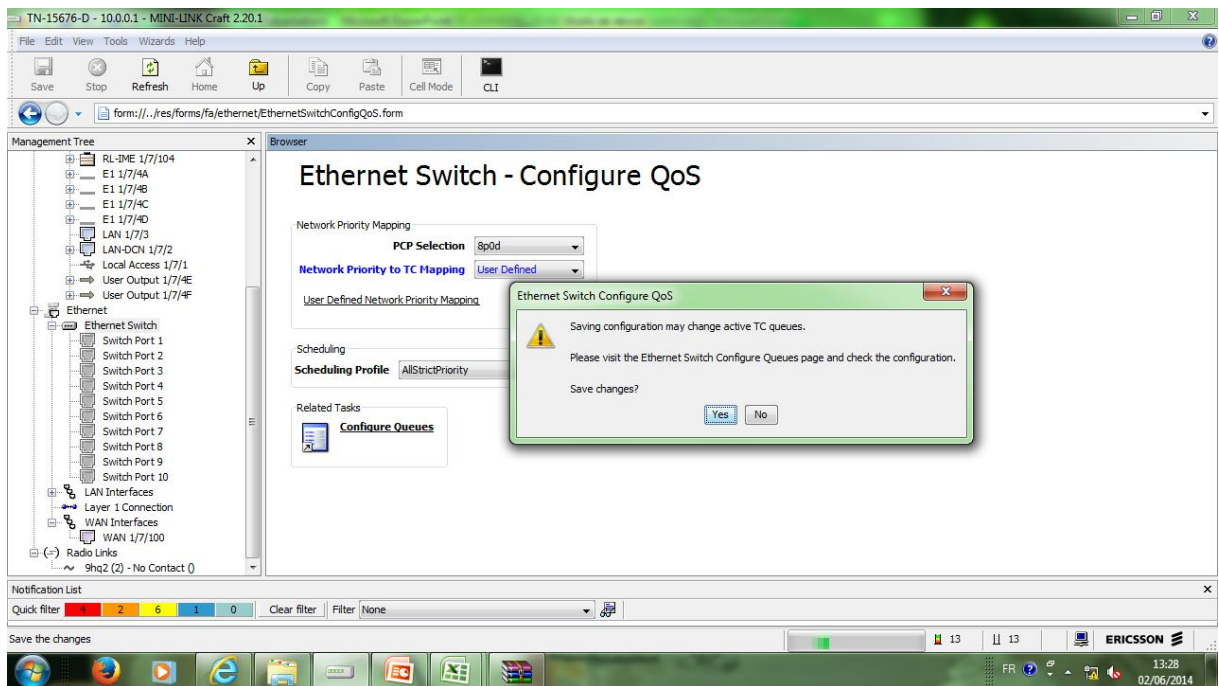
On modifie (PCS Selection) :



Et aussi Network Priority to TC Mapping:

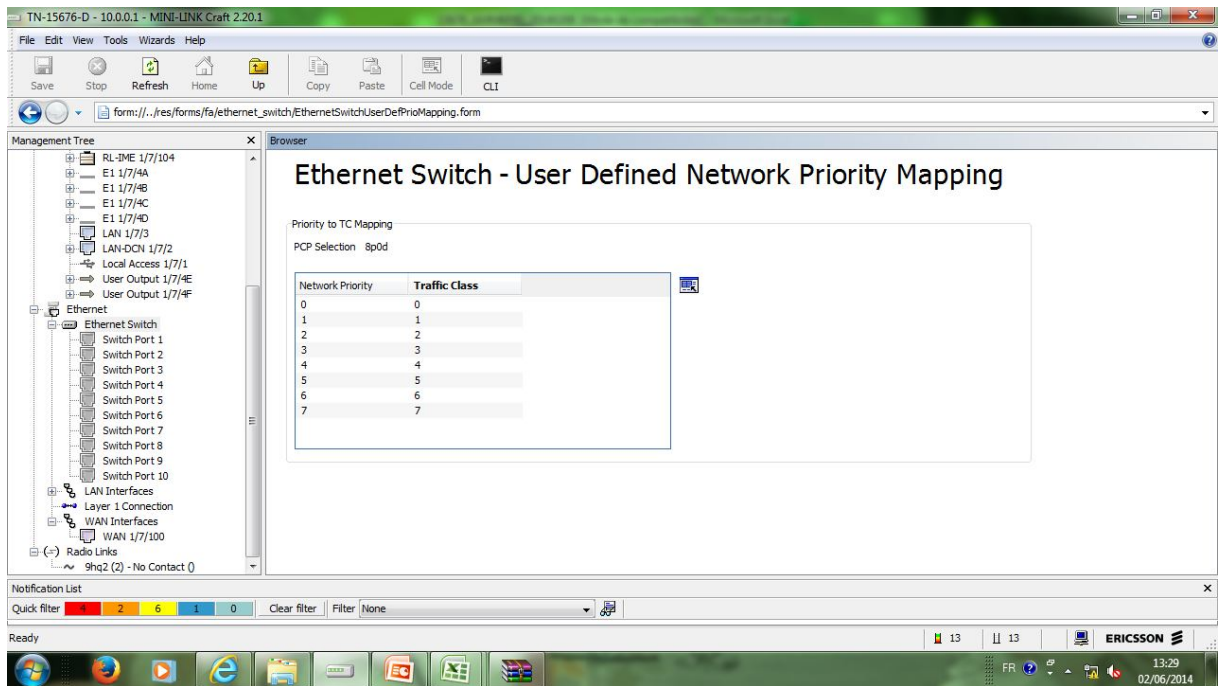


On sauvegarde les changement de la configuration :



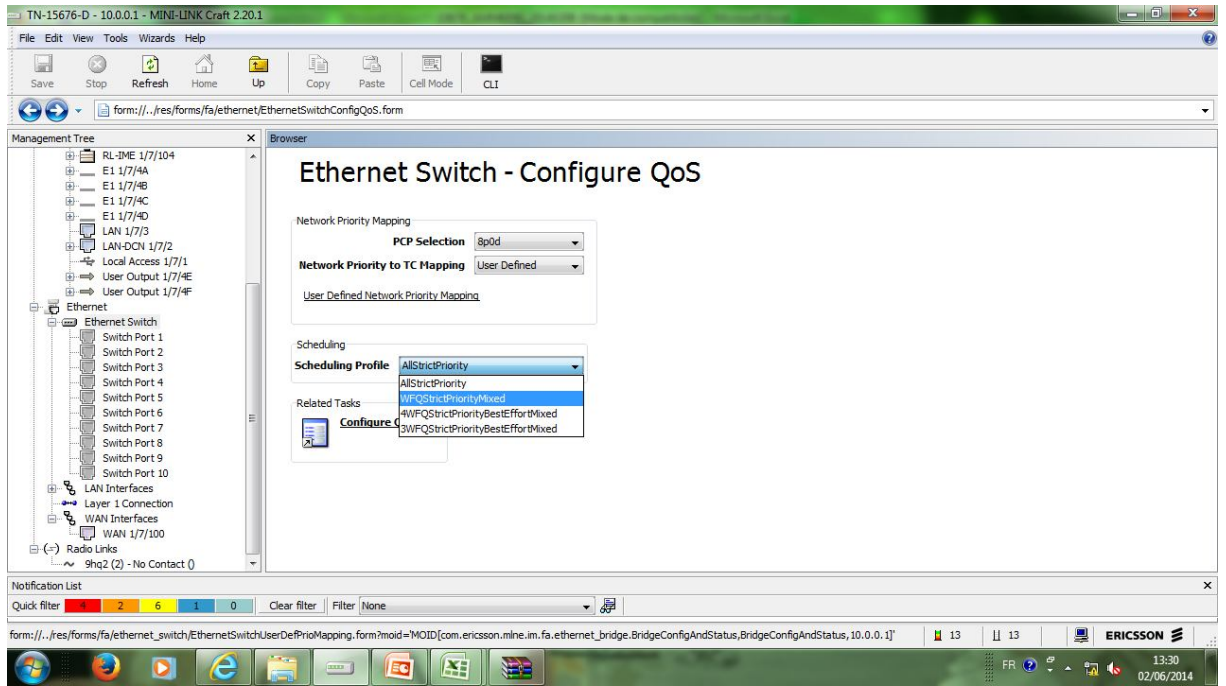
Net. Priority	Traffic Class
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7

Tableau .IV.8. User Defined Network Prioty Mapping.

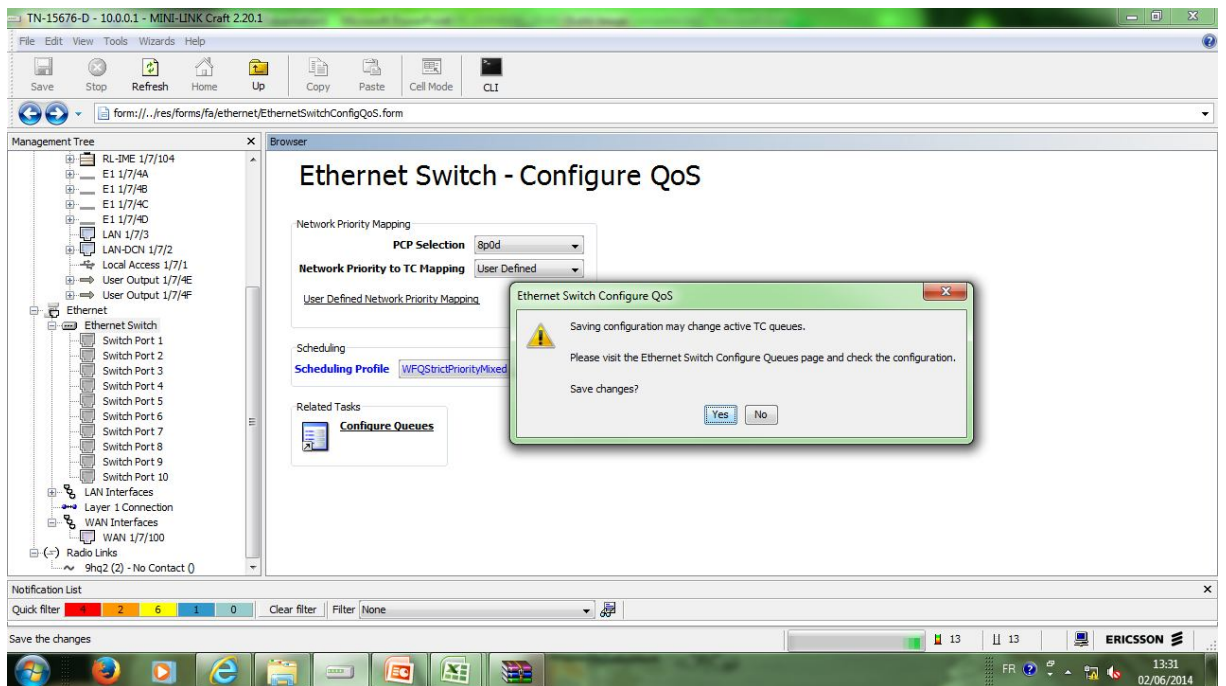


On voit que après sauvegarder la configuration QoS on a eu priority to TC Mapping est le même avec le tableau de path Quality.

On modifie le paramètre Scheduling profile :



Ensuite, on sauvegarde :

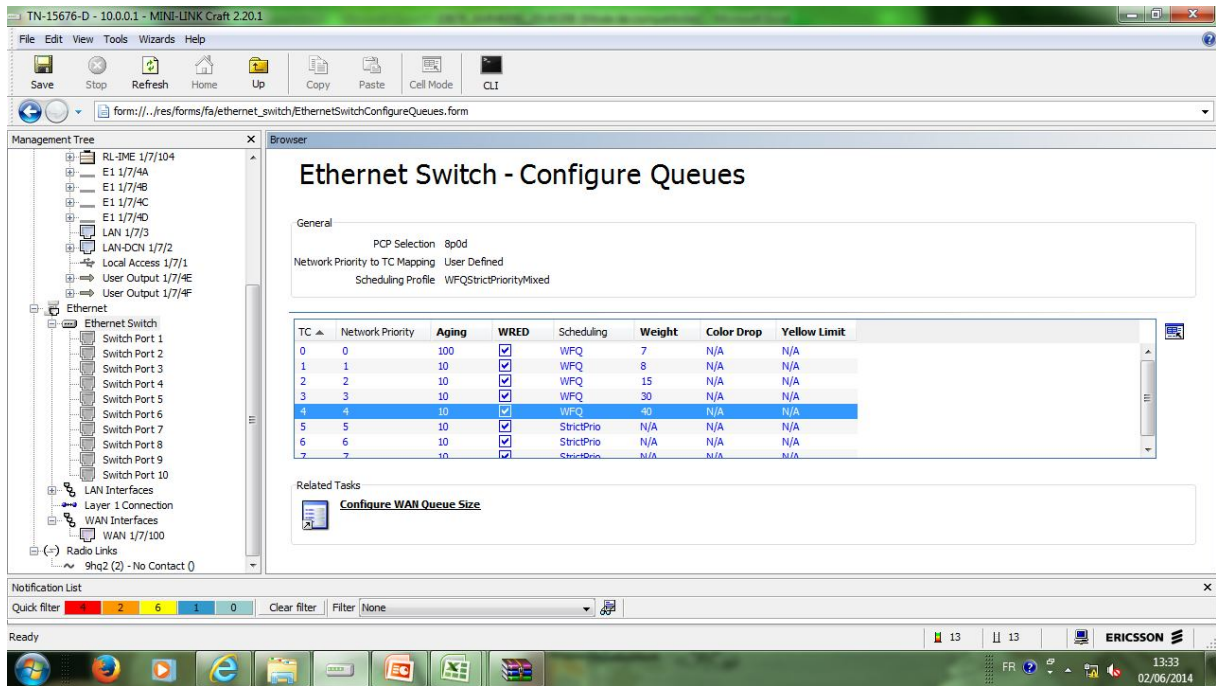


➤ **Configuration Queues :**

TC	Network Priority	Aging	WRED	Scheduling	Weight	Color Drop	Yellow Limit
0	0	100	Enabled	WFQ	7	-	-
1	1	10	Enabled	WFQ	8	-	-
2	2	10	Enabled	WFQ	15	-	-
3	3	10	Enabled	WFQ	30	-	-
4	4	10	Enabled	WFQ	40	-	-
5	5	10	Enabled	StricPrio	-	-	-
6	6	10	Enabled	StricPrio	-	-	-
7	7	10	Enabled	StricPrio	-	-	-

Tableau. IV.8.les paramètres de Queues.

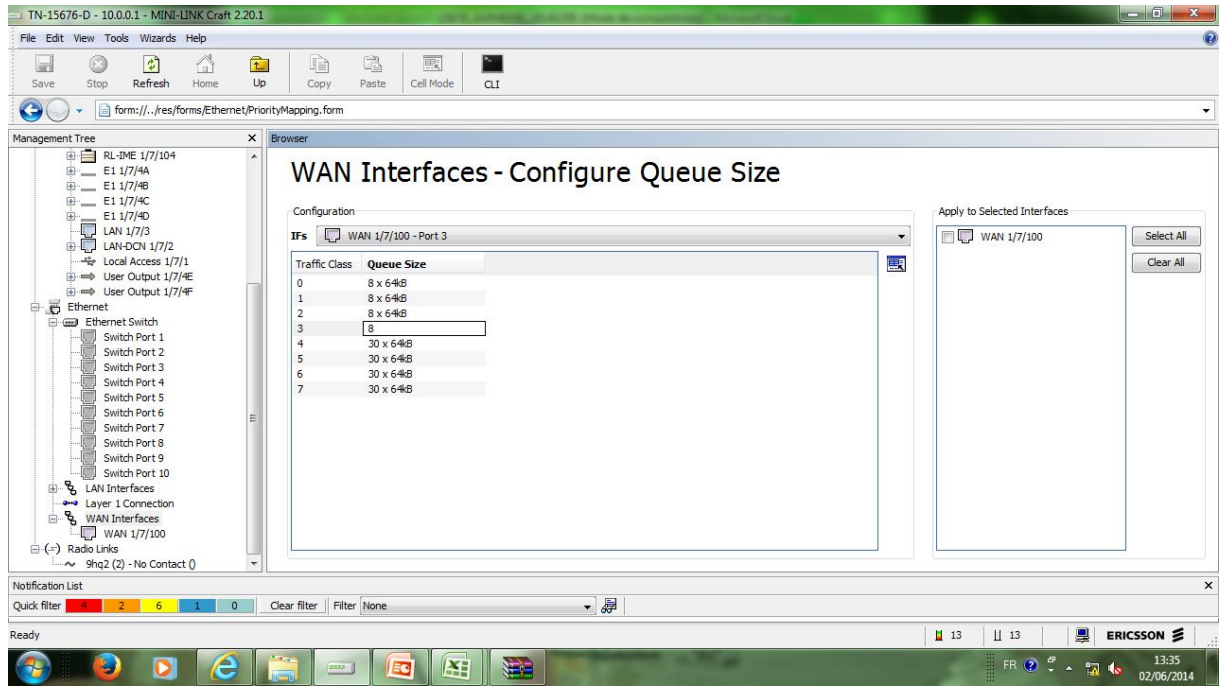
D’après le tableau précédent (IV.8.)On modifie juste la colonne de Weight et on sauvegarde :



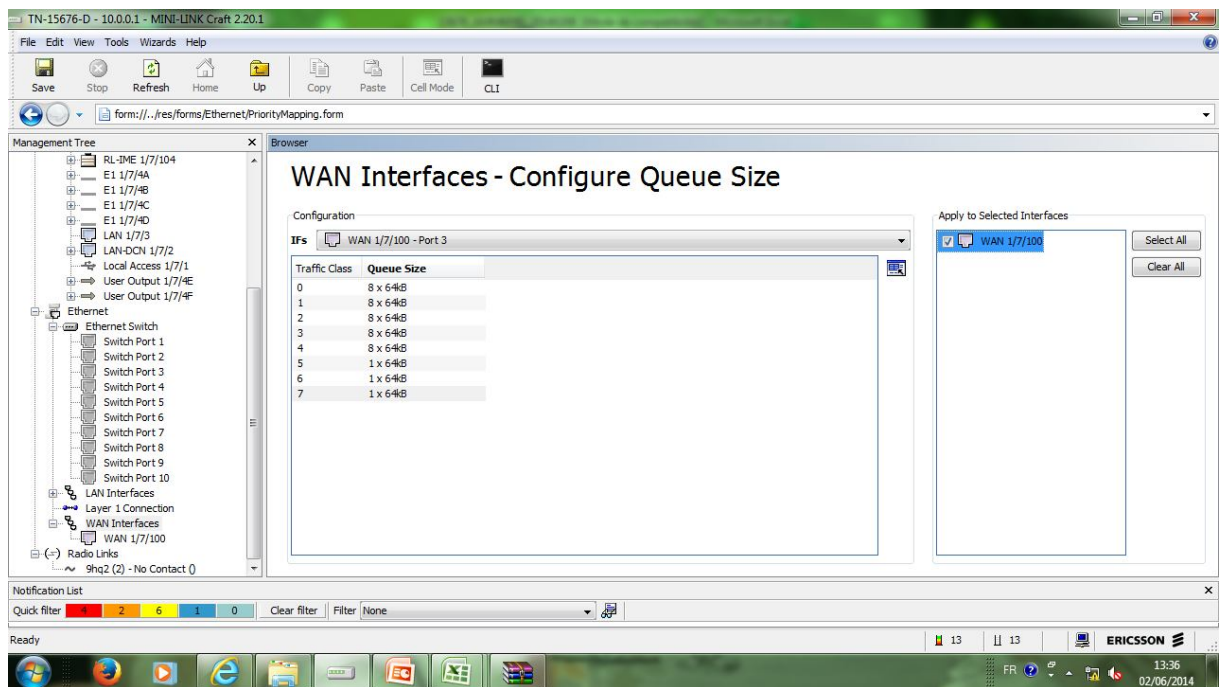
➤ **Configuration Queues Size :**

No	WAN Interface	Link Cap.	Buffer Profile
1	Wan 1/7/100	66	Profile 3
2	Wan 1/7/101	44	Profile 3
2	Wan 1/7/102	66	Profile 3

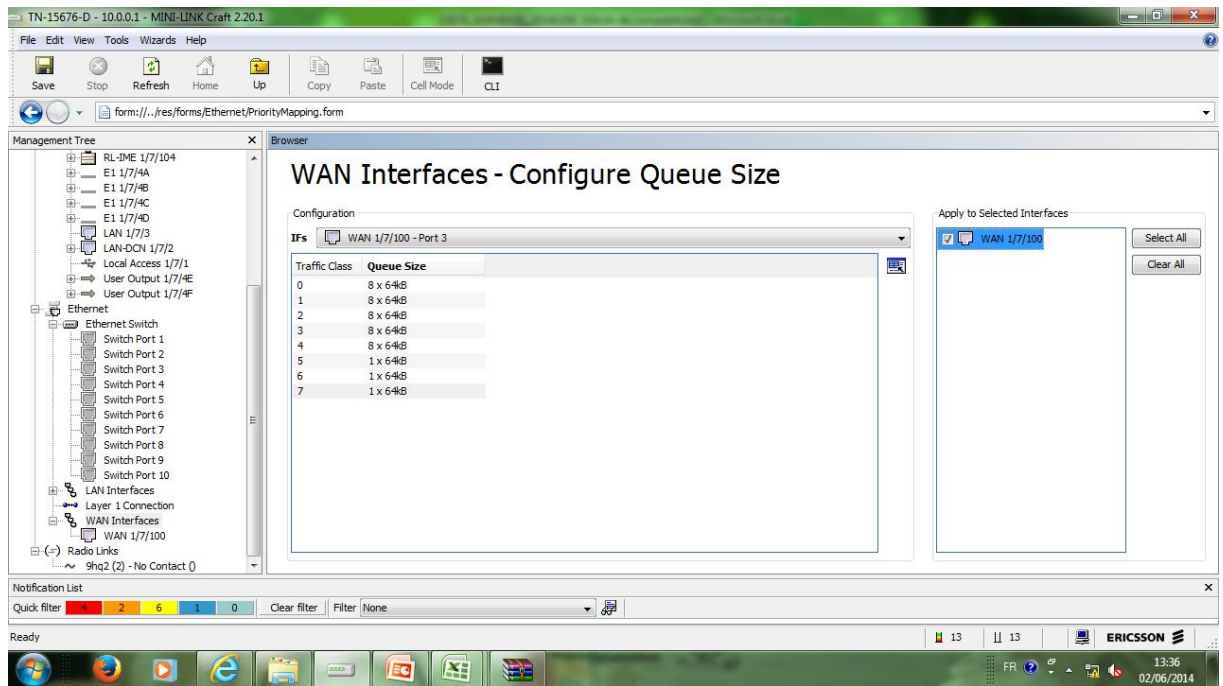
Tableau. IV.9.WAN Interface Queue Size configuration.



On coche sur WAN 1/7/100



et on sauvegarde :



Conclusion Générale

L'objectif de ce projet a été l'étude des règles d'ingénierie de la mise en place d'un réseau de transport par faisceau hertzien. Ce support devra en effet véhiculer les données d'un réseau 3G utilisant la technique d'accès radio CDMA2000.

Dans un premier temps nous avons commencé par faire une étude générale sur le réseau GSM(2G) qui utilise une couverture cellulaire, c'est-à-dire, il nécessite l'installation des antennes relais qui est une partie essentielle dans le système, car elles établissent la liaison entre les abonnés et la BSC, cette dernière au Switch central (MSC) via une liaison FHN avec les techniques d'accès (TDMA et FDMA). Ainsi on a étudié dans le même chapitre le réseau UMTS (3G) représente une évolution considérable par rapport à la deuxième génération de réseaux mobile 2G. Aux services voix qui restent l'apanage de cette dernière, ce sont les services mobiles qui profitent de réseaux aux débits largement supérieurs, la 3G a également permis le développement de l'internet mobile décomplexé par rapport à son homologue sur PC et qui est une vraie opportunité de nouveaux projet d'amélioration sur de petits écrans.

Ensuite, nous avons défini dans le second chapitre la transmission par onde radioélectrique, partie dans laquelle le principe d'émission et réception des signaux par les antennes a été élucidé. nous n'avions pu aborder l'essentiel de notre travail sans auparavant relater les principes de fonctionnement des antennes, indispensables à la mise en place du support hertzien et les divers défauts de propagation dont il faut nécessairement prendre en compte lors des calculs de déploiement des sites (node B). Les faisceaux hertziens restent aujourd'hui le moyen le plus rapide et le moins onéreux pour installer un réseau télécom.

Le troisième chapitre on est arrivé à connaître quelles sont les transmissions utilisées dans le centre de Mobilis de TIZI_OUZOU et on a pu à faire une carte géographique des sites. Ainsi dans le dernier chapitre on a configuré les sites de trafic node de 3G avec un logiciel « Mini Link craft 2.20 »

Enfin, la période de stage a été pour nous une réelle formation, tant sur le plan des techniques de transmission en particulier sur la transmission par faisceau hertzien général. Elle a été pour nous, une occasion d'allier la théorie acquise et la pratique durant notre formation.

Antennes :

Les antennes sont les composantes les plus visibles du réseau GSM. 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 puisque camouflées, pour des raisons esthétiques, à proximité de bâtiment classés « monuments historiques ». Ces antennes permettent de réaliser la liaison Um entre la MS (téléphone mobile) et la BTS.

Caractéristiques

✓ 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 GSM, on trouve des antennes qui émettent seulement en 900 MHz, seulement en 1800 MHz ou des antennes bibandes 900 et 1800 MHz. On trouve déjà, et leur nombre ne fera qu'augmenter, des antennes bimodes (GSM & UMTS) et bibandes (1800 & 1900-2200 MHz) ou tribandes (900, 1800 & 1900-2200 MHz), qui sont des antennes qui servent à la fois pour le GSM en 900 et/ou 1800 MHz, mais aussi pour l'UMTS en 1900-2200 MHz.

✓ Directivité

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

Omnidirectionnelle : Elles sont assez peu répandues. Lors de l'utilisation pour des macro 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 les macro cellules, les sites comportent souvent deux à trois antennes omnidirectionnelles.

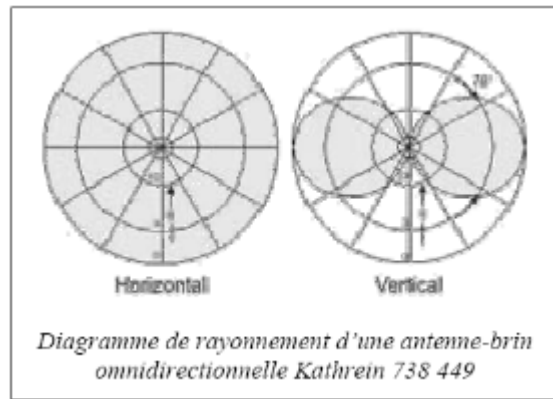


Figure.1.diagramme de rayonnement d'une antenne-brin omnidirectionnelle

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.

Directionnelle

Elles représentent la quasi-totalité des antennes utilisées. Lors de l'utilisation pour la couverture de macro 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 micro cellules, ce sont de 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° .

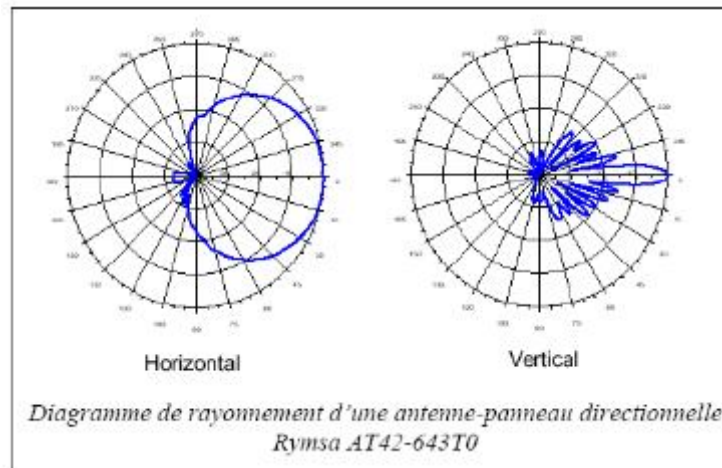


Figure.2.diagramme de rayonnement d'une antenne-panneau directionnelle

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.

✓ **Portée**

Une autre caractéristique est la portée des antennes. Elle dépend pour beaucoup de la PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente) de l'antenne, mais aussi de son orientation.

En général, une antenne assure la couverture d'une zone appelée secteur ou cellule. Il existe deux grands types de cellules, le premier étant la micro (petite) ou pico (très petite) cellule qui couvre une zone de taille réduite, par exemple une rue très fréquentée, une galerie marchande, un centre commercial au moyen d'antennes de petite taille, souvent omnidirectionnelles. Le deuxième type est celui des macro cellules qui couvrent des zones de grande superficie (plusieurs dizaines de kilomètres carrés), que l'on trouve près des autoroutes, et dans les zones périurbaines ou rurales ; dans ce cas, les antennes utilisées sont souvent de type directionnel.

✓ **Gain - Puissance**

Chaque antenne possède un gain qui lui est propre. Le gain est l'amplification que l'antenne effectue du signal d'entrée. Ce gain s'exprime en dB ou dBi, et est d'environ 2 à 11 dBi pour les antennes omnidirectionnelles et jusqu'à 18 dBi pour les antennes directionnelles.

La puissance émise par l'antenne est appelée PIRE (Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente) ou PAR (Puissance Apparente Rayonnée, $PAR = PIRE - 2,15 \text{ dB}$). Cette puissance est fournie par la BTS et ses amplificateurs de puissance, commandés depuis le BSC. La PIRE est de quelques watts pour des antennes couvrant des micros cellules, et d'une vingtaine à une cinquantaine de watts pour des macros cellules. La PIRE est exprimée en dbm, ce qui est plus pratique pour le calcul des pertes des coupleurs, câbles coaxiaux et gain des antennes.

✓ 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, etc....

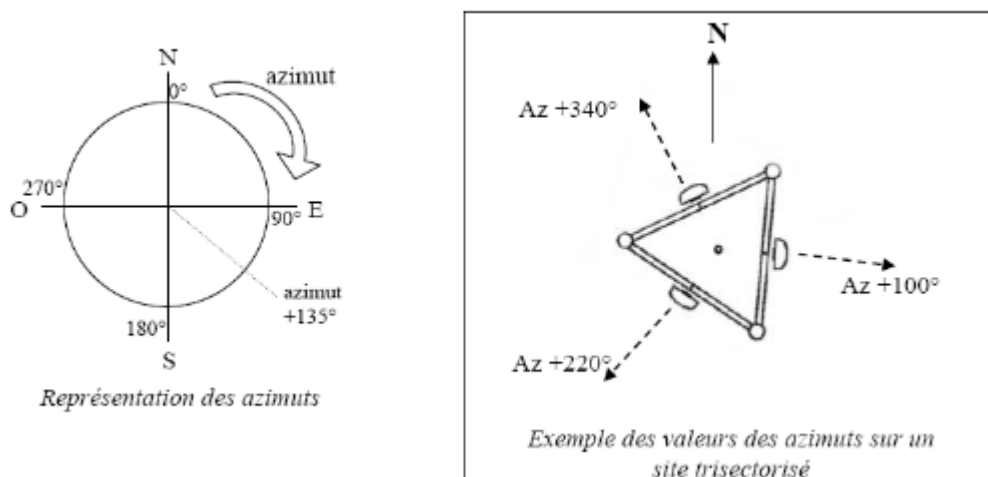


Figure.3.représentation des azimuts

✓ 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. Le signal est envoyé à l'équipement de transmission.



Figure.4.Antenne directionnelle avec tilt négatif antenne directionnelle avec tilt positif

Procédés :

✓ Diversité spatiale

La liaison Um dans le sens montant (mobile vers BTS) est plus difficile à assurer que la liaison descendante (BTS vers mobile), puisque la puissance des terminaux est limitée à 2 watts en 900 Mhz et 1 watt en 1800 MHz, on utilise donc deux antennes au lieu d'une pour favoriser la réception du signal.

À cause des diverses réflexions du signal émis par le mobile (contre des immeubles, des falaises...), deux ondes peuvent arriver en un point donné en s'annulant ou s'atténuant fortement (à cause de leur déphasage), c'est ce que l'on appelle l'évanouissement (fading) de

Rayleigh, mais quelques mètres (et longueurs d'ondes) plus loin, ces ondes ne seront plus atténuées, d'où l'intérêt de placer des antennes espacées d'environ 3 à 6 m l'une au dessus de l'autre ou l'une à côté de l'autre.

On place donc deux antennes, au lieu d'une, pour augmenter les chances de recevoir un signal correct, on augmente ainsi le signal reçu jusqu'à 5 dB.

✓ **Diversité de polarisation**

La diversité de polarisation est la technique d'utilisation de plusieurs plans de polarisations, pour favoriser la réception du signal. La polarisation d'une onde électromagnétique est décrite par l'orientation de son champ électrique.

Si celui-ci est parallèle à la surface de la terre, la polarisation est linéaire horizontale, s'il est perpendiculaire à la surface de la terre, la polarisation est linéaire verticale. Pour un téléphone mobile, la polarisation est verticale lorsque le téléphone est tenu vertical, mais s'il est légèrement orienté, l'onde polarisée verticalement parvient plus faiblement à la BTS, alors qu'en même temps, le niveau reçu de cette même onde polarisée horizontalement augmente.

En effet, il existe des signaux en polarisation verticale et horizontale, et il faut que les antennes émettrices et réceptrices communiquent toutes les deux avec un signal dans la même polarisation, sous peine d'avoir un signal fortement atténué. L'antenne du relais est capable de conserver une polarisation constante, mais le téléphone mobile, ne reste jamais parfaitement vertical et ne peut donc conserver une polarisation verticale.

On utilise donc des antennes qui ont une double polarisation (ou polarisation croisée), ni verticale, ni horizontale, mais intermédiaire : $+ 45^\circ$ et $- 45^\circ$, et l'on utilise le plan de polarisation qui reçoit le meilleur signal, pour augmenter les chances de recevoir un niveau correct ; on peut gagner ainsi jusqu'à 6 dB. En émission, on utilise une seule de ces polarisations, au choix de l'opérateur.

✓ **Diversité de fréquence**

La diversité fréquentielle est, la technique utilisant un changement régulier des fréquences utilisées ; c'est-à-dire, que la BTS et le mobile changent régulièrement de fréquence d'émission et de réception, c'est ce que l'on appelle le saut de fréquence ou Frequency

Hopping, un changement de fréquence 217 fois par seconde, qui permet de lutter contre l'évanouissement du signal (ou fading). Ce procédé permet aussi de moyenniser le brouillage ; par exemple : si un canal est brouillé, et si une communication est établie sur ce canal, la communication sera fortement perturbée, alors que si l'on change très régulièrement de canal (fréquence), la communication ne sera perturbée qu'à certains instants, mais restera en moyenne, audible. On utilise le saut de fréquence pendant les communications, ce qui peut permettre de gagner quelques dB supplémentaires.

- **L.N.A.**

Dans certains cas, les sorties des antennes sont suivies immédiatement de LNA (Low Noise

Amplifier - Amplificateur à Faible Bruit) qui permettent d'amplifier le signal reçu par l'antenne, en provenance du mobile, sur la liaison Um (voie montante). Les LNA doivent être situés au plus près de la sortie des antennes, pour éviter qu'un signal trop faible ne soit totalement inexploitable à la sortie des câbles coaxiaux. Ces LNA ressemblent à de petits cubes situés à quelques centimètres des antennes, en haut des pylônes.

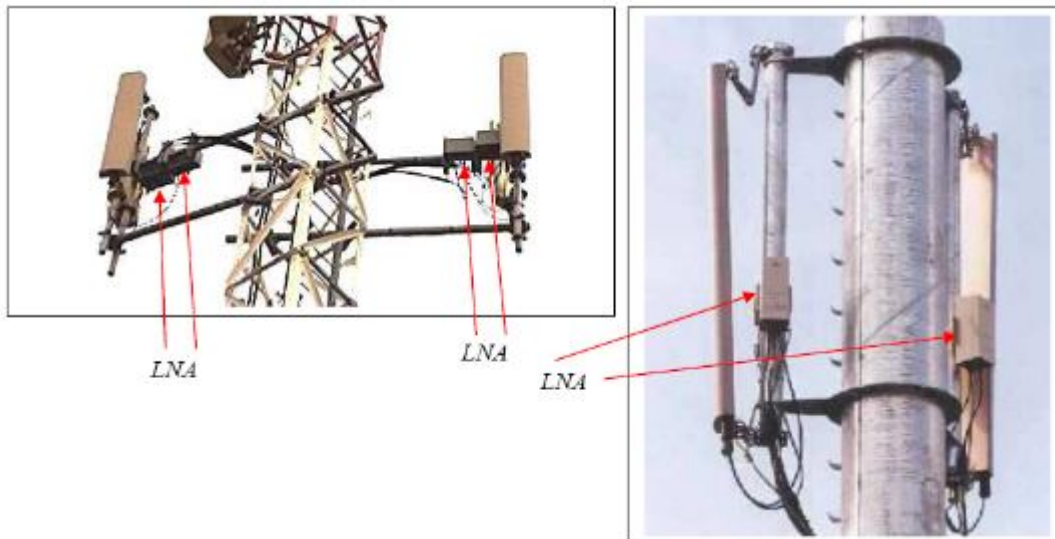


Figure.5.descriptif d'une antenne LNA

- **Sectorisation**

Chaque relais GSM est partagé en plusieurs zones d'émission, une pour chaque antenne (sauf présence de diversité spatiale), habituellement jusqu'à 3 zones par relais, appelées aussi secteur ou cellule.

Monosectorisé : Est dit monosectorisé un site GSM qui ne possède qu'un seul secteur, c'est-à-dire qui ne gère qu'une seule cellule. Il y a une seule antenne, ou deux si la diversité spatiale est utilisée, voire jusqu'à trois pour certains sites omnidirectionnels constitués de trois brins omnidirectionnels. Ce type de site omnidirectionnel est utilisé en zone rurale pour assurer une couverture assez importante, sans permettre une grande quantité de communications, ou en zone urbaine importante, pour micro cellule, afin de supporter des communications passées dans une zone réduite (centres commerciaux, rues piétonnes...). Un site monosectorisé avec panneau directionnel, peut être utilisé pour affiner une couverture locale, ou en zone rurale, au dessus d'une vallée encaissée, où les deux autres secteurs ne seraient pas utiles.

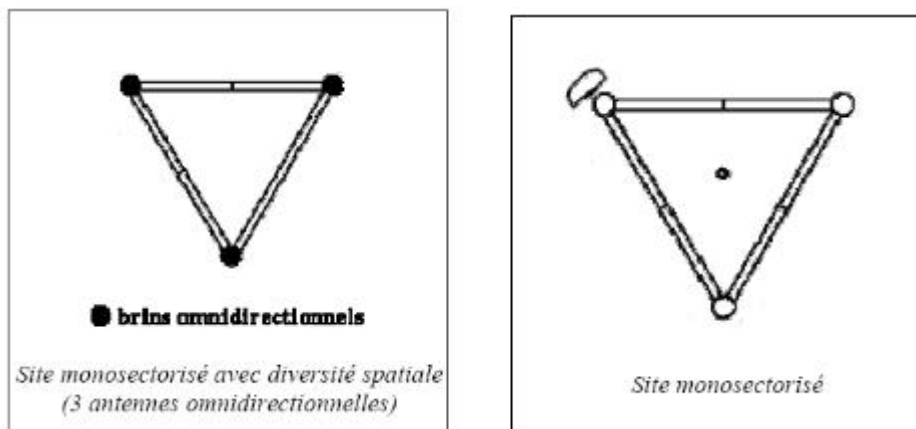


Figure.6.les types de sectorisation

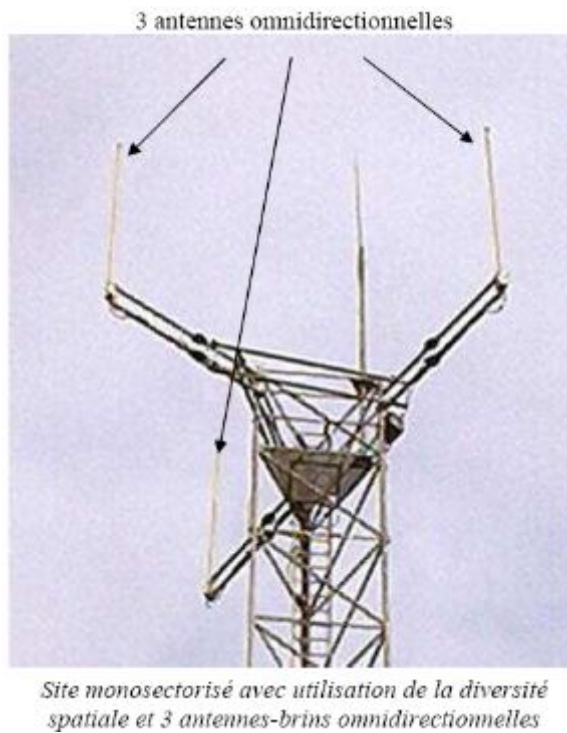


Figure.7. sites monosectorisé avec utilisation de la diversité spatiale et 3 antennes-brins omnidirectionnelles

Bisectorisé

Un site bisectorisé est un site GSM qui possède deux secteurs, et donc deux cellules distinctes. Le site peut comporter au moins deux antennes et jusqu'à quatre si la diversité spatiale est utilisée. Ce type de site sert à couvrir des zones où seuls deux secteurs sont utiles (flanc d'une colline...).



Site bisectorisé avec 2 antennes-panneaux directionnelles



Site bisectorisé avec utilisation de la diversité spatiale et 4 antennes-panneaux directionnelles

Figure.8.les sites bisectorisé

Trisectorisé

La majorité des sites GSM sont des sites trisectorisés, c'est-à-dire qu'ils sont constitués de trois cellules, ce qui permet une meilleure intégration au PDF (Plan De Fréquences). Ces sites sont très répandus en zone rurale et périurbaine, où la couverture n'est quasiment assurée qu'à partir de ce type de sites.



Site trisectorisé avec 3 antennes-panneaux directionnelles



Site trisectorisé avec utilisation de diversité spatiale et 6 antennes-panneaux directionnelles

Figure.9.les sites trisectorisé

- **Numérotation**

Les secteurs de chaque site sont numérotés. Le secteur n°1 est le secteur qui a l'azimut le moins élevé, c'est-à-dire, c'est le secteur dont l'azimut est le plus proche du Nord (Az 0°).

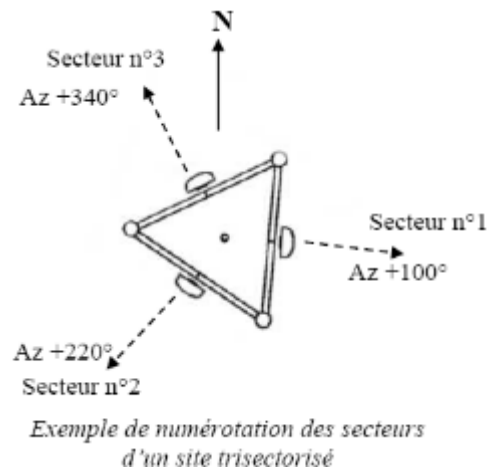


Figure.10.Exemple de numérotation des secteurs d'un site tri sectorisé

Bibliographie

- ✚ BOUZID Mohamed ,promotion 2010,rapport de stage , « Commutation (MSC/BSC TIZI-OUZOU) »Institut National des Télécommunication des Technologie de l'Information et de la Communication.
- ✚ HAMICHE Lynda et TEKENTART Fazia, promotion 2010,mémoire d'ingénieur , « contribution à la mise en service et simulation de fonctionnement de réseau de 3eme génération UMTS pour la téléphonie mobile », Université de Mouloud Mammeri Tizi Ouzou
- ✚ Ivain KESTELOOT, Stéphane RZETELNYS, Eric JULLIEN : PDF

Nouvelles Technologies Réseaux : SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

- ✚ LEKKAM Dahbia et BOUARABA Meriem, promotion 2012, mémoire Master, « étude de canal de transmission pour les liaisons FHN et satellitaire exploitées dans les réseaux mobile : cas OTA (DJEZZY) », Université de Mouloud Mammeri Tizi Ouzou
- ✚ Youssouf Moussa ADOUM « etude et mise en service de la liaison par faisceau hertzien Loumbila- Kamboincè au Burkina Fasopar - Licence 2009 [Informatique et Télécommunications](#) Institut supérieur d'informatique et de gestion (ISIG)

Les sites Internet :

- ✚ www.girodon.com
- ✚ www.Art.telecom.fr
- ✚ [http://www.memoireonline.com/02/11/4244/m_installation -et-maintenance -d'une - BTS/html](http://www.memoireonline.com/02/11/4244/m_installation-et-maintenance-d'une-BTS/html)
- ✚ www.arcep.fr
- ✚ <http://www.degrouppnews.com/images/news/dossiers/bouyguestelecom/schema-reseau.jpg>
- ✚ [http://www.memoireonline.com\(fh\)](http://www.memoireonline.com(fh))
- ✚ <http://www.radiorage.com>
- ✚ [http://fr.wikipedia.org/wiki/propagation-des-ondes-radio.](http://fr.wikipedia.org/wiki/propagation-des-ondes-radio)

Glossaire

1G: 1er Generation

2G: 2eme Generation

3G: 3eme Generation

A

AuC: Authentication Center

ATM: Access Terminal Multiple

B

BCCH :

BTS : Base Transceiver Station

BSC : Base Station Controller

BSS : Base Station Sub-system

C

CDMA : Code Division Multiple Access

CCITT: Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique

D

DEM : Demodulateur

D-AMPS : Digital-Advanced Mobil Phone Service

E

EIR : Equipement Identity Register

EDFA : Erbium Doped Fiber Amplifier

F

FH :Faisceau Hertzien

FHN : Faisceau Hertzien Numerique

FSK : Frequency Shift Keying

FM : Modulation de fréquence

Fe : Frequence d'échantillonnage

FPLMTS : Future Public Land Mobil Telephone

Fmax : Frequence maximale

FDMA : Frequency Division Multiple Access

G

GSM : Global System for Mobile Communications

GMSC : Gateway MSC

GPS : Global position System

H

HDB3 :High-Density Bi-polar modulus 3

HLR : Home Location Register

HNS : Hiérarchie Numérique Synchrone

I

IF:fréquence intermédiaire

IDU : Indoor Unit

IT : Intervalle de Temps

IMSI :International Mobile Subscriber Identity

J

J :densité de courant

M

MS : Mobile Station

MSK: Minimum Shift Keying

MSC : Mobile-services Switching Center

MSISDN : Mobil Station Integrated Service Digital Number

MIC : Modulation par Impulsions Codées

N

NRZ: Non Retour a Zero

NMS: Network Mobile Systeme

NMC : Network management center.

NSS : Network Sub-System

O

OSI : Open system interconnection

ODU : Outdoor Unit

OMC : Operation and Maintenance Centre

OSS : Operating SubSystem

P

PDC : Personal Digital Cellular

POH :Path Over Head

PM :Modulation de Phase

PDC : Personal Digital Cellular

PHS : Personal Handyphone System

PDH : Plesiochronous Data Hierarchy.

Q

QAM : Quadrature Amplitude Modulation

R

RNC : Radio Network Controller

RRC : Radio Ressource Control

RTC : Reseau Téléphonique Commuté

SDH :Synchronous Digital Hierarchy

SOH :Section Over Head

STM-n :Synchronous Transport Module level n

STS-n :Synchronous Transport Signal level n

SONET :Synchronous Optical Network

SRNC : Servising RNC

T

TS :Time Slot

TD-CDMA : Time Division -Code Division Multiple Access

TH-CDMA : Time Hopping -Code Division Multiple Access

Te : Periode d'échantillonnage

TDMA :Temporel Division Multiple Access

U

UIT : Union International de Telecommunication

USA : United Station Americain

UMTS : Universel Mobil Telecommunication

V

VHLR : Visited HLR

VLR : Visitor Location Register

W

WDM : Wavelength Division Multiplexing

WCDMA : Wideband Code Division Multiple Access

WARC : World Administrative Radio Conference

Conclusion générale

Glossaire

1G

2G

3G

AuC

ATM B

BCCH

BTS

BSC

BSS

CDMA

CCITT

DEM

D-AMPS

EIR

EDFA

FH

FHN

FSK

FM

Fe

FPLMTS

Fmax

FDMA

GSM

GMSC

GPS

HDB3

HLR

HNS

IF

IDU

IT :

IMSI

j

MS

MSK

MSC

MSISDN

MIC\$

NRZ

NMS

NMC

NSS

OSI

ODU

OMC

OSS

PDC

POH

PM

PDC

PHS

PDH

QAM

RNC

RRC

RTC

SDH

SOH

STM-n

STS-n

SONET

SRNC

TS

TD-CDMA

TH-CDMA

Te

TDMA

UIT

USA

UMTS

VHL

VLR

WDM

WCDMA

WARC

Résumé :

Les réseaux de télécommunications sans fil font aujourd'hui partie de notre quotidien et sont devenus indispensables pour la majorité des habitants d'une nation, aussi bien pour leur vie professionnelle que privée.

Après le succès mondial des réseaux de téléphonie mobile de seconde génération (dénommés 2G) qui consacraient l'avènement de la téléphonie mobile numérique et du multimédia, la nouvelle donne et l'attention internationale s'est tournée vers la 3G, les réseaux mobile de troisième génération qui vient répondre à plusieurs inquiétudes et préoccupations.

C'est dans ce sens que l'UIT (Union Internationale des Télécommunications) sous la dénomination IMT- 2000 a entrepris une action de normalisation de la 3G troisième génération de réseaux mobiles. Cette action de normalisation porte notamment sur l'identification des différentes bandes de fréquences et la généralisation des services mobiles liés.

Une liaison hertzienne permet de relier deux sites distants, c'est une alternative à un réseau filaire, en effet l'avantage est de pouvoir créer son propre réseau. Un opérateur de téléphonie mobile peut se développer grâce au faisceau hertzien. Il lui suffit de réserver des gammes de fréquences pour pouvoir émettre.

La famille de produit de MINI-link TN est la dernière addition, contrat d'offre, scalable, et solutions rentables.

Le système fournit le cheminement de trafic intégré, le PDH et le CSAD multiplexant, Transport d'Ethernet, agrégation d'atmosphère aussi bien que des mécanismes de protection sur le lien et niveau de réseau. Le cheminement de trafic configurable de logiciel réduit au minimum l'utilisation des câbles, améliore la qualité de réseau et facilite la commande d'un site éloigné.

Notre étude contient quatre chapitres : généralités de réseau GSM ensuite on a étudié le réseau UMTS, son architecture globale. les transmissions point à point, on a étudié aussi les liaisons Faisceaux Hertzien Numérique, les transmissions numériques de Mobilis et on est arrivé à établir une carte géographique des sites à l'aide de logiciel de Google Earth.

Et en fin , configuration et planification de trafic Node de 3G