

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignementsupérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou



Faculté de génie électrique et d'informatique
Département informatique.

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER II en informatique
Option : Réseau Mobilité et Système Embarqué.

Thème

**Implémentation d'un service
Voix IP via VSAT/iDirect.
Cas : CTS LAKHDARIA.**

Réalise par : Encadré par :

M^{elle}. ACHOUR BASMA.

M^{ieur}. B.DJAMAH.

M^{elle}. OULD DRISKARIMA.

M^{elle}. M.AOUDIA.

Promotion: 2014-2015.

Remerciements

Nulla œuvre ne se réalise sans l'aide d'ALLAH et le soutien et le soin des personnes qui nous sont proches.

Au nom d'ALLAH le plus grand merci lui revient de nous avoir guidé vers le droit chemin, de nous avoir aidé tout au long de nos années d'études.

Tous nos remerciements à nos parents qui se brûlent pour éclairer nos chemins.

Nous tenons à exprimer toutes nos reconnaissances à M^{ieur} Djamah. Nous le remercions de nous avoir encadrées, orientées, aidées et conseillées. Merci pour toutes paroles, écrits, réponses et critiques qui ont guidé nos réflexions.

Nous adressons aussi nos sincères remerciements à notre co-promotrice M^{elle} Aoudia, pour l'expérience enrichissante et plein d'intérêt qu'elle nous a fait vivre durant les trois mois au sein de l'entreprise et nous leur en sommes très reconnaissantes.

Grand merci à M^{ieur} Mahmoudi chef de département CTS pour son accueil sa gentillesse et sa confiance.

Nos remerciements vont également à toute l'équipe de l'entreprise pour leur sympathique et leur coopération professionnelle tout au long du travail.

Nous tenons à remercier tout particulièrement nos amis pour tous les moments du bien ou du mal que nous avons vécus ensemble.

Sans oublier de remercier les membres de juré qui vont nous faire l'honneur d'avoir accepté de juger notre travail.

Merci à tous, à tous ceux sans qui ce mémoire ne serait pas ce qu'il est.



*Aujourd'hui, ici rassemblés auprès des jurys
Nous prions ALLAH que nous serions enchantées
Par notre travail honoré.*



Je dédie ce mémoire à ...

Ma très chère maman

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance.

Puisse ALLAH, le tout puissant te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon très cher père

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

A mon âme sœur, à la personne à qui je dois ma joie.

Qu'ALLAH réunisse nos chemins pour un long commun souriant.

A mes frères AMINE, IDHIR et MAROUA.

Avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A tous les membres de ma famille, petits et grands.

A mes chers ami(e)s,

Qu'ALLAH vous assiste.

A tous les gens que je connais, qui j'aime et qui m'aiment.



Je dédie ce travail...

A ce printemps qui ne finit pas dans mon cœur, ceux que j'aimerai pour l'éternité à l'exemple de résignation, d'amour et d'affection, en qui j'ai trouvé un soutien immense et constant dans mes études et ma vie mes chers parents.

A la mémoire de Mon frère Nacer.

A mes chers frères, Lyes et sa femme Chiraz et leurs enfants Nacer Racim et Lounis,

Sofiane et sa femme Dehbia et leur fille Mélissa, Mimih et sa femme Fatiha et leur fils amine à mon frère Kamel et Sénégal.

A mes chères sœurs, Sissi et son mari Farid et leur fils Moumouh, à Chahira et son mari Rafik et à leurs enfants Asma et Aris.

A toute la famille Ould Dris,

A tous mes ami(e)s en particulier ceux de la 25 et la 9.

TABLE DES MATIÈRES.

Introduction générale

Chapitre I : introduction au réseau VSAT.

Introduction	1
I. Réseau satellite	1
I.1. La station spatiale.....	2
I.1.1. Définition d'un satellite.....	2
I.1.2. Architecture d'un satellite de télécommunication.....	2
I.1.3. Les différentes orbites des satellites.....	6
I.1.3.1. Classification des orbites.....	7
I.2. Station terrienne	9
I.2.1. Types d'antennes.....	9
I.2.2. Antenne VSAT.....	9
I.2.2.1. ODU (Out Door Unit).....	9
I.2.2.2. IDU (In Door Unit).....	11
I.2.2.3. Câble IFL.....	12
II. La Radio Fréquence	13
II.1. Bandes de fréquences.....	13
II.1.1. La polarisation.....	15
II.1.1.1. La polarisation linéaire.....	15
II.1.1.2. Rassemblement linéaire d'une alimentation VSAT..	16
II.1.1.3. La polarisation circulaire.....	16
II.2. Le multiplexage (techniques de partage de support)	17
II.2.1. Les méthodes d'accès FAMA	17
II.2.2. Les méthodes d'accès aléatoire (Random Access)	18
II.2.3. Les méthodes de réservation de paquets.....	18
II.3. Le codage.....	19
II.4. La modulation.....	19
II.4.1. Modulation de fréquences FSK (Fréquence Shift Keying).....	20
II.4.2. Modulation de phase ou PSK (Phase Shift Keying)	20
II.4.3. Modulation d'amplitude ou ASK (Amplitude Shift Keying) ..	20
II.4.4. Modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation)	20
III. La technologie VSAT	20
III.1. Le réseau VSAT.....	21
III.1.1. Les stations VSAT.....	21

TABLE DES MATIÈRES.

III.1.2. La station centrale ou HUB.....	21
III.2. Topologie d'un réseau VSAT.....	21
III.2.1. Topologie point à point SCPC (Single Channel Per Carrier)...	22
III.2.2. Topologie en étoile.....	22
III.2.3. Topologie Mesh (Maillé)	23
III.2.4. Topologie hybride.....	24
III.3. Gestion de la bande passante au niveau d'un réseau VSAT.....	24
III.4. Service offert par VSAT.....	25
III.5. Avantages et limites des VSAT.....	27
III.5.1. Les avantages des VSAT.....	27
III.5.2. Les limites des VSAT.....	28
Conclusion.....	28
Chapitre II : la solution iDirect	
Introduction.....	29
I. Avant l'apparition d'iDirect.....	29
I.1. Le DVB-S1 et le DVB-S2.....	29
I.2. Introduction à la solution iDirect.....	31
II. Fonctions assurées par un réseau.....	32
III. Caractéristiques de la VoIP.....	32
IV. Solutions iDirect.....	33
IV.1. Modèle de référence OSI.....	33
IV.2. Accélération TCP iDirect.....	35
IV.2.1. Protocole UDP (User Datagram Protocol)	35
IV.2.2. Protocole TCP.....	35
IV.2.2.1. Limites de protocole TCP en liaison satellite.....	36
IV.2.2.2. Adaptation du TCP aux satellites.....	37
IV.2.2.3. Accélération TCP.....	38
IV.2.2.4. Accélération http iDirect.....	39
IV.3. Intégration des techniques intermédiaires (proxies)	39
IV.4. Correction d'erreur iDirect (cas d'affaiblissement pluie)	40
IV.5. Qualité de service iDirect (QoS)	42
IV.5.1. Débit minimal garanti CIR (Committed Information Rate) ...	43
IV.5.2. Le lissage d'intervalle de temps.....	43
V. Les équipements iDirect.....	44
V.1. Les équipements du HUB iDirect.....	44
V.2. Les routeurs satellites iDirect.....	48
V.3. La connexion entre les équipements.....	49
VI. Les logiciels iDirect.....	50

TABLE DES MATIÈRES.

VI.1.	iBuilder.....	50
VI.2.	iMonitor.....	52
VI.3.	iSite.....	53
VII.	la vie d'un paquet IP dans un réseau iDirect.....	54
VIII.	avantages et inconvénients iDirect.....	56
VIII.1.	les avantages.....	56
VIII.2.	les inconvénients.....	57
Conclusion.....		57

Chapitre III : Voice over Internet Protocole

Introduction	58
I. historique de la téléphonie.....	58
I.1. RTCP (Réseau Téléphonie Commuté Public)	58
II. Voix IP (VoIP)	59
II.1. Définition de la VoIP.....	59
II.2. Les paramètres de la voix sur IP.....	60
II.3. Processus de transmission de la voix	61
II.3.1. L'acquisition du signal voix.....	62
II.3.2. Conversion analogique /numérique.....	62
II.3.3. Compression audio (codec)	63
II.4. Protocoles de la VoIP.....	65
II.4.1. Protocole SIP (Session Initiation Protocol)	66
II.4.1.1. Définition.....	66
II.4.1.2. Entités SIP.....	66
II.4.2. Protocole SCCP (Skinny Client Control Protocole)	68
II.4.3. Protocole RTP /RTCP.....	68
II.4.4. Protocole de réservation de ressource (RSVP)	70
III. Architecture d'un réseau VoIP (VSAT/iDirect)	71
III.1. IP-Phone.....	71
III.2. Voice Gateway.....	72
III.3. Le serveur Call Manager.....	72
III.3.1. Architecture du Call Manager.....	73
III.3.2. Les partitions et les « Calling Search Space » du Call Manager	74
III.3.3. Le routage d'appel.....	75
Conclusion	75

TABLE DES MATIÈRES.

Chapitre IV : Application

Introduction	67
I. Architecture du réseau	67
II. Création du réseau.	67
II.1. PARTIE I : Interconnexion de deux sites distants	68
II.1.1. Etape 1 : Côté HUB	68
II.1.2. Etape 2 : Côté client	73
II.1.3. Montage et pointage de l'antenne VSAT.....	80
II.1.3.1. Montage de l'antenne VSAT.....	80
II.1.3.2. Pointage de l'antenne VSAT.....	80
II.1.3.2.1. Méthode 1 : En utilisant l'analyseur de spectre.....	81
II.1.3.2.2. Méthode 2 : En utilisant le logiciel « iSite ».....	82
II.1.4. Description des indicateurs d'état LED sur le routeur satellite X3.....	84
II.2. PARTIE II : Implémentation et gestion d'une application VoIP.....	85
II.2.1. Configuration de l' « IP-Phone »	85
II.2.1.1. Création de l'IP-Phone au niveau du Call Manager.....	85
II.2.1.2. Configuration d'adresse IP du téléphone.....	91
II.3. PARTIE III Test d'appel VoIP et surveillance de consommation.	92
Conclusion	93
Conclusion générale	

LISTE DES FIGURES

Chapitre I :

Figure I.1 : Architecture d'un système de communication par satellite.....	1
Figure I.2 : Architecture d'un satellite.....	2
Figure I.3 : diagramme d'un transpondeur.....	3
Figure I.4 : L'empreinte de pas d'un satellite.....	3
Figure I.5 : Les courbes d'intensité iso-pire d'Arabsat et intelsat901.....	4
Figure I.6 : Apogée, périégée et inclinaison.....	6
Figure I.7 : Classification des orbites.....	7
Figure I.8: Caractéristiques de l'orbite Géostationnaire.....	8
Figure I.9 : Délai de propagation terre satellite GEO.....	8
Figure I.10: Antenne VSAT et ses composantes.....	9
Figure I.11 : Le TUNER satellite.....	11
Figure I.12: les câbles IFL.....	12
Figure I.13 : Transmission entre deux stations VSAT.....	13
Figure I.14 : Les deux modes de polarisation linéaire.....	15
Figure I.15 : Rassemblement linéaire	16
Figure I.16 : La polarisation circulaire gauche et droite.....	16
Figure I.18 : Les techniques fixes du partage de support.....	17
Figure I.19: les techniques de modulation.....	19
Figure I.20 : Architecture d'un réseau VSAT.....	21
Figure I.21 : Topologie point à point.....	22
Figure I.22 : Topologie en étoile.....	22
Figure I.23 : Topologie maillée.....	23
Figure I.24: Topologie hybride.....	24
Figure I.25 : La gestion de l'accès à la bande passante VSAT.....	24
Figure I.26 : service VoIP par VSAT	25

LISTE DES FIGURES

Figure I.27 : Service visioconférence par VSAT.....26

Chapitre II:

Figure II.1: le modèle de référence OSI et le modèle TCP/IP.....33

Figure II.2: Protocole sans connexion (UDP).....35

Figure II.3: établissement d'une session TCP.....36

Figure II.4 : Accélération TCP à l'intermédiaire des équipements iDirect.....38

Figure II.5: Accélération http (web).....39

Figure II.6: Utilisation des PEPs en Uplink et en Downlink.....40

Figure II.7: Adaptation de la trame iDirect en cas d'affaiblissement pluie.....41

Figure II.8: Le lissage d'intervalle de temps pour la VoIP.....44

Figure II.9: Les équipements d'un HUB téléport iDirect.....44

Figure II.10 : la carte HLC evolution.....45

Figure II.11 : Carte EDAS et logiciel SYSCHECK de configuration.....46

Figure II.12 : le processeur de protocole, vue de face et vue de derrière.....46

Figure II.13 : routeur satellite série 3000.....48

Figure II.14 : routeur satellite evolution X3.....48

Figure II.15: L'interface graphique iBuilder.....50

Figure II.16 : changements d'état de configuration dans iBuilder.....51

Figure II.17: L'interface graphique iMonitor.....53

Figure II.18 : l'interface graphique iSite.....53

Figure II.19 : fonctionnement des logiciels iVantage au niveau du réseau iDirect.....55

Figure II.20: La vie d'un paquet IP dans un réseau iDirect.....55

LISTE DES FIGURES

Chapitre III:

Figure III.1: le réseau téléphonique commuté.....	58
Figure III.2 : deux équipements IP connectés par Internet.....	59
Figure III.3: transformation d'un signal voix à un signal analogique.....	62
Figure III.4 : échantillonnage, quantification et codage de la voix	63
Figure III.5: Les protocoles de la VoIP.....	65
Figure III.6: les entités d'un réseau SIP.....	68
Figure III.7: format du paquet RTP.....	69
Figure III.8 : réseau VoIP (VSAT/iDirect).....	71
Figure III.9: IP-Phone et soft phone.....	71
Figure III.10 : le « cluster Call Manager ».....	73
Figure III.11 : les partitions et le CSS du « call manager ».....	74
Figure III.12 : les autorisations entre les partitions du même CSS.....	75

CHAPITRE IV :

Figure IV.1 : architecture générale du réseau à mettre en œuvre	77
Figure VI.2: page d'accueil iBuilder	78
Figure VI.3 : le choix du satellite	78
Figure VI.4 : Le choix du réseau et la topologie	79
Figure VI.5 : définition des paramètres information	79
Figure VI.6 : définition des paramètres IP	80
Figure VI.7 : définition des paramètres QoS	80
Figure VI.8 : coordonnées GPS de LAKHDARIA	81

LISTE DES FIGURES

Figure VI.9 : paramètres de géo localisation	81
Figure VI.10 : paramètres VSAT	82
Figure VI.11 : génération de l'option file	82
Figure VI.12 : Le fichier option file	83
Figure VI.13 : le Ping vers l'adresse par défaut du modem	83
Figure VI.14 : configuration des paramètres IP du PC	84
Figure VI.15 : le Ping vers l'adresse du modem	84
Figure VI.16 : Le login avec le mot de passe par défaut	85
Figure VI.17 : accès au modem	85
Figure VI.18 : téléchargement des packages	86
Figure VI.19 : téléchargement du fichier 'cumulative update'	86
Figure IV.20 : fenêtre de dialogue	86
Figure IV.21 : téléchargement du fichier Remote	87
Figure IV.22 : téléchargement de l'Option File	87
Figure IV.23 : fenêtre de téléchargement de l'option file	88
Figure IV.24 : confirmation du téléchargement de l'option file	88
Figure IV.25 : redémarrage du routeur satellite	88
Figure IV.26 : antenne par montage	89
Figure IV.27 : le signal bruit capté par l'antenne VSAT	90
Figure IV.28 : le signal de la porteuse capté	90
Figure IV.29 : câblage du routeur avec le PC et l'antenne VSAT.....	91

LISTE DES FIGURES

Figure IV.30 : accès au terminal	91
Figure IV.31 : passage en mode pointage de l'antenne	91
Figure IV.32 : augmentation du niveau du signal	92
Figure IV.33 : accès au serveur Call Manager	94
Figure IV.34 : page d'accueil Cisco Unified CM version 8.6.2	94
Figure IV.35 : accéder à la liste des IP-Phones dans le serveur	95
Figure IV.36 : ajouter un IP-Phone au Call Manager	95
Figure IV.37 : type de l'IP-Phone	96
Figure IV.38 : protocole de signalisation	96
Figure IV.39 : remplir l'adresse MAC et le device pool	97
Figure IV.40 : configuration du modèle des boutons de téléphone	97
Figure IV.41 : configuration du Calling Search Space	98
Figure IV.42 : Appliquer la Configuration	98
Figure IV.43 : ajout d'une ligne	99
Figure IV.44 : configuration directory number phone	99
Figure IV.45 : Liste des IPphones	100
Figure IV.46 : câblage IP-Phone au modem	100
Figure IV.47 : IPphone synchronisé	101
Figure IV.48 : rapport de consommation lors de l'ouverture de la session	101
Figure IV.49 : consommation lors de l'appel VoIP	102

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Les bandes de fréquences usuelles.....	13
Tableau II.1 : Evolution du standard de communication par satellite.....	31
Tableau II.2 : les états de configuration dans iBuilder.....	52
Tableau III.1 : bande passante pour les codecs G711 et G729.....	65
Tableau IV.1 : description de l'état des LEDs.....	93

LISTE DES ACRONYMES

ACK: acknowledgement.

ACM: Adaptive Coding and Modulation.

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line.

ASK: Amplitude Shift Keying.

AT&T: American Telephone & Telegraph Company.

BER: Bit Error Rate.

BUC: Block Up Converter.

CCM: Codage Constant et Modulation.

CDMA: Code Division Multiple Access.

CIR: Committed Information Rate.

CNA : Convertisseur Numérique Analogique.

CPU: Central Processing Unit.

CSS: Calling Search Space.

DNS: Domain Name Service.

DVB-S: Digital VideoBroadcasting-Satellite.

EDAS: Ethernet/Digital Audio Storage.

FAMA: Fixed Assignment Multiple Access.

FDMA: Time Division Multiple Access.

FEC: Forward Error Checking.

FTP: File Transfer Protocol.

GEO: Geostationary Earth Orbit.

HLC: Hub Line Card.

HTTP: Hyper Text Transfer Protocol.

IP: Internet Protocol.

IDU: In Door Unit.

IF: Intermediary Frequency.

IFL: Inter Facility Link.

LISTE DES ACRONYMES

LAN: Local Area Network.

LDPC: Low Density Parity Check.

LEO: Low Earth Orbit.

LNB: Low Noise Block.

MAC: Media Access Control.

MCPC: Multiple Channel Per Carrier.

MEO: Medium Earth Orbit.

MPEG: Moving Picture Experts Group.

NIC: Network Interface Card.

MTU: Maximum Transmission Unit.

NMS: Network Management System.

NRZ: No Return to Zero.

ODU: Out Door Unit.

OMT: Orthogonal Mode Transducer.

OSI: Open Systems Interconnection.

PEP: Performance Enhancing Proxy.

PIRE : Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente.

PP: Processor Protocol.

PSK: Phase Shift Keying.

PSTN: Public Switched Network Telephony.

QAM: Quadrature Amplitude Modulation.

QoS: Quality of Service.

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying.

RF: Radio Frequency.

RTC : Réseau Téléphonie Commuté.

RTCP: Real Time Control Protocol.

LISTE DES ACRONYMES

RTP: Real Time Protocol.

SCCP: Skinny Client Control Protocol.

SCPC: Single Channel Per Carrier.

SIP: Session Initiation Protocol.

SMS: Short Message Service.

SNR: Signal to Noise Ratio.

TCP: Transmission Control Protocol.

TCP: Transport Control Protocol.

TPC: Turbo Product Code.

ToIP: Telephony over Internet Protocol.

TDMA: Time Division Multiple Access.

UIT : Union Internationale des Télécommunications.

VSAT: Very Small Aperture Terminal.

VoIP: Voice over Internet Protocol.

VPN: Virtual Private Network.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'esprit perfectionniste de l'homme n'a cessé de lui permettre d'améliorer sa vie quotidienne. La télécommunication présente une grande portion de cet intérêt ou elle a envahit de multiples domaines au cours de son développement, qui ont commencé par la voie terrestre conduisant par la suite au développement des artères filaires qui ont abouti aux satellites.

La télécommunication par satellite est devenue un besoin auquel les états et les entreprises ne peuvent renoncer de par son utilisation pour des services fixe, mobile et multimédia.

La VoIP était l'un des services développé par satellite, par lequel la téléphonie a connu un nouvel élan en faisant appel à la technologie « VSAT/iDirect ». Cette dernière assure certaines fonctionnalités en temps réel et de grand débit. L'intérêt de la VoIP était rapidement perçu d'où la convergence vers un réseau entièrement IP.

C'est dans cette perspective que s'inscrit ce travail de fin de cycle intitulé «Voix IP par VSAT/iDirect». L'étude a été menée au sein du Centre télécom Satellite de Lakhdaria sous les conseils de Melle M. AOUDIA.

Tout d'abord l'organisme d'accueil est présenté puis suivent les 4 chapitres suivants

Chapitre I : présentations des notions générales sur les satellites et les antennes des stations terriennes ainsi qu'une présentation de réseau VSAT, ses topologies et les services offerts par la technologie.

Chapitre II : description de la technologie iDirect et les améliorations apportées pour le lien satellitaire, un aperçu sur les équipements iDirect et les logiciels utilisés pour la configuration et la surveillance afin de garantir un réseau opérationnel.

Chapitre III : la Voix IP et son apport par rapport au réseau téléphonie classique. Présentations des équipements et l'architecture d'un réseau Voix IP, ainsi que les différents protocoles utilisés pour sa mise en œuvre.

Chapitre IV : Présentation d'un cas pratique par l'installation d'un réseau VSAT/iDirect et l'implémentation d'un service VoIP. Le travail a été accompli en 4 étapes :

INTRODUCTION GÉNÉRALE

1. Pointage de deux antennes VSAT.
2. Création et configuration de deux routeurs satellite iDirect au niveau du HUB.
3. Création et configuration de deux téléphones IP (IPphones) au niveau d'un gestionnaire d'appels (Call Manager).
4. Mise en marche du réseau et tests d'appels VoIP entre les 2 IPphones.

ORGANISME D'ACCUEIL

PRÉSENTATION :

Opérateur historique de télécommunications, ALGERIE TELECOM a plus de 30ans d'expérience et de présence sur le territoire national dans le domaine des télécommunications par satellite. En juillet 2004, ALGERIE TELECOM SATELLITE (ATS) acquière un statut de direction générale en attendant sa filialisation.

Le 29 JUILLET 2006 la filiale dénommée « ATS ReVsat » est créée sous la présidence de Mr MAACHE MAHIEDDINE en qualité de Président Directeur Général ; cet évènement qui constitue un des axes les plus importants de la stratégie globale de développement d'ALGERIE TELECOM a été célébré sous le haut patronage de Monsieur le Ministre des technologies de l'information et de la communication.

Le satellite, instrument privilégié des télécommunications, a permis le développement de divers services spécialisés parmi lesquels le service « VSAT » (Very Small Aperture Terminal) destiné principalement aux entreprises cherchant à relier des sites dispersés géographiquement.

Cette technologie constitue l'activité principale d'Algérie Telecom Satellite qui dispose de compétences techniques et managériales capable d'assurer les études, les installations et l'administration dans le développement de leurs réseaux.

L'organisation de « ATS » comprend une Direction Générale avec six Directions Centrales autour d'une Direction Générale et sept Directions Régionale (ALGER, ORAN, OUARGLA, BECHAR, SETIF, CONSTANTINE et ANNABA) ainsi qu'un téléport à LAKHDARIA.

MISSION :

Soucieuse à participer à l'émergence d'une société tournée vers le futur, ALGERIE TELECOM SATELLITE entend profiter des plus récentes retombées des technologies de l'information et de la communication. Ouvrant les portes de ce futur, la solution satellite permet de faire évoluer les systèmes d'information, de communication et de transmission de données à faible, moyen et haut débit.

ALGERIE TELECOM SATELLITE accompagne les entreprises et administrations dans le développement de leurs réseaux. Ses objectifs sont les suivants :

- ❖ Assurer en permanence le recueil des indicateurs permettant de mesurer la qualité du service afin d'améliorer la satisfaction des clients,
- ❖ Anticiper, cerner et suivre l'évolution de la demande du marché,
- ❖ Initier l'acquisition et l'adjonction de technologies nouvelles en réponse aux besoins de la clientèle, à partir de la demande du marché et de la veille technologique.

ORGANISME D'ACCEUIL

- ❖ Promouvoir, commercialiser, assurer le service après vente et la mesure de la satisfaction clientèle.
- ❖ Etablir, développer, exploiter les réseaux de télécommunications par satellite (Intelsat, Inmarsat, VSAT, GMPCS ...) dans le respect des normes et des règles internationales,
- ❖ Le transport et l'acheminement des communications nationales et internationales dans le respect des règles définies par le règlement international des télécommunications ainsi que par les accords internationaux dans le cadre des accords d'exploitation avec les fournisseurs de services et les organisations internationales de communication par satellites (GMPCS, Intelsat, Inmarsat, Arabsat, UIT).

SOLUTION :

ALGERIE TELECOM SATELLITE met à la disposition de ses clients un système de communication fiable et une équipe technique compétente pour assurer l'étude, l'installation et le service après vente de ses solutions :

❖ VSAT :

Le besoin de connexions bidirectionnelles haut débit (Internet, transfert de grandes quantités de données, réseaux VPN, ...) se fait de plus en plus pressant, aussi bien dans les pays développés, notamment en milieu rural, que dans les pays en développement, dont les infrastructures de télécommunication au sol sont peu développées, en complément des solutions sol (réseau téléphonique, câble en fibre optique, réseau radio) quand elles existent, ou comme solution de base lorsqu'il serait trop coûteux d'installer des infrastructures câblées.

« VSAT » fait référence à des terminaux d'émission/réception sur différents sites connectés à un téléport par le biais d'un satellite géostationnaire et utilisant des antennes de petit diamètre (0.6 à 3.8m). Cette technologie est une solution économique pour des entreprises cherchant à relier des sites dispersés géographiquement, plusieurs solutions existent :

- **iDirect** : la solution de type « IPoVSAT » de « iDirect » est basée sur l'expérience Schlumberger dans le monde des services pétroliers.
- **SCPC système symétrique** : solution utilisée depuis plusieurs années en Algérie, d'une grande fiabilité et d'une grande facilité d'utilisation puisqu'elle offre des accès de téléphonie en « SCPC » et les transmissions de données.
- **DVB-RCS** : une norme qui permet une connexion bidirectionnelle à haut débit, elle offre les services suivants : l'accès Internet à haut débit, la téléphonie sur IP (Voice over IP), la vidéoconférence, le transfert de données, la télémédecine, le téléenseignement, les réseaux privés, l'accès au VPN ou réseaux privés virtuels.

ORGANISME D'ACCUEIL

❖ GMPCS

- THURAYA : le mobile satellitaire permet une couverture des 2/3 du globe, (Téléphonie, télécopie, SMS, transfert de données).

❖ GPS

- SVTS : un système qui assure la visualisation, localisation et la gestion de toute une flotte de véhicules.

❖ INTERCONNEXIONS

- **INTELSAT** : pour les régions de l'Océan Atlantique et l'Océan Indien.
- **ARABSAT** : pour les pays arabes ;
- **DOMSAT** : avec plus de 40 stations terriennes numérisées sur le territoire national.
- **TELEGLOB**: pour le Canada.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

Introduction :

Le monde d'aujourd'hui est animé par un besoin croissant de communication entre les individus. Cette communication a commencé par voie terrestre et a conduit par la suite à un développement des artères filaires. Puis l'évolution des nouvelles technologies a amené aux satellites.

Les réseaux satellitaires aujourd'hui sont encore méconnus, bien qu'ils soient déjà utilisés dans de nombreux domaines.

Ce chapitre présente quelques notions clés sur cette technologie.

I. Réseaux satellites :

Un réseau satellite est un système et ensemble d'équipements de télécommunication par satellite mettant en œuvre un réseau de stations terriennes.

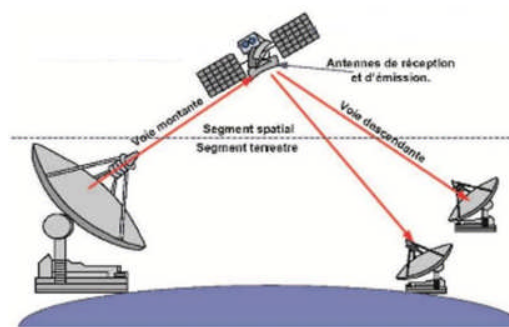


Figure I.1 : Architecture d'un système de communication par satellite.

Une liaison satellitaire typique est essentiellement composée de trois segments :

- La station spatiale (le satellite) ;
- La station terrienne émettrice et le support en liaison montante ;
- Le support en liaison descendante et la station terrienne de réception

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

I.1. La station spatiale :

I.1.1. Définition d'un satellite :

Le satellite est un corps céleste qui tourne autour d'un autre corps de masse nettement supérieure.

Le satellite de télécommunication : [1]

C'est un relais hertzien entre différents récepteurs terrestres. Le satellite de télécommunication est un engin spatial dans lequel sont embarqués des équipements électronique de télécommunication.

Le rôle du satellite n'est pas la compréhension des données, il est de :

- Capter les ondes porteuses en prévenance des stations terriennes.
- Filtrer, transformer à une fréquence différente et amplifier les signaux RF (radio fréquence) reçus.
- Réémettre les porteuses RF vers la station terrienne destinataire.

I.1.2. Architecture d'un satellite de télécommunication:

Il n'existe pas, à priori, de configuration type pour les satellites. Cependant, il peut être décomposé en deux sous parties : La charge utile et la plate-forme.

Voir ci-dessous la **Figure I.2** qui illustre l'architecture d'un satellite: [2]

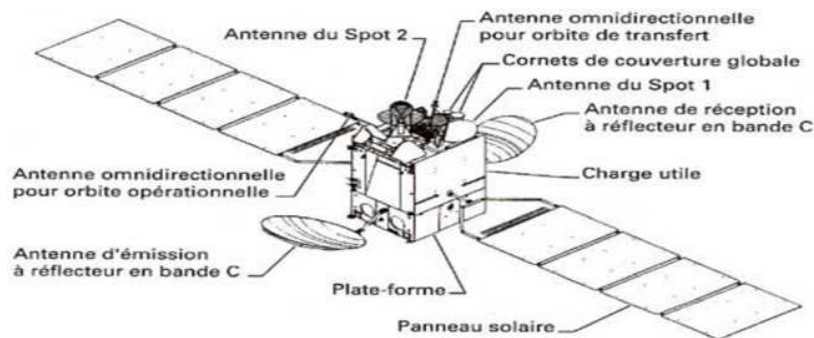


Figure I.2 : Architecture d'un satellite.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

La charge utile :

C'est la charge correspondante aux instruments nécessaires servant à l'observation, à la communication ou à toute autre fonction utile. Elle varie en fonction du type de satellite :

- Caméra ou radar pour un satellite d'observation ;
- Télescope pour un satellite d'observation astronomique ;
- Transpondeurs pour un satellite de télécommunications.

Transpondeur [3] :

Un transpondeur (répéteur) ou aussi appelé répéteur satellite. C'est un élément fondamental sur un satellite. Il reçoit un signal sur un canal bien déterminé, modifie sa fréquence et réémet ce signal avec des paramètres différents. Un satellite dispose de plusieurs transpondeurs travaillant à des fréquences différentes. Chaque transpondeur traite une plage définie de fréquences (appelée aussi largeur de bande) centrée sur une fréquence donnée. Un changement de fréquence est opéré par le répéteur sur le signal venant de la Terre où une fréquence générée par un oscillateur local (LO ou Local Oscillateur) est soustraite avant son amplification, et sa réémission vers la Terre.

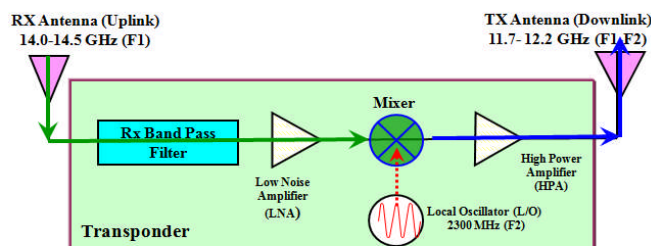


Figure I.3 : diagramme d'un transpondeur.

Les satellites (transpondeurs) emploient un faisceau concentré pour donner un signal plus fort au-dessus d'une plus petite zone de la terre. Cette zone est appelée l'empreinte de pas du satellite ou zone de couverture. (Figure I.4).

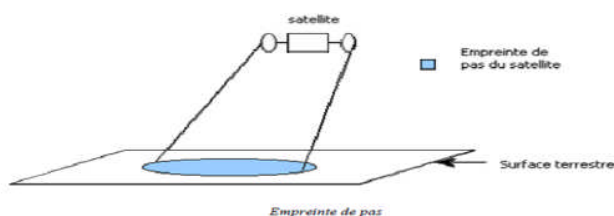


Figure I.4 : L'empreinte de pas d'un satellite.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

Cette surface de la terre éclairée par un satellite est matérialisée par des courbes d'intensité d'égale puissance **PIRE** (**P**uissance **I**sotrope **R**ayonnée **E**quivalente).

La PIRE représente la puissance qu'il faudrait donner à une antenne isotrope théorique pour qu'elle rayonne la même puissance que ce système antenne / câble / amplificateur.

Elle détermine le rondement de la liaison montante de fréquence radio. Sa valeur est exprimée en Dbw (décibel watt). Elle permet de dimensionner la performance d'une antenne satellite.

Exemple de la puissance PIRE des satellites : Arabsat (sur la gauche de la **figure I.5**) et intelsat901 (sur la droite de la **Figure I.5**) :

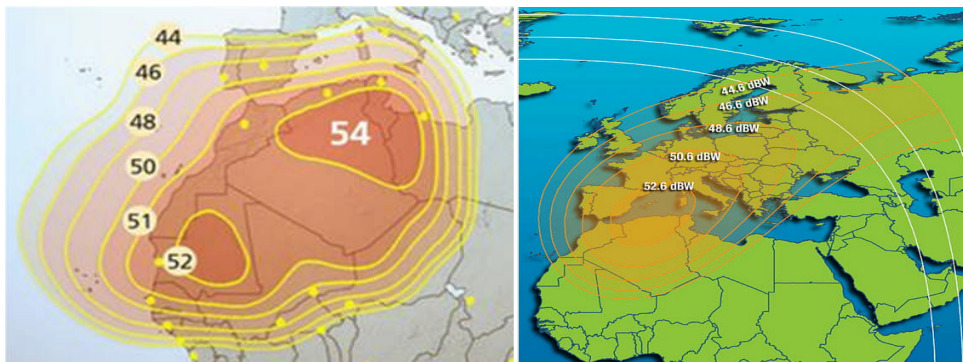


Figure I.5 : Les courbes d'intensité iso-pire d'Arabsat et intelsat901.

La plate-forme :

C'est elle qui supporte la charge utile et qui lui fournit les ressources dont elle a besoin pour son fonctionnement (alimentation...), maintient le satellite sur son orbite selon l'orientation demandée.

Elle comporte plusieurs sous ensembles :

- La structure du satellite ;
- Le système de production de l'énergie ;
- Le système de contrôle thermique ;
- Le système de contrôle d'attitude et d'orbite (SCAO) ;
- La gestion du bord qui pilote le fonctionnement du satellite ;
- Le système de propulsion.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

La structure du satellite :

La tenue mécanique du satellite est assurée par sa structure. Celle-ci supporte les principaux sous-ensembles fonctionnels du satellite. Elle assure également l'interface mécanique avec le lanceur.

La production de l'énergie :

Le satellite doit disposer d'énergie électrique (généralement fournie par des panneaux solaires) pour le fonctionnement de la charge utile et de la plate-forme. Les besoins en énergie électrique varient en fonction de la taille des satellites et du type d'application.

Le système de contrôle thermique :

Ce système doit maintenir la température des composants du satellite dans une plage de valeurs qui est souvent proche de celle rencontrée sur terre (environ 20 °C).

Le système de contrôle d'attitude et d'orbite (SCAO) :

Les instruments du satellite, pour pouvoir fonctionner correctement, doivent être en permanence pointés avec une bonne précision.

La gestion du bord :

Pilote le fonctionnement du satellite. Elle regroupe différents sous-systèmes. Le système de télécommande et de télémétrie :

Les fonctions de télécommande (sol \Rightarrow satellite) reçoivent et décodent les instructions ou données envoyées par le centre de contrôle et en assure la distribution aux autres sous-systèmes.

Les fonctions de télémétrie (satellite \Rightarrow sol) recueillent les données du satellite portant sur le fonctionnement du satellite (les données issues des instruments après compression) les transmettent au centre de contrôle lorsque les stations sont en visibilité.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

Le système de propulsion :

Remplit plusieurs missions :

- il assure le transfert du satellite depuis son orbite d'injection vers son orbite définitive ;
- il corrige les modifications de l'orbite induites par les perturbations naturelles
- il corrige l'attitude (orientation) du satellite si son maintien n'est pas réalisé par un autre dispositif ;
- il permet les changements d'orbite prévus dans le cadre de la mission de certains satellites scientifiques.

I.1.3. Les différentes orbites des satellites [4,5]:

L'orbite : est une trajectoire courbe d'un corps céleste. Les orbites des satellites terrestres peuvent avoir de nombreuses formes et orientations : certaines sont en forme d'ellipse très allongée d'autres circulaires.

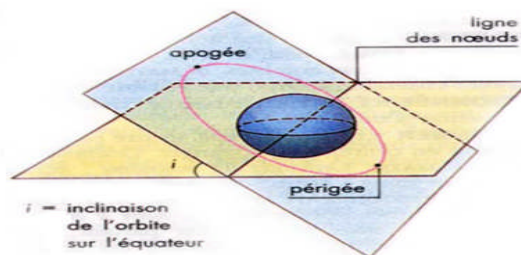


Figure I.6 : Apogée, périgée et inclinaison.

Définitions :

Périgée : le point de l'orbite le plus proche au centre de la terre, la vitesse du satellite à ce point est la plus rapide.

Apogée : le point de l'orbite le plus éloigné au centre de la terre, où la vitesse du satellite est la plus lente.

Inclinaison : Réfère à l'inclinaison de l'orbite d'un satellite artificiel de la Terre est l'angle entre le plan de l'orbite et le plan équatorial.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

I.1.3.1. Classification des orbites [6]:

Les orbites sont classifiées par altitude en orbite:

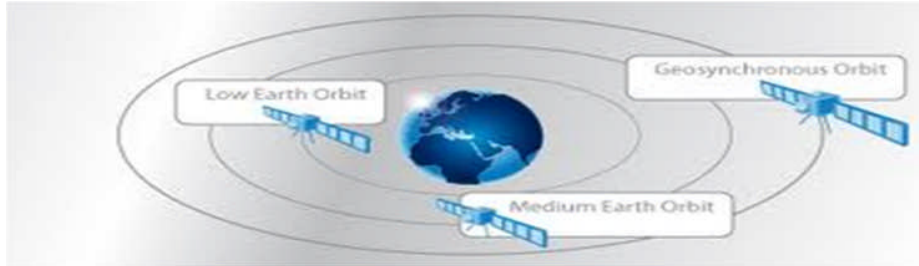


Figure I.7 : Classification des orbites.

Les orbites LEO (Low Earth Orbit):

Correspondent à des satellites évoluant en orbite basse de 700 à 1500 km. L'avantage de ces systèmes est le temps de propagation très court, typiquement 10 ms de temps de propagation pour un satellite à 1500 km d'altitude.

Les orbites MEO (Medium Earth Orbit):

Correspondent à des satellites évoluant sur l'orbite médiane de 5000 à 15000 km avec une durée de révolution de 12 heures. Les signaux envoyés par le satellite peuvent être reçus sur une grande partie de la surface du globe terrestre. C'est l'altitude retenue pour les satellites de navigation comme le système GPS.

Les orbites GEO (Geostationary Earth Orbit):

La **figure I.8** désigne les caractéristiques d'une orbite Géostationnaire:

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

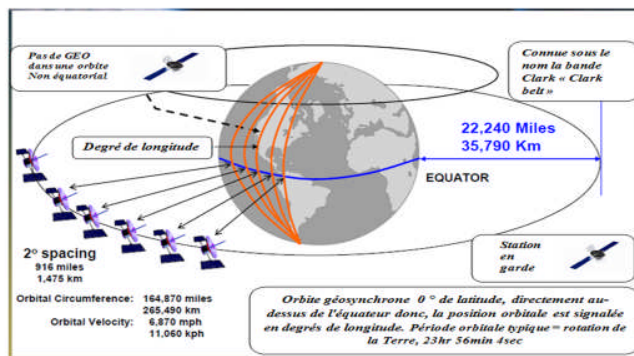


Figure I.8: Caractéristiques de l'orbite Géostationnaire.

Les orbites GEO sont placées au-dessus de l'équateur à 35 786 km d'altitude, les satellites à ce niveau font leurs révolution pendant 23 heures 56 minutes et 4 secondes, durée qui correspond à la période de rotation de la Terre. Ils se déplacent dans le même sens et à la même vitesse angulaire que le globe, ils apparaissent ainsi immobiles depuis le sol et peuvent couvrir d'environ 42% de la surface de la Terre donc trois satellites géostationnaires suffisent pour l'ensemble de la surface du globe.

L'avantage de cette orbite est que le satellite à son niveau reste fixe par rapport à la terre, donc il ne nécessite pas de poursuite au moyen d'une antenne mobile au sol. Ce point a fait de cette orbite l'orbite parfaite pour **les satellites de télécommunications** et pour certains satellites d'observation (météo) qui doivent couvrir une zone fixe. Son inconvénient est le temps de propagation qui fait environ 240 ms pour un aller retour.

La **Figure I.9** montre le temps de la latence terre orbite géostationnaire :

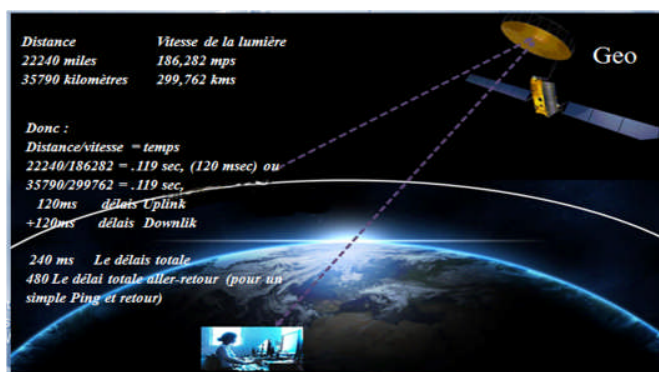


Figure I.9 : Délai de propagation terre satellite GEO.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

I.2. Station terrienne :

Les stations terriennes sont des antennes (L'antenne est un élément incontournable disposant d'un réflecteur paraboloidal). Leur rôle est de recevoir les signaux en provenance des satellites et les concentrer vers des convertisseurs.

I.2.1.Types d'antennes :

On peut les classifier selon la taille en :

- Grandes stations terrestres – antenne approximativement 15 à 33 mètres
- Moyennes stations terrestres – antenne approximativement 7 à 15 mètres
- Petites stations terrestres – antenne approximativement 3 à 7 mètres
- Terminaux de Très Petites Ouvertures (VSAT) – antenne approximativement 0,6 à 3 mètres.

Un réseau satellite peut être constitué de n'importe quelle antenne parmi les quatre présentées là-dessus mais notre travail concerne l'antenne « VSAT », élément de base- du réseau VSAT.

I.2.2. Antenne VSAT : [1, 7]

Une antenne « VSAT » est constituée essentiellement de deux parties :

- Unité extérieure (ODU: Out Door Unit).
- Unité intérieure (IDU : In Door Unit).

I.2.2.1. ODU (Out Door Unit):

Cette unité renferme le réflecteur, le « BUC » (Block Up Clock), le « LNB » (Low Noise Block), le cornet d'alimentation et le guide d'ondes.

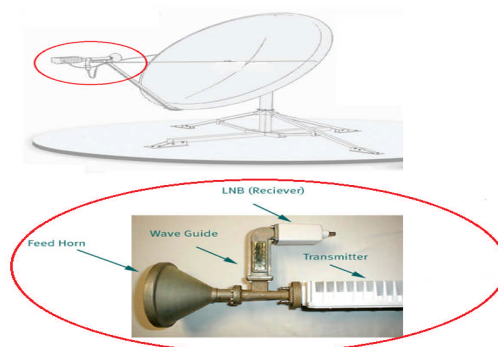


Figure I.10: Antenne VSAT et ses composantes.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

Le réflecteur :

Le réflecteur parabolique est chargé de concentrer les ondes reçues ou émises (faisceaux hertziens) vers l'antenne-source, qui se situe au foyer de la parabole,

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 des angles établis appelés **azimut et élévation**.

L'azimut est un angle dans le plan horizontal (gauche et droite) 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. l'élévation : correspond à l'angle dans le plan vertical (haut et bas).

Cornet d'alimentation (Feedhorn) :

Le cornet est un dispositif qui transmet des ondes radio entre l'émetteur (BUC) ou le récepteur (LNB) et le réflecteur. En émission il diffuse les signaux du BUC à l'ensemble de l'antenne, ce qui les concentre en un faisceau ; en réception il recueille les signaux au foyer de la parabole et les fait passer à la LNB.

Guide d'onde (wave Guide):

Le guide d'onde permet de transporter les ondes collectées par le réflecteur jusqu'au système qui les transformera pour être diffusées sur un support guidé (IFL (Inter-Facility Link), etc.)

BUC (Block Up Converter) :

Le BUC est utilisé dans la transmission (Uplink) des signaux du satellite. Il convertit une bande (ou "block") de fréquence d'une basse fréquence à une fréquence plus élevée, et ça en lui ajoutant une fréquence « LO » (Local Oscillateur) ; varie d'un BUC à un autre selon la bande de fréquence sur laquelle il opère.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

LNB (Low Noise Block):

Nommée aussi tête de réception ou convertisseur, c'est un élément actif d'une antenne parabolique. Son rôle est de convertir les signaux électromagnétiques ou radio en signaux électriques.

Les signaux reçus sont transmis du réflecteur vers le LNB. Ce dernier comprend un oscillateur local qui s'occupe du changement des fréquences. Il soustrait une fréquence dite Fréquence de l'Oscillateur Local de la bande reçue pour avoir la bande appelée la BIS (Bande Intermédiaire Satellite) ou la bande L ; situé entre 950Mhz et 1750Mhz, elle est beaucoup plus simple à transmettre sur des câble. Ces signaux reçus sont finalement amplifiées pour les renforcer et les protéger des parasites.

I.2.2.2. IDU (In Door Unit) :

Indoor unit ou l'unité intérieur renferme les terminaux d'usager.

Le tuner (Modulateur-Démodulateur ou MODEM) :

Le modem a pour fonction principale de transformer une entrée numérique (donnée codée) en un signal radio et vice versa.

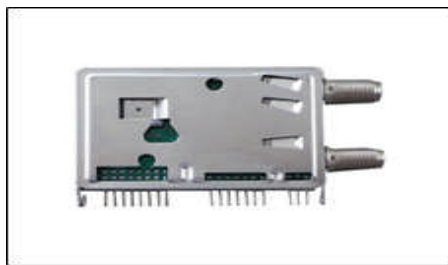


Figure I.11 : Le TUNER satellite.

C'est l'équipement qui se trouve à la portée de l'utilisateur, ce dispositif est capable de traiter les signaux captés par une antenne parabolique. Il reçoit un signal modulé en hautes fréquences et le transforme en informations basses fréquences. Le tuner permet le traitement de l'information d'une façon qu'elle soit lue par un ordinateur (en émission, l'opération est inversée).

I.2.2.3. Les câbles “IFL” (Inter-Facility Link):

Les câbles coaxiaux (« IFL ») Connectent le « ODU » (Out Door Unit) au « IDU » (In Door Unit)

Deux types de câbles coaxiaux sont utilisés le RG 6 et le RG 11 comme le montre la **Figure I.12**:



Figure I.12: les câbles IFL.

La longueur du câble ne devrait pas dépasser les 30 mètres pour un câble du type RG 6. Pour les plus longues distances on utilise le RG 11.

L'antenne VSAT est caractérisée par son facteur de mérite.

Le facteur de mérite : C'est une propriété des antennes, elle caractérise la performance d'une station de réception. Aussi connue sous le nom de « Mérite ». C'est un ratio de la puissance d'amplification dans une antenne sur le bruit du signal, plus il est élevé meilleure est l'antenne.

- *La puissance d'amplification ou le Gain d'antenne :* est une grandeur qui traduit comment l'énergie micro-onde reçue d'un satellite est concentrée au foyer du réflecteur.
- *Le bruit du signal :* Ce caractérise par les perturbations qui limitent les performances d'un système de communication.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

II. La Radio Fréquence :

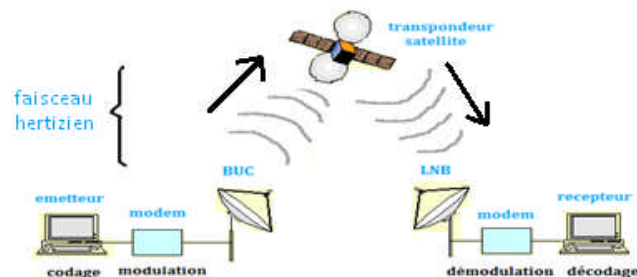


Figure I.13: Transmission entre deux stations VSAT.

La transmission d'un signal au contenu informatif important (voix + son + image) se fait par l'intermédiaire d'une bande de fréquence. Les fréquences de télécommunication se situent principalement dans six bandes de fréquence désignées par des lettres. Elles sont le plus souvent comprises entre 1 et 30 GHz. [6]

Des canaux à l'intérieur des bandes sont alloués à chaque système utilisateur. L'attribution des bandes de fréquence montantes et descendantes se fait de façon normalisée par l'UIT (Union Internationale des Télécommunications) en fonction du type de service proposé, et doit être coordonnée entre les opérateurs pour éviter les interférences entre satellites.

II.1. Bandes de fréquences [7]:

Parmi les bandes de fréquences mises en œuvre on citera :

Bandes	Lien montant(en GHz)	Lien descendant(en GHz)
C	5,725 à 6,725	3,4 à 4,5
Ku	14 à 14,5	11,7 à 12,2
Ka	27,5 à 30,5	17,7 à 21,7
L	1,62 à 1,65	1,52 à 1,55

Tableau I.1 : Les bandes de fréquences usuelles.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

La bande C :

Deux plages de fréquences sont définies dans cette bande, la plus basse pour le trafic descendant (satellite-terre) compris entre 3.4 et 4.5Ghz, la plus haute pour le trafic montant (terre-satellite) compris entre 5.725 et 6.725Ghz.

La puissance d'émission, qui lui est généralement associée, est relativement faible. Elle nécessite donc des paraboles de grande taille pour la réception (de 2,5 à 3 mètres de diamètre). Cependant la bande C est moins sensible à la pluie. Elle est utilisée pour les communications civiles internationales et nationales.

La bande Ku :

La bande Ku (Kurtz-unten) est la partie du spectre électromagnétique définie par la bande de fréquence micro-ondes de 11,7 GHz à 12,2 GHz en réception et de 14 GHz à 14,5 GHz en émission. C'est la plus employées de toutes les bandes de fréquences.

Elle est attribuée au service de radiodiffusion par satellite (services de télévision, de radio et données informatiques). Cette bande est la plus répondue, du fait de la petite taille des paraboles nécessaires à sa réception, mais elle reste plus atténuée par les perturbations pluie.

La bande Ka :

La bande Ka (Kurtz above) s'étend en émission entre 27,5 GHz et 30,5 GHz et en réception entre 17,7 GHz et 21.7 GHz. Elle est utilisée pour les télécommunications spatiales.

La bande L :

Est la partie du spectre électromagnétique défini par les fréquences de 1,62Ghz à 1,65Ghz en émission. Et 1,52Ghz à 1,55Ghz en réception.

Elle est utilisée pour le service mobile par satellite. Ces bandes de fréquences sont principalement destinées à des satellites à défilement en orbite basse.

Pour densifier l'utilisation de la bande passante on a recours à la polarisation. Cette fonction permet l'utilisation de la bande de fréquence en même temps par plusieurs utilisateurs en changeant le mode de polarisation.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

II.1.1. La polarisation :

L'onde électromagnétique émise par une antenne est composée d'une variation du champ électrique \vec{E} et du champ magnétique \vec{H} ayant des axes orthogonaux (à 90 degrés l'un de l'autre).

La polarisation d'une antenne émission est indiquée par la direction du vecteur de son champ E par rapport au sol (la terre). La définition est étendue à l'antenne de réception, supposée émettrice.

La polarisation a deux types, la polarisation linéaire et la polarisation circulaire.

II.1.1.1. La polarisation linéaire:

Si au cours de la propagation de l'onde électromagnétique, le vecteur \vec{E} ne change pas de direction, nous disons que nous avons une polarisation linéaire.

L'angle que fait la direction du vecteur \vec{E} avec le sol peut avoir n'importe quelle valeur, dont certaines particulières :

0° = polarisation **H**orizontale ;

90° = polarisation **V**erticale.

C'est au niveau de la tête de la parabole (LNB) que s'effectue la séparation des ondes suivant leur polarisation horizontale ou verticale.

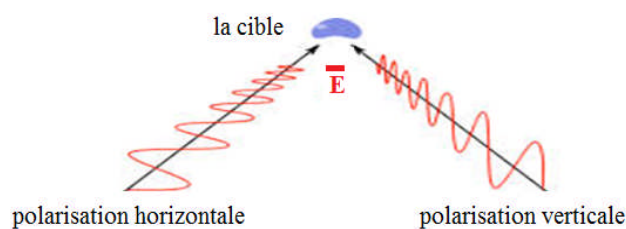


Figure I.14 : Les deux modes de polarisation linéaire.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

Il y a aussi la polarisation "oblique". Une onde à polarisation oblique peut être décomposée en deux ondes, l'une en polarisation **H** et l'autre en polarisation **V**.

II.1.1.2. Rassemblement linéaire d'une alimentation VSAT:

C'est le rassemblement des composants de l'antenne (BUC, LNB, guide d'onde) qui spécifie le mode de polarisation.

OMT (Orthogonal Mode Transducer) : c'est l'équipement responsable de la combinaison et la séparation entre deux signaux orthogonaux en polarisation linéaire (Horizontal et Vertical).

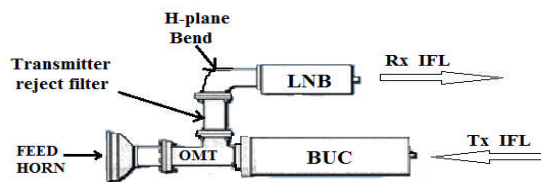


Figure I.15 : Rassemblement linéaire.

II.1.1.3. La polarisation circulaire:

Si au cours de la propagation de l'onde, le vecteur \vec{E} change de direction en synchronisme avec la longueur d'onde, nous disons que nous avons une polarisation circulaire.

La polarisation circulaire peut être "droite" ou "gauche" selon le sens de l'enroulement autour de l'axe de propagation du signal (dans le sens des aiguilles d'une montre ou inversement).

La **figure I.16** illustre ce mode de polarisation:

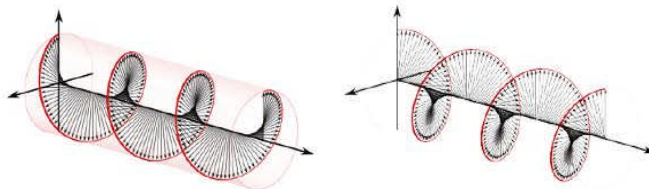


Figure I.16 : La polarisation circulaire à gauche et à droite.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

II.2. Le multiplexage (technique de partage du support) [8]:

La communication entre une station terrestre et son satellite se fait en full duplex, c'est à dire dans les deux sens à la fois. Ceci est permis grâce à l'utilisation de deux fréquences différentes: une pour le flux montant (station terrestre → satellite) et une pour le flux descendant (sens inverse).

Cependant, beaucoup de clients peuvent communiquer avec le satellite, et si certains utilisent les mêmes fréquences, alors il ne doit pas y avoir d'interférence de signaux.

On appelle ces techniques les méthodes d'accès multiples au support ou multiplexage qui consiste à faire passer plusieurs informations à travers un seul support de transmission (faisceau hertzien).

Il en existe un certain nombre, mais voici celles que l'on retrouve dans les communications satellites:

II.2.1. Les méthodes d'accès FAMA (Fixed Assignment Multiple Access):

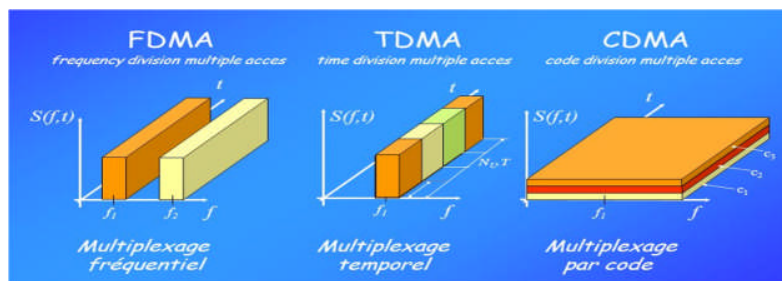


Figure I.17 : Les techniques fixes du partage de support.

FDMA (Frequency Division Multiple Access): Cette méthode divise la bande de fréquence de communication en plusieurs sous-bandes de fréquences, chacune étant associée à un client. Chaque sous-bande de fréquence est occupée par une porteuse mono-voie, l'accès est appelé Single Channel Per Carrier (« SCPC »), ou multi-voie, l'accès est appelé Multiple Channel Per Carrier (« MCPC »).

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

TDMA (Time Division Multiple Access): Technique actuellement la plus utilisée. Le canal est découpé en slot de temps, chaque slot étant associé à un client.

CDMA (Code Division Multiple Access): C'est une méthode qui permet de transmettre plusieurs signaux simultanément à travers la même fréquence de porteuse. Et donc plusieurs utilisateurs peuvent utiliser le même canal pour leur transmission.

« CDMA » applique une séparation par code, où le code est utilisé pour distinguer différents utilisateurs qui peuvent transmettre en même temps.

II.2.2. Les méthodes d'accès aléatoire (Random Access):

Ces méthodes permettent l'utilisation du canal à n'importe quel moment. S'il y a collision avec un autre client, différents algorithmes sont appliqués:

- Aloha: Lors de la détection de la collision (long pour les communications satellites, un aller-retour entre station terrestre et le satellite), chaque client attend un temps aléatoire donné et tente de réémettre.
- S-Aloha: Identique à la méthode précédente, mais l'envoi ne peut se faire que dans des slots de temps prédéterminés à l'avance.

II.2.3. Les méthodes de réservation de paquets:

Elles permettent, de manière explicite ou implicite, de réserver un canal de communication à l'avance pour permettre une émission de données sans collisions. Il existe souvent un canal spécial dédié à la réservation.

Dans les communications par satellites, on retrouve trois méthodes d'accès qui sont fréquemment utilisées:

- S-Aloha pour des débits faibles
- Réservation par paquet pour des débits moyens
- TDMA pour les débits maximum

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

II.3. Le codage :

Le codage des signaux est la première étape dans la préparation à la communication. Par symétrie, la phase de décodage des signaux est la dernière étape.

Le codage est l'adaptation du signal au support de transmission (câble coaxial, fibre optique, liaison satellite...etc.). C'est l'opération qui consiste à représenter les différents symboles binaire (0 et 1) par des tensions électriques. En transmission satellite les codages utilisés : NRZ (No Return to Zéro), le Delay Mode (plus couramment appelé code de Miller), Manchester et Manchester différentiel.

II.4. La modulation-démodulation [9,10]:

En télécommunications, le signal transportant une information doit passer par un moyen de transmission entre un émetteur et un récepteur. Le signal est rarement adapté à la transmission directe par le canal de communication choisi (hertzien), il a besoin d'être modulé.

La modulation consiste à créer un signal sinusoïdal (porteuse). Ce dernier est modulé par la variation des niveaux binaires de l'information à transporter pour en obtenir un signal sinusoïdal en sortie (signal modulé).

Les types de modulation :

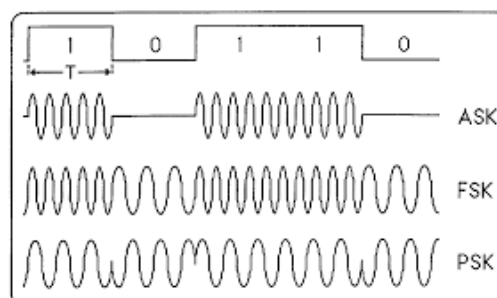


Figure I.18: les techniques de modulation.

L'opération inverse de la modulation c'est la démodulation, cette dernière est effectuée à la réception du signal.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

II.4.1. Modulation de fréquence ou FSK (Fréquence Shift Keying) :

En modulation de fréquence, les niveaux logiques sont représentés par la variation de la fréquence de la porteuse. La modulation FSK est utilisée pour des transmissions à faible débit sur le réseau téléphonique commuté (RTC) ou dit réseau téléphonie fixe.

II.4.2. Modulation de phase ou PSK (Phase Shift Keying) :

La modulation de phase associe à un niveau logique une valeur de la phase de la porteuse. La vitesse peut être facilement augmentée en utilisant un codage des données binaires sur :

- 2bits : On a alors un signal à 4 niveaux différents ou quadrivalent (chaque niveau correspond à une combinaison possible de deux bits) il lui correspond alors 4 phases différentes (modulation QPSK).
- 3 bits : On a alors un signal à 8 niveaux différents il lui correspond 8 phases (modulation 8PSK).

Ou plus de bits sans augmentation de la fréquence de la porteuse.

II.4.3. Modulation d'amplitude ou ASK (Amplitude Shift Keying) :

La modulation d'amplitude s'applique en faisant varier l'amplitude du signal porteuse en fonction des bits de données.

II.4.4. Modulation QAM (Quadrature Amplitude Modulation) :

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.

III. La technologie VSAT : [11]

« VSAT » (Very Small Aperture Terminal) est une technique de transmission fiable de données (texte, voix, et vidéo) qui utilise des satellites en orbite géostationnaire autour de la terre. Elle utilise des antennes de réception et de transmission de petites tailles qui varient, en fonction des fréquences, de 0,9 à 2,4 mètres. Cette technologie utilise généralement des bandes de fréquences de type Ku ou de type C.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

III.1. Le réseau VSAT :

Le réseau VSAT est composé généralement d'une station centrale appelée HUB et de plusieurs station VSAT situées en périphérie gérées par la station centrale.

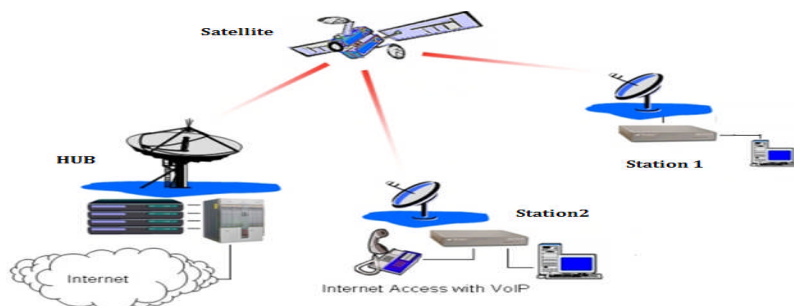


Figure I.19 : Architecture d'un réseau VSAT.

III.1.1. Les stations VSAT :

Renferme l'unité extérieure (« ODU ») et l'unité intérieure (« IDU ») définies en section I.2.1.1.

III.1.2. La station centrale ou HUB :

C'est le point le plus important du réseau, c'est par lui que transitent toutes les données qui circulent dans le réseau.

La station HUB gère toutes les méthodes d'accès au support de communications afin d'éviter d'éventuelles collision entre les signaux. De par son importance, sa structure est conséquente: une antenne entre 5 et 7 mètres de diamètre à fort gain et plusieurs baies remplies d'appareils.

III.2. Topologie d'un réseau VSAT :

Le recours à l'une ou l'autre topologie dépend de la taille du réseau (nombre de terminaux), et des services proposés.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

III.2.1. Topologie point à point « SCPC » (Single Channel Per Carrier) :

Une liaison point -à-point satellite fournit un lien direct entre deux sites, qui sont situés dans la même zone de couverture satellitaire. Ces réseaux soutiennent facilement la voix, la vidéo et les transmissions de données.

Les liens « SCPC » offrent une connectivité sécurisée et fiable avec une bande passante dédiée optimisée pour la performance applicative.

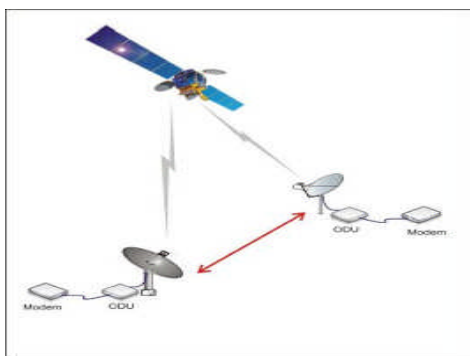


Figure I.20 : Topologie point à point.

III.2.2. Topologie en étoile (Star) :

L'architecture d'un réseau en étoile comporte deux éléments : le Hub et les stations distantes. Les stations distantes n'étant pas en mesure de communiquer entre elles, il importe donc de doter le Hub d'une antenne à fort gain pour amplifier et relier le trafic d'un VSAT à un autre.

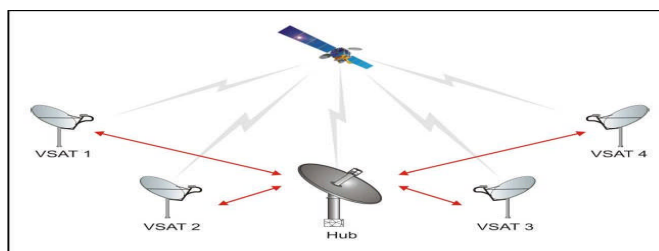


Figure I.21 : Topologie en étoile.

Un des inconvénients de cette architecture est justement l'importance critique que revêt la station centrale (HUB). En effet, une panne à ce niveau peut entraîner un dysfonctionnement global du réseau.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

Une autre faiblesse est que dans le cas d'une communication inter-terminaux tels que la voix sur IP, l'impact du délai sur la qualité est doublement ressenti en raison du double bond (sol-satellite) effectué par le signal.

Dans cette topologie on définit deux liens :

- Lien montant ou « Upstream » : le lien entre le site distant →satellite →hub.
- Lien descendant ou « Downstream » : le lien entre HUB →satellite →site distant.

III.2.3. Topologie Mesh (maillée):

Dans cette topologie toute station est reliée à toute autre station avec une liaison point à point. La topologie maillée est mieux utilisé pour un groupe de VSAT qui a besoin d'avoir des applications en temps réel (la voix et la vidéo conférence) entre deux sites, pour éviter la latence créée par un double hop quand les communications passent par le téléport(hub). Avec cette topologie de grandes antennes sont nécessaires pour plus de puissance de transmission.

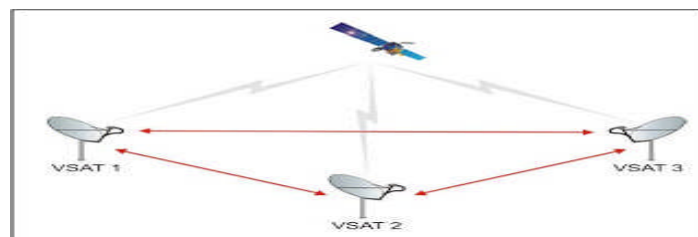


Figure I.22 : Topologie maillée.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

III.2.4. Topologie hybride :

La topologie hybride est une combinaison des topologies en étoile et maillée.

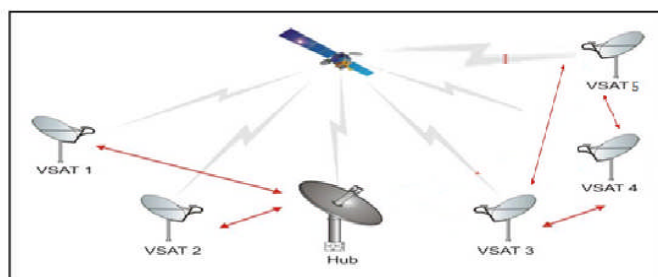


Figure I.23: Topologie hybride.

III.3. Gestion de la bande passante au niveau d'un réseau VSAT :

La gestion de la bande passante est un élément très important dans des liaisons satellites car ce média est encore relativement cher.

Certains types de liaisons comme la liaison point à point est un système où l'on ne peut gérer la bande correctement. Mais ce n'est pas le cas des systèmes « VSAT ». Comme seul le point central gère l'accès au segment satellite, il est capable d'optimiser la gestion de la bande par un double multiplexage temporel et fréquentiel.

Un schéma qui représente un segment spatial divisé en différents canaux est donné ci dessous. La taille des canaux est fixée selon les débits qui sont désirés sur les stations VSAT

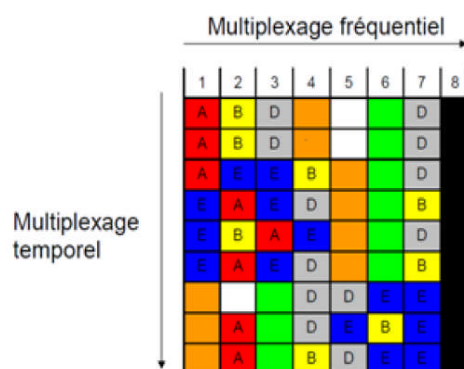


Figure I.24 : La gestion de l'accès à la bande passante VSAT.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

Dans le schéma ci-dessus, il y a huit canaux. Le dernier canal est un canal de signalisation qui permet aux stations de demander un canal au HUB pour envoyer des données et qui permet au hub de dire aux stations sur quel canal écouter pour recevoir des données.

Ce système permet ainsi une forte optimisation de la bande passante ce qui réduit le coût du segment spatial à louer.

III.4. Services offerts par « VSAT » :

« **VOIP** »: La « VoIP » (Voix sur Internet Protocole) permet d'exploiter des applications de communications unifiées afin d'améliorer la gestion des activités professionnelles des clients et de simplifier toutes les formes de communication, quel que soit l'emplacement géographique.

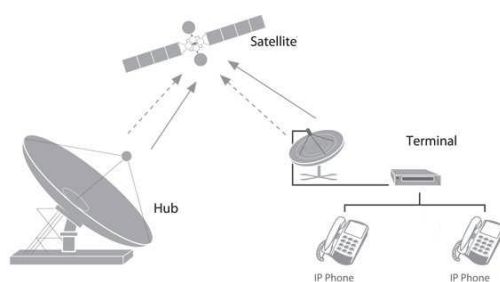


Figure I.25 : service VoIP par VSAT.

Visioconférence : On désigne par visioconférence, la combinaison de deux techniques ; la vidéophonie(ou visiophonie) et la conférence. Où la vidéophonie permet à deux interlocuteurs de se voir et dialoguer ; et la conférence multipoints, permet d'effectuer une réunion avec plus de deux terminaux (interlocuteur).

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

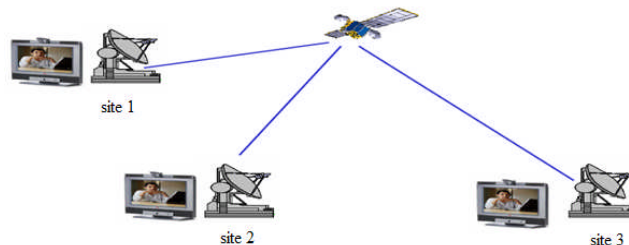


Figure I.26 : Service visioconférence par VSAT.

Un système de visioconférence permet:

- D'envoyer des images, du son et des données sans se déplacer,
- De partager des informations, des applications informatiques, des présentations PowerPoint, des images et des graphiques en les commentant,
- D'organiser des réunions avec le monde entier, sans restrictions.

Géolocalisation : Un VSAT assure la géolocalisation d'un objet(ou personne), elle consiste à calculer, grâce aux signaux émis par une constellation de satellites prévue à cet effet, la position actuelle sur la face terrestre d'un terminal équipé d'une puce compatible.

Internet haut débit :

Pour l'Organisation de coopération et de développement économiques (« OCDE »), un accès à internet à haut débit (ou accès à Internet à large bande ou « broadband ») est un accès à Internet à un débit supérieur à celui de l'accès par modem (soit 56 kilobits par seconde). L'Union internationale des télécommunications (« UIT ») préfère un débit supérieur ou égal à 256 kilobits par seconde.

Le VSAT a un débit soutenu intéressant en voie descendante (réception des données). Cette technologie est capable d'apporter des services multiples (images, voix, données) à haut débit.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

III.5. Avantages et limites des « VSAT » :

III.5.1. Les avantages des « VSAT » :

Accès dans des endroits éloignés : Un réseau VSAT peut transporter des données ainsi que des applications sensibles comme la voix et la vidéo dans des zones rurales , des navires et des régions côtières et des collines , etc.) ; Là où la connectivité terrestre est limitée.

Accès Internet : Un réseau VSAT peut fournir un accès Internet à des débits très élevé, et des services Internet à large bande. Surtout avec la prochaine vague, le lancement de satellites fonctionnant dans la bande Ka.

Déploiement rapide : Une fois que le satellite mis sur son orbite, le déploiement dans les locaux du client peut être fait (habituellement en heures) si le matériel est disponible, avec un minimum de formation. Le déploiement peut être effectué dans n'importe quelle région, indépendamment du lieu où il se trouve.

« VPN » (Virtual Private Network) : la possibilité de relier directement deux sites distants, en ajoutant des entêtes « VPN » et le chiffrement des données transmises entre deux sites ou plusieurs sites, est l'une des raisons pour laquelle les réseaux VSAT pouvaient trouver plus d'acceptation dans les entreprises.

Mobile Access : VSAT permet aux chaînes de télévision (par exemple) de faire leurs émissions de n'importe où, même quand elles sont en déplacement. Une autre application possible pourrait être l'accès Internet mobile, lors de déplacement.

Allocation de bande passante : Il est possible d'allouer la bande passante en fonction des applications individuelles, ceci pourrait être une fonctionnalité très utile pour les communications d'affaires, assurant que les applications critiques de l'entreprise ont toujours une certaine bande passante dédiée à travers les réseaux VSAT.

Évolutivité: Les réseaux VSAT peuvent être facilement et de manière rentable être mis à l'échelle pour accueillir plusieurs endroits à travers le monde. En fait, certains des plus grands clients de réseaux VSAT ont jusqu'à 10 000 sites sur un réseau unique.

CHAPITRE I : INTRODUCTION AU RÉSEAU VSAT .

Coût par connexion est indépendant de l'emplacement / distance: Avec un réseau VSAT, le coût est indépendant du nombre de sites et de la distance entre eux. Comparé aux lignes louées, où les coûts augmentent avec l'augmentation des nœuds et la distance entre les deux endroits.

III.5.2. Les limites des VSAT :

Comme toute autre technologie, VSAT a ses limites aussi. Certains d'entre eux comprennent le coût extrêmement élevé. Les conditions pluvieuses et la latence (> 200 ms) peuvent affecter les performances des communications VSAT.

D'autres technologies concurrentes offrent une bande passante beaucoup plus élevée à un coût moindre que ce qui est possible par les réseaux VSAT.

Conclusion :

La technologie VSAT est un large domaine à investir. Elle répond largement aux besoins des utilisateurs, et offre des services très évolués (téléphonie IP, visioconférence...etc.). Mais elle reste limitée par quelques contraintes comme son coût élevé et ses affaiblissements dus à des mauvaises conditions météorologique.

Introduction :

La plupart des solutions satellite haut débit existantes ont été conçues via la technologie DVB (Digital Video Broadcasting), pour la télévision et la vidéo. Ces solutions sont inefficaces, lentes, et offrent généralement des performances de liaison montante qui sont pauvres et qui manquent de compatibilité pour des applications telles que la VoIP (Voice over Internet Protocol). Les nouvelles technologies iDirect, développées via IP par satellite, offre un niveau élevé de connectivité disponible via satellite. Cette solution offre une meilleure qualité et fiabilité dans ses services.

Dans ce chapitre, la technologie DVB-S (Digital Video Broadcasting-Satellite) est d'abord brièvement exposée ainsi que ses insuffisances pour un trafic IP, par la suite la technologie « iDirect » est présentée en montrant comment elle a bénéficié des solutions DVB pour de meilleures performances, en se basant sur les solutions offertes pour le trafic VoIP.

L'objectif de ce chapitre est de clarifier les solutions apportées par iDirect, tant au niveau de l'accélération de la transmission, de la minimisation de la latence ou des reprises après erreurs, dans le but d'optimiser le lien satellite et la bande passante.

I. Avant l'apparition d'iDirect :

I.1. Le DVB-S1 et le DVB-S2 :

Le DVB-S est un standard défini pour la transmission par satellite. Il a attiré l'intérêt des opérateurs au vu de sa bande large et des contraintes non strictes par rapports aux autres supports de transmissions.

Le DVB-S est un standard de diffusion relativement simple qui utilise la modulation QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). Il utilise des canaux relativement larges (33 MHz ou 36 MHz). Un code correcteur d'erreurs interne, dit de VITERBI est utilisé pour corriger les effets négatifs de la réception par satellite et une encapsulation dans des paquets MPEG-2 (Moving Picture Experts Group).

CHAPITRE II : LA SOLUTION INDIRECTE

Le DVB-S1 n'arrive pas à satisfaire pleinement les nouveaux besoins. D'où la nécessité d'un nouveau standard qui soit plus flexible et plus performant.

Le DVB-S2 est le nouveau standard qui vient pour répondre à ces besoins dans le domaine de communication. Il représente une évolution de la diffusion numérique pour la télévision. Avec les nouveautés apportées, où on gagne en efficacité spectrale d'une valeur de l'ordre 25% à 30% par rapport aux standards existants équivalents, en plus des nouvelles applications introduites.

Cet apport s'explique par les modifications introduites au niveau codage et modulation (CODMOD). Il a proposé quatre schémas de modulation qui sont QPSK, 8PSK, 16 APSK (Amplitude and phase-shift Keying) et 32 APSK.

Ce standard intègre aussi un codage d'erreurs amélioré, en utilisant LDPC-BCH (Low Density Parity Check-Bose -Ray-Chaudhuri et Hocquenghem), qui est une nouvelle forme plus robuste de code correcteur d'erreur (Forward Error Corrector ou FEC). En plus du Codage Constant et Modulation (CCM), DVB-S2 prévoit la variation dynamique de l'encodage sur le canal de diffusion et la modulation Adaptive Coding and Modulation (ACM), qui permet d'optimiser les paramètres de transmission pour chaque utilisateur, et ça selon les conditions de chemin.

Le standard DVB-S2 supporte des formats MPEG-4 et des formats génériques comme IP, ATM (Asynchronous Transfer Mode), ce qui permet de transmettre les données sous leurs formats naturels, sans besoin de les encapsuler dans des trames MPEG.

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

Le tableau suivant représente les principales différences du standard DVB S2 et DVB-S :

Année	1994	2003
Standard	DVB-S	DVB-S2
Mode de codage et de modulation	CCM	ACM
Codage	Viterbi, Reed Solomon	LDPC, BCH
Modulation	QPSK	QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK
Format des données	MPEG2	MPEG2, MPEG4

Tableau II.1: Evolution du standard de communication par satellite.

I.2. Introduction à la solution iDirect :

L'ancienne solution DVB a été faite pour transporter des paquets IP, ces solutions encapsulent le trafic IP dans des trames vidéo MPEG qui sont transportées comme si c'était des données voix/vidéo. Cette démarche est peu coûteuse, mais ce n'est pas une solution idéale pour le transport du trafic IP, car il y a beaucoup d'inefficacité et de surcharge inutile. IDirect a bénéficié des avantages de la norme DVB-S2/ACM et elle l'avait mise en œuvre pour une livraison efficace de données IP, et l'amélioration de l'efficacité de la bande passante. Par la suite certaines de ces questions cruciales et la façon dont la nouvelle technologie iDirect les a résolus dans un réseau iDirect sera discutée.

Remarque :

IDirect a utilisé la norme DVB-S1 qui a été nommée « iDirect infinity », elle a même mis en œuvre la norme DVB-S2 sous le nom « iDirect evolution ». Ces deux normes « infinity » et « evolution » travaillent avec des équipements spécifiques à chacune d'elles.

II . Fonctions assurées par un réseau :

Pour la transmission d'un signal généré par un terminal source vers un terminal destination, le réseau VSAT (iDirect) doit fournir les fonctions suivantes:

- Établissement d'une connexion entre le terminal source et le terminal destination.
- Acheminement des signaux du terminal source au terminal destination, bien que la ressource physique offerte pour la connexion considérée peut être partagée par d'autres signaux sur d'autres connexions.
- Fournir les informations de manière fiable. Livraison fiable de données signifie que les données sont reçues dans le même ordre que celui où elles ont été transmises, sans perte et sans duplication. Cela implique quatre contraintes:
 - Pas de perte (au moins une copie de chaque partie du contenu de l'information est délivrée);
 - Pas de duplication (pas plus d'une copie est livrée);
 - livraison en mode FIFO (First IN first Out ou Premier entré, premier sorti) : les différentes parties de l'information contenu sont livrés dans l'ordre original;
 - Le contenu de l'information est livré dans un délai raisonnable.

iDirect a apporté des solutions optimales pour assurer ces fonctions, pour le transfert de données, vidéo et voix.

III . Caractéristiques de la VoIP:

- Applications temps réel (transmission de la voix dès qu'elle est produite).
- Sensible au délai et aux variations de délai entre paquets (gigue).
- Non sensible aux erreurs de bits.
- L'information n'est jamais retransmise à nouveau.

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

IV . Solutions iDirect :

IV.1. Modèle de référence OSI :

Le modèle OSI (Open Systems Interconnection) est un modèle à l'origine formulé pour fournir une base pour définir les normes d'interconnexion des systèmes informatiques. Ces normes ont été nécessaires quand il a été constaté que des matériels et des logiciels différents, installés dans les différentes branches de la même organisation, ont été incapables d'échanger des informations en raison d'incompatibilités.

IDirect se réfère au modèle OSI qui définit sept couches fonctionnelles, et au modèle TCP/IP qui définit quatre couches. « OSI » sert de référence dans le déroulement de la communication tandis que TCP/IP décrit la façon dont se passe la communication entre deux hôtes. Leur architecture en couche est indiquée dans La **Figure II.1**.

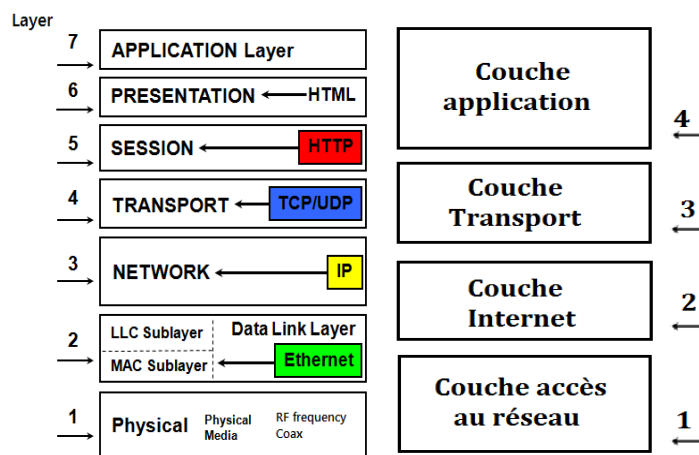


Figure II.1: le modèle de référence OSI et le modèle TCP/IP.

La couche 1 du modèle TCP/IP englobe la couche 1 et la couche 2 du modèle OSI.

La couche 2 du modèle TCP/IP c'est la couche 3 du modèle OSI.

La couche 3 du modèle TCP/IP c'est la couche 4 du modèle OSI.

La couche 4 du modèle TCP/IP englobe les couches 5, 6, et 7 du modèle OSI.

CHAPITRE II : LA SOLUTION INDIRECTE

La couche physique : La couche physique assure le transfert de l'information sur le support physique qui constitue un lien, elle est concernée par tous les aspects de transmission des bits : Format binaire, débit binaire, taux d'erreur sur les bits, correction d'erreur directe, encodage et décodage, modulation et démodulation, etc.

La couche liaison de données : La couche liaison de données assure la livraison fiable des données à travers le lien physique. Elle envoie des blocs de données appelés trames et fournit l'identification de trame nécessaire, le contrôle d'erreur (trame perdue, endommagée, ou dupliquée), et le contrôle de flux (notion de fenêtre).

La couche réseau : La couche réseau est responsable d'acheminement des paquets de la source à la destination. Par conséquent, elle est préoccupée par le transfert de données sur plusieurs liens dans le réseau. Cela implique de recenser la destination (fonction d'adressage), en identifiant le chemin d'accès (routage), et s'assurer que la ressource est disponible (contrôle de congestion). Elle utilise le protocole Internet (IP).

La couche transport : La couche de transport est chargée de fournir le transport de données fiable à partir de la machine source vers la machine destination. De ce fait, c'est une couche de bout en bout elle met en œuvre des fonctionnalités requises entre des bornes d'extrémité, peut communiquer à travers plusieurs réseaux différents. Elle assure le multiplexage et le contrôle de flux.

Protocoles de la couche: TCP (Transport Control Protocol), UDP (User Data Protocol).

La couche session: Gère les interactions entre les processus utilisateurs finals. Etablit des points de contrôle, arrêt et redémarrage des procédures.

La couche présentation : Elle s'occupe de tout aspect lié à la présentation des données : format, cryptage, compression, etc.

La couche application : Interface entre l'utilisateur et le réseau, c'est le point de contact avec les services réseaux. Elle contient une variété de protocoles qui sont utiles pour les utilisateurs (FTP (File Transfer Protocol), Telnet, http (hyper text Transfer Protocol), DNS (Domain Name Service), ...).

IV.2. Accélération TCP iDirect :

IV.2.1. Protocole UDP (User Datagram Protocol) :

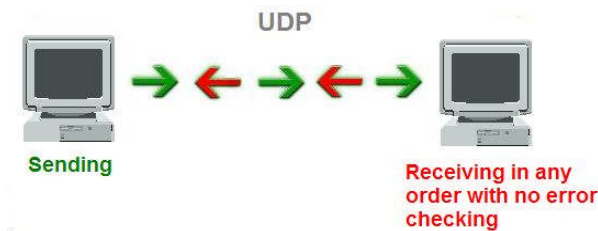


Figure II.2: Protocole sans connexion (UDP).

Le protocole UDP n'assure aucune fonction de contrôle. C'est un protocole minimum sans garantie de délivrance des messages (sans accusés de réception) et sans numéro de séquence. En conséquence, l'en-tête est très nettement simplifié et le nombre de champs est très réduit. Ce protocole présente un grand intérêt dans les applications orientées temps réel dans la mesure où il n'introduit aucune latence relativement aux fonctions de contrôle de flux de TCP.

La nature d'UDP le rend utile pour transmettre rapidement de petites quantités de données, depuis un serveur vers de nombreux clients ou bien dans des cas où la perte d'un datagramme est moins gênante que l'attente de sa retransmission. La voix/vidéo sur IP est parmi les utilisations typiques de ce protocole.

IV.2.2. Protocole TCP (Transport Contrôle Protocol) :

Protocole de la couche transport, le premier protocole développé pour Internet. Il assure la livraison fiable de l'information indépendamment du type et de l'état du réseau. C'est un protocole de bout en bout, orienté connexion (dépend de l'établissement d'une connexion entre les processus qui veulent dialoguer), il garantit la reprise après erreur (grâce aux numéros de séquence et l'acquittement).

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

L'ouverture d'une session entre deux extrémités se fait en 3 étapes:

- Etablissement de la connexion ;
- Le transfert de données ;
- La fin de la connexion.

La **figure II.3** montre l'ouverture d'une session TCP et le transfert de données.

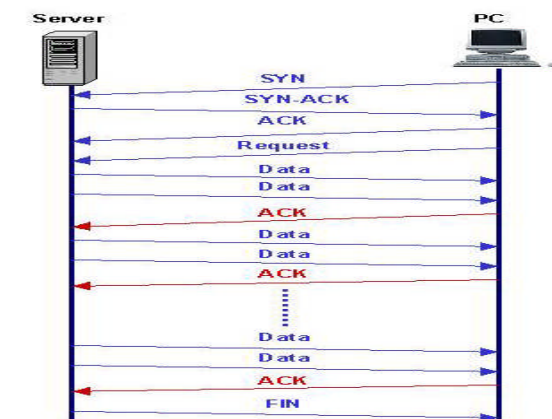


Figure II.3: établissement d'une session TCP.

IV.2.2.1. Limites de protocole TCP en liaison satellite:

Une difficulté importante rencontrée dans le soutien des applications TCP sur satellite est la latence inhérente ou le retard des systèmes satellitaires. Parce que les satellites de télécommunication sont situés à 36.000 km au-dessus de la terre, le temps qu'il faut pour un signal de partir du sol vers le satellite et de retourner vers le sol est d'un peu plus de 0.5 s. [3]

Bien que le protocole TCP garanti les transmissions de bout en bout, le cas d'erreurs y est d'importantes conséquences sur le trafic à cause du temps de latence qui est très élevé.

IV.2.2.2. Adaptation du protocole TCP aux satellites :

A ce titre le groupe de travail TCPsat a eu pour objectif de réfléchir sur les modifications à apporter au protocole TCP afin d'en améliorer le comportement sur les liens satellites, les solutions sont les suivantes:

- Une augmentation de la taille de la fenêtre de congestion initiale pour permettre un démarrage plus rapide du protocole pour atteindre plus rapidement le seuil de la fenêtre de congestion.
- Déterminer la valeur MTU (Maximum Transmission Unit) pour laquelle les datagrammes IP ne seront pas fragmentés sur le réseau.
- Le recours à une fenêtre de réception plus grande en tenant compte des capacités de mémorisation de l'émetteur et du récepteur et de la taille des tampons.
- Traitement de la continuation des numéros de séquences et la garantie de leur unicité pendant toute la durée de vie d'un segment.
- Le recours aux acquittements sélectifs qui permet de s'affranchir de la contrainte des acquittements cumulatifs de TCP en indiquant explicitement les blocs acquittés. De cette façon, le récepteur notifie dans ses acquittements la liste des blocs effectivement reçus, ce qui permet à l'émetteur de ne réémettre que les segments non reçus.

IV.2.2.3. Accélération TCP :

IDirect contourne le problème de la latence causé par TCP en utilisant des techniques d'accélération TCP.

En plus des facteurs cités au préalable, iDirect se base aussi sur l'exigence des périphériques intermédiaires, qui sont le routeur satellite sur le site distant et l'équipement hub téléport.

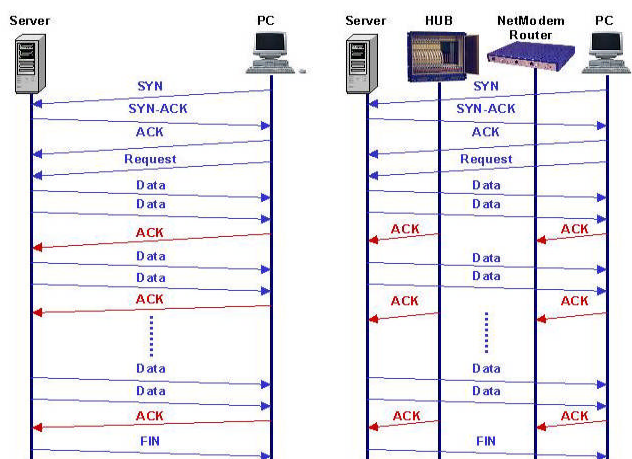


Figure II.4 : Accélération TCP à l'intermédiaire des équipements iDirect.

En accélération TCP, l'établissement de la connexion, l'envoi du flux de données et la fin de connexion se font entre les deux extrémités communicantes (client, serveur). Alors que les acquittements sur les trames envoyées se fait par l'intermédiaires du HUB et le routeur satellite.

Remarque: La gestion de bout en bout n'est pas assurée, donc si un paquet est abandonné à mi-parcours lors du transfert d'un gros fichier, le fichier doit être retransmis depuis le début.

IV.2.2.4. Accélération http iDirect :

iDirect fournit des techniques d'accélération du trafic web qui fonctionnent dans les deux sens (upload et download). Ce qui améliore considérablement la réponse de la bande en éliminant la nécessité que les paquets d'accusé de réception traversent la liaison satellite. Les pages sont ainsi chargées facilement et rapidement comme sur une liaison terrestre.

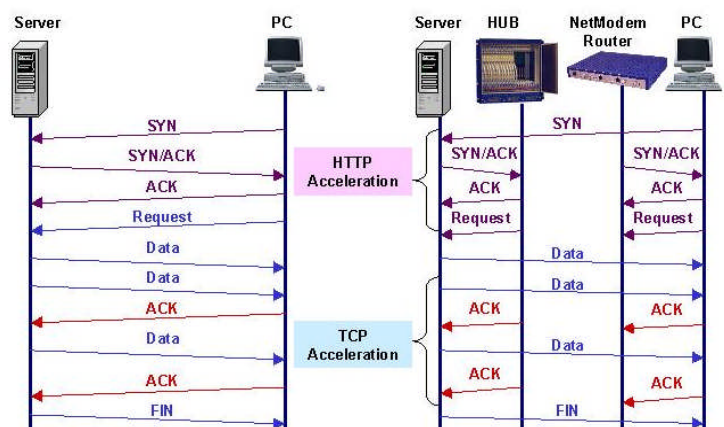


Figure II.5: Accélération http (web).

IV.3. Intégration des techniques intermédiaire (proxies) :

Les proxies sont utilisés pour améliorer les performances des protocoles Internet sur les chemins du réseau (TCP dégradée), causé par les caractéristiques des environnements de liaison spécifiques (WAN et LAN sans fil, liaison satellite).

PEPsal (Performance Enhancing Proxy satellite links) fonctionne principalement au niveau de la couche transport. Il vise à diviser la connexion en deux parties, étant donné que l'amélioration de la performance réelle consiste à transmettre des données au récepteur à l'autre côté de la liaison par satellite utilisant l'accélération TCP.

Pour résoudre le problème de TCP étant maintenu dans un mode de démarrage lent quand un lien satellite est utilisé, un PEP est introduit dans le réseau.

CHAPITRE II : LA SOLUTION INDIRECT

La **figure II.5** ci-dessous montre que la connexion est divisée en trois sections avec des hôtes sur le côté distant de connexion à Internet via leur routeur par défaut. Le routeur envoie tout le trafic Internet au PEP, qui met fin à la connexion TCP à Internet. Le PEP génère un ACK TCP local (TCP spoofing) pour toutes les données. Le trafic est tamponné et retransmis via une seule connexion de protocole de PEP sur la liaison satellite. Le deuxième PEP reçoit les données de la liaison satellite et retransmet les données sur des connexions TCP séparées à l'Internet. Si la transmission TCP est interrompue les paquets peuvent être retransmis à partir de données en mémoire tampon PEP.

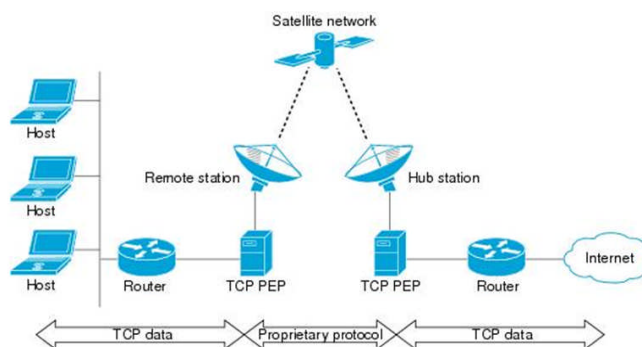


Figure II.6: Utilisation des PEPs en Uplink et en Downlink.

IV.4. Correction d'erreurs iDirect (cas d'affaiblissement Pluie) :

Le service peut être dégradé ou même perdu pendant une tempête. Pour un trafic IP, ces interférences produisent un certain taux d'erreurs EBR (Error Bit Rate). Sachant que la plupart des VSAT ont une puissance maximum fixe qu'ils peuvent utiliser pour transmettre un signal, il viendra un point où la puissance de transmission est insuffisante pour atteindre le transpondeur (satellite) sans erreurs, et avec l'augmentation de taux d'erreurs les paquets doivent être retransmis, ce qui réduit considérablement le débit IP.

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

La solution iDirect protège de l'affaiblissement pluie de deux manières :

- L'utilisation de la technologie de correction d'erreur FEC/TPC (Forward Error Correction/Turbo Product Code) signifie que beaucoup moins d'énergie est requise pour fournir la même bande passante.
- iDirect intègre le contrôle automatique de puissance qui augmente automatiquement la puissance d'émission quand le signal se dégrade en raison des intempéries.

FEC (Forward Error Correction) : Le FEC est un système de correction anticipé d'erreurs, où l'émetteur ajoute des bits de redondance, afin de permettre au récepteur de détecter et corriger les erreurs, sans la nécessité de les retransmettre.

Plus le nombre de bits de contrôle est élevé plus un FEC peut détecter et corriger des erreurs.

TPC est un type de FEC, introduit une redondance dans le message afin de le rendre moins sensible aux perturbations lors de la transmission en rajoutant des bits de parité. TPC réduit la quantité de puissance requise pour des antennes transmettant des signaux vers un satellite, tout en maintenant la performance de correction d'erreurs élevée. En conséquence, les clients peuvent utiliser des antennes plus petites, moins coûteuses, permettant de soutenir la voix, les données et les applications Internet de façon plus rentable.

Voici un exemple d'une structure d'une trame en 'downstream' utilisant des entêtes TPC (FEC), lorsque les entêtes changent, la taille de la trame change aussi:

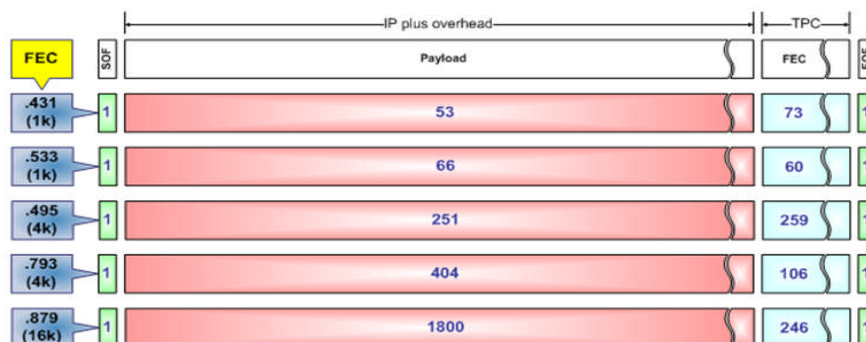


Figure II.7: Adaptation de la trame iDirect en cas d'affaiblissement pluie.

IDirect utilise des tailles de trames différentes qui diffèrent selon les conditions météorologiques. Dans le pire des cas il utilise la plus petite taille qui est 53 bits pour l'information et 73 bits pour les bits de contrôle d'erreurs FEC. Quand les conditions s'améliorent le HUB augmente la taille de la trame d'information et diminue la taille des bits de contrôle d'une manière dynamique. Ça jusqu' à atteindre une taille maximale qui est 1800 pour la trame d'information et 246 pour la trame de contrôle d'erreurs.

IV.5. Qualité de Service iDirect (QoS) :

Les réseaux satellite appartiennent aux technologies d'accès au même titre que l'ADSL ou le Wifi. Ils sont ainsi amenés à acheminer un nombre croissant de services de natures fortement hétérogènes (VoIP, E-mail, FTP, ...). La mise en œuvre de mécanismes de différenciation de traitement entre ces services par rapport aux contraintes spécifiques (délai, débit constant ou variable, gigue, perte de paquets ...) que pose chacun d'eux, est nécessaire. L'ensemble de ces techniques peut être inclus sous l'appellation de qualité de service (QoS)

La qualité de service est assurée en allouant un pourcentage de la bande passante aux applications en définissant un niveau de priorité.

La fonction QoS peut également être utilisé pour filtrer les données indésirables, essentiellement en attribuant zéro (0 %) allocation de bande passante pour une application ou protocole indésirable.

GroupQoS : GroupQoS est une caractéristique spécifique à iDirect qui fournit un nouveau niveau de contrôle et de gestion de bande passante réseau.

Les GroupQoS d'iDirect permettent à la bande passante d'être affecté et géré avec souplesse et un contrôle à la fois sur le download et l'upload.

GroupQoS assure la gestion de la bande passante pour des groupes spécifiques de sites distants, par exemple un client qui veut un réseau privé dans lequel ses sites ne partagent pas la bande passante entre eux.

IV.5.1. Un débit minimal garanti CIR (Committed Information Rate) :

Chaque routeur iDirect est doté d'une petite quantité de bande passante dédiée, éliminant le besoin de lutter pour transmettre, et de garantir que peu importe la façon dont le réseau est occupé, au moins cette bande passante sera toujours disponible.

La bande passante CIR est allouée dynamiquement à des sites spécifiques quand ils ont des données à envoyer, sinon la bande passante sont remises dans le pool partagé pour tous les VSAT.

Un facteur clé de différenciation est la rapidité avec laquelle dynamique CIR peut être affecté. La plupart des systèmes qui fournissent une capacité de CIR aura 10 secondes pour établir la capacité de la bande passante dédiée, tandis que le système iDirect, il sera disponible en moins d'une seconde. CIR peut également être " déclenchée" ou assigné par le protocole ou l'application, tels que VoIP.

IV.5.2. Le lissage d'intervalle de temps :

Le lissage d'intervalle de temps est une technique utilisée pour les paquets de VoIP afin de réduire la gigue (Jitter), qui peut être induite par le délai entre les paquets. Nous favorisons de partager le paquet de VoIP en plusieurs petits paquets, puis les envoyer en augmentant le délai entre eux en attendant l'arrivée de l'autre paquet VoIP. Cela minimise le délai entre paquets.

Le gestionnaire de la bande passante du PP (Processor Protocole) tente de lisser ou étaler chaque slot TDMA de site distant individuel à travers la trame en 'Upstream'.

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

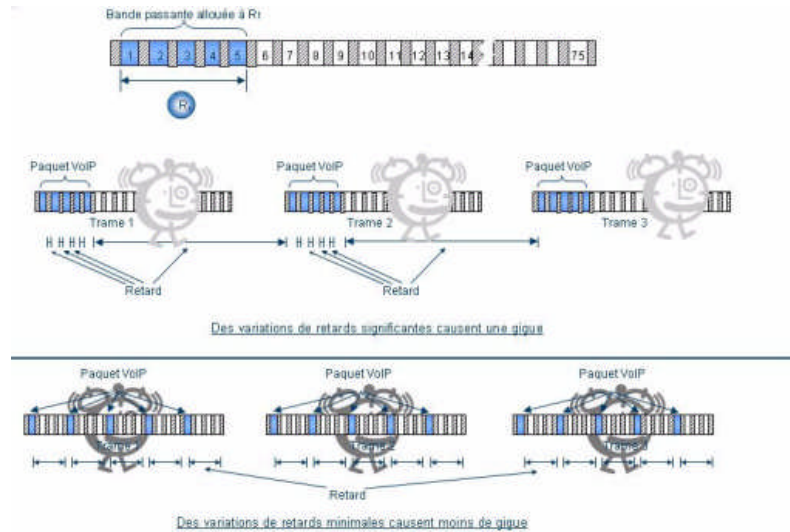


Figure II.8: Le lissage d'intervalle de temps pour la VoIP.

V. LES EQUIPEMENTS IDIRECT :

V.1. Les équipements du HUB iDirect :

Comme montré sur la figure II.8 le HUB est composé de multitude d'équipements :

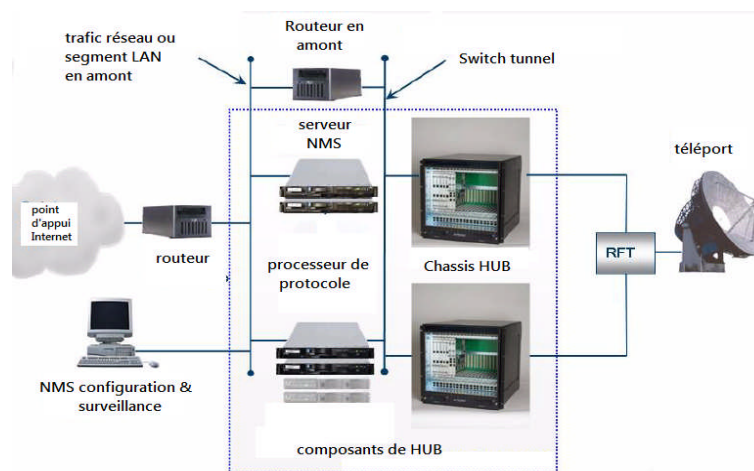


Figure II.9: Les équipements d'un HUB téléport iDirect.

Le serveur NMS (Network Management System): Le NMS est le cerveau du système iDirect, car il contient la base de données de tout le réseau. C'est un mini-ordinateur ou une station de travail, équipé des logiciels iDirect installé et des outils d'affichage.

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

Il est utilisé pour les fonctions administratives et opérationnelles (la capacité de reconfigurer le réseau dynamiquement par l'ajout ou la suppression des stations VSAT, le contrôle des performances et la surveillance de l'état du HUB et de chaque station VSAT).

Le châssis 5IF (Fréquence Intermédiaire): Le châssis est une carcasse vide qui contient des puces (un emplacement pour les Hub Line Card). Ici on décrit un châssis 5IF (opère avec 5 différents satellites), ce châssis soutient matériellement 20 cartes HLC (Hub Line Card), ces cartes sont réparties en 5 groupes où le groupe possède 4 cartes. Chacun de ces groupes peut émettre et recevoir sur une paire IF (TX, RX) à l'arrière du châssis. Le châssis possède aussi une carte EDAS (Ethernet/Digital Audio Storage).

Carte HLC : S'occupe de la modulation du signal porteuse. A chaque carte HLC correspond une et une seule porteuse.

Carte HLC M1D1 : capable de moduler ; transmission (Tx) ; et de démoduler ; réception (Rx).

Carte HLC M0D1 : capable de démoduler, réception uniquement (Rx).

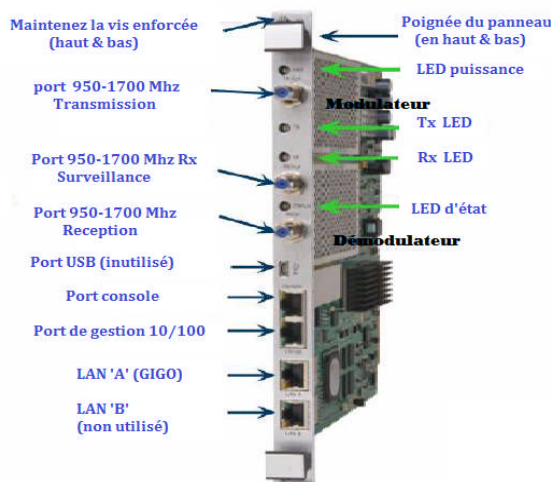


Figure II.10 : la carte HLC evolution.

Carte EDAS : La carte EDAS est considérée comme le NIC (Network Interface Card) du châssis 5IF. C'est elle qui est physiquement reliée au Switch Upstream et contient les configurations IP, masque de sous réseau et passerelle. Pour cela on utilise un logiciel d'application EDAS syscheck 3.0 [7] pour la configuration de ces paramètres IP.

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

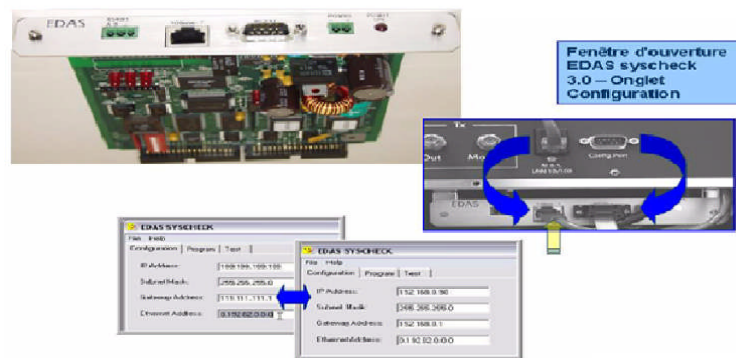


Figure II.11 : Carte EDAS et logiciel SYSCHECK de configuration.

Le Processor de Protocol : C'est le cœur du HUB il est responsable du traitement de l'information à travers le réseau iDirect (encapsulation et la des-encapsulation des paquets IP).

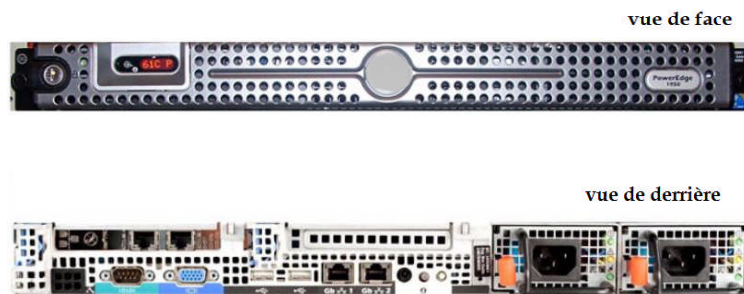


Figure II.12 : le processeur de protocole, vue de face et vue de derrière.

Il fonctionne à l'aide de 6 processeurs, chaque processeur effectue une tâche spécifique ils sont résumés ci-dessous :

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

- L'allocation dynamique de bande passante (**sada**) : Gère l'allocation dynamique de bande passante pour tous les canaux upstream.
- Gestion d'allocation de la bande passante (**sana**) : Gère l'allocation de bande passante pour tous les canaux downstream.
- Gestionnaire de protocole de pile à distance (**sarnt**) : Le nombre de processus sarnt varie ; dépend du nombre de sites distants / PP. Gère le protocole d'Accélération TCP, SAR (Segmentation And Reassembly), etc.
- Processus du routeur (**sarouter**) : Effectue tous le routage des paquets, en upstream et en downstream.
- Le processus **Samnc** : Permet aux processus de PP de communiquer avec le PP-Controller (un processus qui s'exécute sur le serveur NMS, Gère un groupe de processeur de protocole et les processus associés).
- Le processus PP Monitor (**hpb_monitor**) : Contrôle et redémarre le processus Samnc s'il se termine anormalement.

Routeur (UpStream) : il représente un routeur Cisco qui effectue l'opération de routage ou d'acheminement (ensemble de décisions prises par ce dernier sur le choix de meilleur chemin à faire suivre à l'information pour aller à destination). Il utilise le protocole RIPv2 qui est un protocole de routage dynamique (les tables de routages sont changés dynamiquement par un algorithme).

Switch UpStream : le switch UpStream permet d'interconnecter le NMS, le PP et le port UpStream du routeur.

Switch tunnel: Comme son nom l'indique est un tunnel entre le trafic RF et le trafic IP dans un réseau iDirect.

V.2. Les routeurs satellite iDirect :

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

Le routeur satellite (modem) est ce qui est physiquement installé du côté utilisateur, iDirect apporte un grand avantage intégrant l'accélération TCP et http, le cryptage de données (3DES/AES), le cache DNS local, des applications de routage IP statique et dynamique.

Voici quelques exemples des terminaux iDirect :

Routeur satellite iDirect série 3000 :



Figure II.13 : routeur satellite série 3000.

Les routeurs de cette série sont optimisés pour les applications Internet, la voix et la vidéo. Ils permettent des débits IP allant de 4.2 Mbps en émission jusqu'à 18.2 Mbps en réception, ils permettent aussi l'accélération TCP et http en optimisant l'utilisation de la bande passante.

Routeur satellite evolution X3:

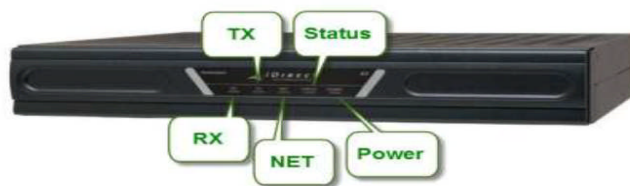


Figure II.14 : routeur satellite evolution X3.

Le routeur Evolution X3 est un routeur satellite avec la mise en œuvre très efficace de la norme DVB- S2 d'iDirect. Il est doté de 5LED lumineuses Rx (donne l'état de la

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

réception), Tx (donne l'état de la transmission), NET (indique l'acquisition du routeur dans le réseau), Status (indique le fonctionnement de l'unité intérieure), Power (indique l'alimentation de routeur). Le routeur satellite Evolution X3 est idéalement adapté pour les besoins de haut débit tels que l'Internet et l'accès VPN aux réseaux d'entreprise, ainsi que la VoIP en temps réel et la vidéoconférence. Le routeur X3 supporte :

- Une topologie en étoile
- DVB- S2 / ACM sortant pour une plus grande efficacité et une meilleure disponibilité du réseau.
- Canal de retour déterministe MF- TDMA
- Cryptage 256 - bit AES option
- Interface Ethernet

V.3. La connexion entre les équipements :

- Le NMS est relié au Switch upstream, via un port Ethernet.
- Le processeur de protocole est connecté à la fois au Switch Upstream et au Switch tunnel, via des ports Ethernet. Pour cette raison, le PP est appelé le « cœur » de la configuration iDirect.
- Le routeur upstream est relié au Switch Upstream et au Switch Tunnel.
- La carte EDAS du châssis est connectée seulement au Switch Upstream.
- Chaque line card Hub est individuellement reliée au Switch tunnel.

VI. Les logiciels iDirect:

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

N'importe quel réseau iDirect nécessite les applications iVantage qui se compose de trois logiciels : iBuilder, iMonitor et iSite.

VI.1. iBuilder :

C'est l'interface graphique qui permet la configuration rapide et intuitive de tout réseau iDirect. Permet d'ajouter facilement des composants au réseau, de changer la configuration actuelle, et télécharger la configuration et les logiciels vers les éléments de réseau.

Permet aussi de construire *le fichier d'options* pour les sites distants, qui contient des informations sur les VSAT, le satellite, la QoS, et des informations sur le fournisseur... etc.

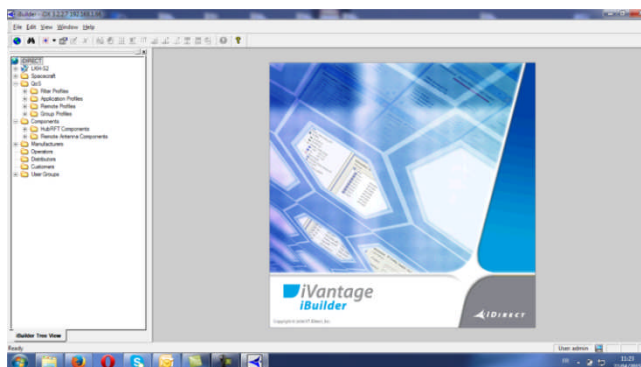


Figure II.15: L'interface graphique iBuilder.

Statuts de configuration dans iBuilder :

Les états de configuration montrent l'état de configuration actuel des éléments clés du réseau : Châssis Hub, réseaux individuels, Line Cards, et modems à distance.

iBuilder divise le processus de configuration en trois étapes :

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

- Faire les changements sur la base de données.
- Passer en revue ces modifications en cliquant sur **compare configuration** de l'élément que nous modifions.
- Une fois satisfait des changements, les rendre actifs dans le réseau en les appliquant aux composants par **Apply Configuration**.

La **figure II.16** ci-après montre le processus de changement d'états de configuration dans iBuilder :

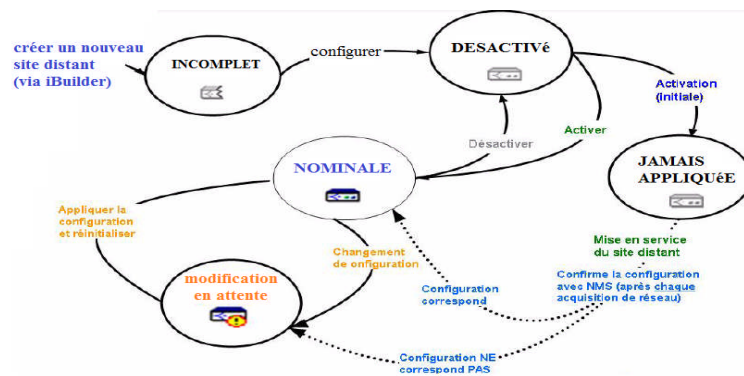


Figure II.16 : changements d'état de configuration dans iBuilder.

CHAPITRE II : LA SOLUTION INDIRECT

Configuration Statut	Définition
Nominal	L'élément est entièrement configuré, est vivant dans le réseau, et il n'y a pas de changements inappliqués.
Modification en cours	L'élément est complètement configuré et qu'il est vivant dans le réseau. Il y a des changements dans la base de données qui n'ont pas été appliqués.
Incomplet	L'élément n'est que partiellement configuré, un ou plusieurs composants principaux de la configuration ne sont pas précisés (les porteuses par exemple, adresse IP, numéro de série).
Jamais appliqué	L'élément est entièrement configuré, mais la configuration n'a jamais été appliquée à l'élément.
Désactivé	L'élément a été à un moment actif dans le réseau, mais il a été désactivé.

Tableau II.2: les états de configuration dans iBuilder.

VI.2. iMonitor :

iMonitor fournit des informations détaillées sur le temps réel et l'historique des performances du réseau aux opérateurs réseau. Parmi ses nombreuses fonctionnalités, iMonitor permet d'analyser l'utilisation de bande passante; afficher l'état à distance; afficher les statistiques du réseau, surveiller la performance des réseaux, des sous-réseaux et des éléments de réseaux individuels, et gérer les alarmes, des avertissements et des événements réseau.

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

Tous les événements et les statistiques de performance sont automatiquement archivés. Les données affichées sur iMonitor interface graphique peuvent être exportées directement dans Excel pour une analyse plus approfondie.

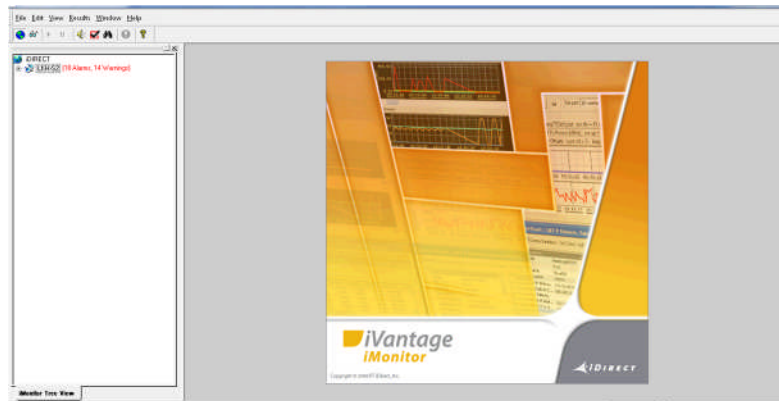


Figure II.17: L'interface graphique iMonitor.

VI.3. iSite :

Surveille et configure les périphériques iDirect sur site, Il comprend plusieurs fonctions qui aident dans le processus de mise en service à distance, y compris l'assistance pour le pointage de l'antenne, le calcul de l'angle de l'antenne et la polarisation.

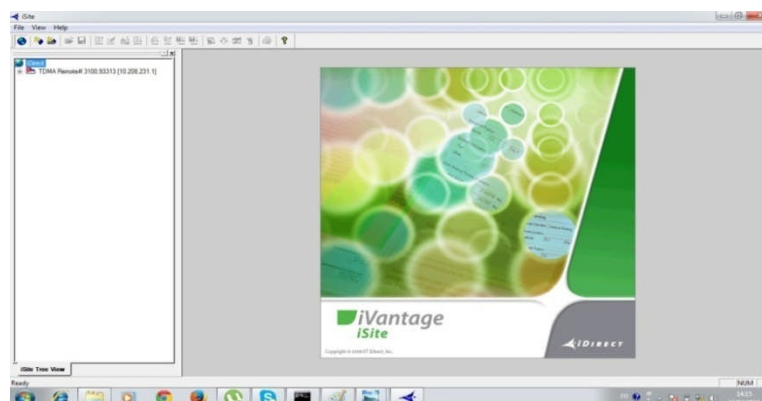


Figure II.18 : l'interface graphique iSite.

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

La figure ci-dessous montre comment ces logiciels fonctionnent au niveau du réseau iDirect :

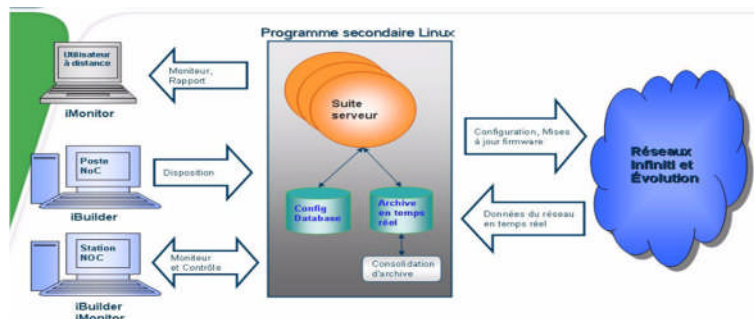


Figure II.19 : fonctionnement des logiciels iVantage au niveau du réseau iDirect.

Les stations de travail sur la gauche auront soit iBuilder, iMonitor ou les deux en fonction des autorisations que chaque utilisateur reçoit du super-utilisateur iBuilder.

Les stations de travail communiquent directement avec le serveur NMS pour les rapports iMonitor, la gestion et contrôle de l'information. La suite du serveur NMS héberge les config de base de données NMS et base de données en temps réel.

Les configurations et / ou mises à jour sont transmises au réseau et les données réseau en temps réel sont collectées par le serveur NMS.

VII. La vie d'un paquet IP dans un réseau iDirect :

La vie d'un paquet c'est tout ce qui se produit lorsque les données sont envoyées d'un bout du réseau iDirect à l'autre. L'information (donnée, voix, vidéos) passe par un ensemble d'équipements iDirect : terminaux, HUB (topologie star), et équipements VSAT (antenne). Dans ce paragraphe on s'est concentré sur la transmission en Upstream, i.e. Depuis le site distant émetteur jusqu'au HUB iDirect qui envoie directement sur internet. La **figure II.20** montre comment le paquet parcourt le réseau jusqu'à être envoyé sur internet.

CHAPITRE II : LA SOLUTION IDIRECT

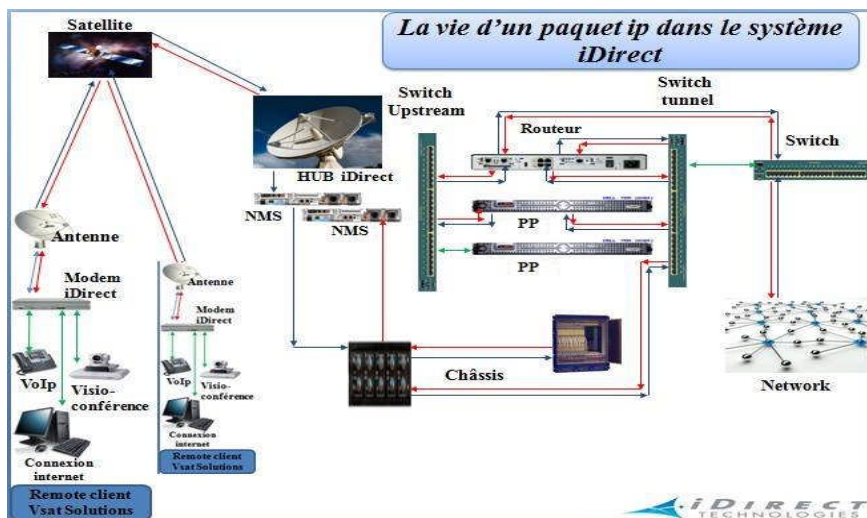


Figure II.20: La vie d'un paquet IP dans un réseau iDirect.

- L'information codée provenant de l'ordinateur (téléphone) est envoyée au modem iDirect (Routeur satellite iDirect). Ce dernier encapsule la donnée en lui ajoutant des entêtes iDirect et la module.
- Le BUC reçoit le signal en bande L et le convertit en bande Ku, Ka ou C. il l'envoie au satellite après l'avoir amplifié.
- Le satellite change la fréquence en liaison descendante en lui soustrayant la fréquence de l'oscillateur local.
- Le LNB du téléport effectue l'opération inverse du BUC (reçoit le signal en bande Ku, Ka ou C le convertit en bande L et l'amplifie en dernier lieu). Le LNB finit par envoyer le signal en bande L vers le châssis (carte HLC) sur un câble IFL.
- La carte HLC démodule le signal.
- Le signal démodulé passe par le Switch tunnel vers le PP (Processeur de Protocole).
- Le PP effectue la même fonction que le site distant, c'est là où les informations supplémentaires (entêtes) ajoutées par le site distant sont enlevées et les paquets fragmentés sont rassemblés.
- Une fois ce processus terminé le PP envoie les paquets IP au Switch Upstream qui est responsable de la livraison à internet.

Ce processus est inversé lorsque l'information vient d'Internet vers le site distant.

VIII. Avantages et inconvénients iDirect :

VIII.1. Les Avantages :

- Performance de toutes les applications : iDirect supporte tous types d'applications autour d'IP, même celles qui demandent un temps réel.
- Flexibilité et souplesse: la configuration et la gestion des réseaux de 128 Kbps à 18 Mbps.
- Disponibilité : iDirect assure aux utilisateurs l'accès continu au réseau.
- Fiabilité : iDirect assure une qualité de service supérieure à 99.5%.
- Extensibilité : la possibilité d'élargir le nombre des sites distants pour chaque client.
- Centralisation : la gestion et le contrôle du trafic IP par un point central appelé HUB ce qui permet de superviser la totalité de réseau d'un seul et même point.
- L'évolutivité : iDirect permet de connecter un nouveau point, et ça ne demande pas de gros moyens techniques et financiers.
- La sécurité : un réseau IDirect est très bien protégé car l'accès à un tel système reste très difficile. En effet pour cela il faudrait connaître exactement la fréquence, le niveau du signal, les techniques de modulation, les protocoles et l'adressage des stations terriennes et les débits binaires.
- la couverture: iDirect permet d'avoir une large couverture ce qui rend possible la création d'un réseau global intranet à une échelle intercontinentale.
- La compatibilité : iDirect peut facilement s'intégrer avec les différents réseaux terrestres et la plupart des protocoles et matériels de télécommunications.

VIII.2. Les inconvénients :

- Le cout élevé de l'installation: Les équipements imposent un investissement de base très important.
- Comme IDirect utilise le satellite géostationnaire, sa couverture est fixe. Ceci veut dire que lorsqu'on a choisi un satellite, si une zone n'est pas couverte et doit être connecté prochainement, elle ne le sera jamais avec ce satellite. Alors que les réseaux filaires évoluent régulièrement ce qui laisse possible l'expansion d'un réseau dans des zones qui actuellement ne sont pas desservies.
- Le fait que toutes les communications passent par le hub, si ce dernier tombe en panne tout le réseau est paralysé et plus aucune communication ne peut se faire.
- Le temps de latence est très élevé.

Conclusion:

« IDirect » est une nouvelle technologie qui a intégré plusieurs solutions dans la transmission via satellite. Notre étude a été concentrée sur celles proposées pour la transmission de la VoIP qui sera l'objet du chapitre suivant.

Introduction :

L'évolution de l'internet et l'amélioration d'IP comme standard est devenue le moyen de communication pour plusieurs applications dans les réseaux filaires et les réseaux sans fils (satellite-VSAT). Parmi ces applications, l'une des plus prometteuses est la Voix sur IP (VoIP).

I. Historique de la téléphonie :

L'histoire des communications a connu de grandes avancées dues aux progrès technologiques. La téléphonie a marqué de grandes dates commençant par le télégraphe jusqu'à la Téléphonie Commutée Publique et la téléphonie IP.

I.1. « RTCP » (Réseau Téléphonie Commuté Public)

Le réseau téléphonique Commuté public (« RTCP » ou simplement « RTC ») a essentiellement pour objet le transfert de la voix. Le transport des données n'y est pas autorisé. Utilisant le principe de la commutation de circuits, il met en relation deux abonnés à travers une liaison dédiée pendant tout l'échange.

On distingue deux grandes parties dans ce réseau :

- Le réseau capillaire ou de distribution, c'est le raccordement depuis chez l'abonné à un point d'entrée du réseau. Cette partie du réseau est analogique.
- Le réseau de transit, effectue pour sa part le transport des communications entre les nœuds de transit (concentrateurs / commutateurs). Cette portion du réseau est actuellement numérique.

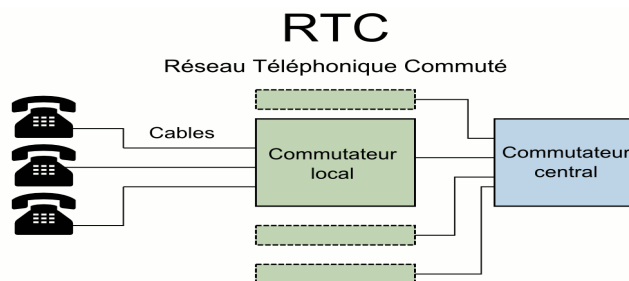


Figure III.1: le réseau téléphonique commuté.

A l'heure actuelle le trafic téléphonique (voix) se base sur des réseaux « IP » (commutation de paquets), et surpasse le réseau voix traditionnel (réseau à commutation de circuits).

II. Voix IP (VoIP):

II.1. Définition de la VoIP :

Voice over IP (VoIP) est une technologie de communication qui facilite la transmission de la voix sur un réseau IP, tel que l'Internet. Les deux (ou plus) points de terminaison souvent appelés des terminaux ou des clients pourraient être tout dispositif avec un microphone et haut-parleur, comme un Ordinateur ou un équipement qui ressemble à un PC ou un téléphone traditionnel.



Figure III.2 : deux équipements IP connectés par Internet.

L'arrivée de la VoIP a été ressentie dans le monde des télécommunications comme un profond changement de la même ampleur que le remplacement du télégraphe par le téléphone.

- **Entre « téléphonie IP » et « voix IP » :**

Il y a souvent un amalgame entre la téléphonie sur « IP » (« TOIP ») et la voix sur « IP », les deux concepts sont très proches. La nuance réside dans le fait que la « VOIP » est incluse dans la « TOIP ».

« VOIP » représente seulement la technologie de transport de voix sur le protocole Internet. « TOIP », représente « VOIP » en addition de toutes les applications téléphoniques associées à la messagerie.

De nombreuses années en arrière, la transmission d'un signal à une destination éloignée était sous forme de données numériques. Avant la transmission, le signal est numérisé puis, au niveau du récepteur, le signal transformé à nouveau en un signal analogique.

« VoIP » fonctionne par numérisation de la voix et transmission dans des paquets de données « IP », puis par reconversion des paquets numériques en signal analogique (voix) à l'arrivée.

Le format numérique est plus facile à contrôler (on peut le compresser, le router, le convertir en un nouveau format plus adapté) mais il est plus tolérant au bruit que l'analogique et occupe plus de bande passante.

II.2. Les paramètres de la voix sur IP :

Les aspects déterminants pour la qualité de la voix sur un réseau sont :

- *Traitement de la voix* : lors de l'émission du signal, la voix est traitée, c'est à dire codée et éventuellement compressée, avant d'être transmise.
- *Clarté* : c'est la mesure de fidélité de la voix reçue par rapport à la voix émise.
- *Délai de bout en bout* : c'est le temps de propagation de la voix à travers le réseau de l'émetteur vers le récepteur.

Ils dépendent des différents composants de la chaîne de transmission, de leur paramétrage, de l'architecture générale de la chaîne, et dans le cas de « VoIP » des flux concurrents.

La problématique de qualité de la voix sur « IP » est particulière car la voix attend du transport « IP » l'inverse de ce qu'exigent les données (1% ou 2% de perte de données de voix en ligne ne sont pas trop gênants pour la qualité du service de « VoIP », mais en revanche une variation fréquente de 100 ms sur le délai de transit est catastrophique et rend le service inutilisable). Donc le transport de la voix est plus exigeant: il bénéficiera évidemment de l'intégrité exigée pour le transport des données qui est garanti par les réseaux modernes, mais exigera beaucoup plus au niveau des autres paramètres, notamment en ce qui concerne la stabilité du réseau dans le temps.

II.3. processus de transmission de la voix:

Une communication entre deux dispositifs ne peut pas avoir lieu s'ils n'utilisent pas le même langage. Pour cela des normes ont été développées, ces dernières permettent d'assurer la compréhension de l'information. Ces normes ont pour objectif principal de respecter une compatibilité matérielle et logicielle entre différents équipements pour que les utilisateurs n'aient pas à se soucier du type d'équipements qu'ils utilisent.

La voix subit les traitements suivants :

- L'acquisition du signal voix qui consiste à transformer le signal sonore (voix) en un signal électrique (analogique).
- la conversion du signal sous format analogique en un signal numérique (sous forme de bits).
- Les bits doivent être codés et compressés en un format adapté à la transmission à l'aide des codecs spécifique audio (G711 et G729), pour une qualité optimale.
- Transmission des données numériques vocales dans des paquets de données à l'aide d'un protocole temps réel (généralement « RTP » (Real Time Protocol) et « UDP » sur « IP »).
- nécessité d'utilisation d'un protocole de signalisation pour appeler les usagers. « SIP » (Session Initiation Protocol) ou « SCCP » (Skinny Client Control Protocol) le permet.
- À la réception, il faut désassembler les paquets, extraire les données, les convertir à l'aide d'un Convertisseur Numérique/Analogique (« CNA ») en signaux analogiques représentant la voix, puis les transmettre à une carte son (à un téléphone).
- Tout cela doit être réalisé en temps réel, afin d'éviter une attente trop longue de la réponse vocale.

II.3.1. Acquisition du signal voix :

La figure ci-dessous montre quelles étapes emprunter par une onde sonore pour avoir un signal analogique.

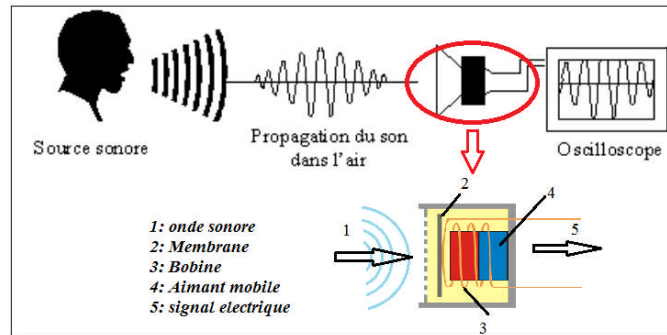


Figure III.3: transformation d'un signal voix à un signal analogique.

En émission, l'onde sonore produite par la voix est transportée par l'air en vibrant, ces vibrations font osciller la membrane d'un microphone. La membrane est solidaire d'une bobine baignant dans un champ magnétique (présence d'un aimant), la faisant vibrer et induisant ainsi un courant proportionnel aux vibrations dans la bobine. Il suffit alors de récupérer le signal analogique obtenu aux bornes de la bobine et le transmettre.

En réception, le signal analogique reçu est injecté aux bornes d'une bobine baignant dans un champ magnétique, ce qui va générer la vibration de la bobine proportionnellement aux variations du signal. La bobine étant solidaire à la membrane d'un haut parleur cette dernière va vibrer causant la vibration de l'air autour, produisant ainsi les sons correspondants aux vibrations.

II.3.2. Conversion analogique/numérique:

Deux paramètres régissent la numérisation du son, au sein d'un Convertisseur Analogique Numérique:

- L'échantillonnage ;
- La quantification ;
- Le codage.

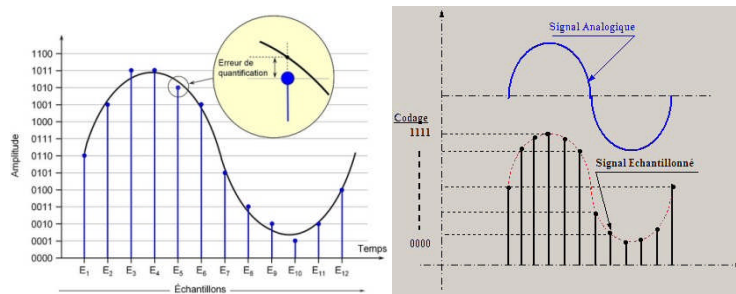


Figure III.4 : échantillonnage, quantification et codage de la voix.

L'échantillonnage consiste à prélever à des intervalles réguliers, la valeur du signal.

La quantification transforme une valeur quelconque en une valeur prise dans une liste finie de valeurs valides pour le système ;

Le codage fait correspondre à chaque valeur valide pour le système un code numérique.

II.3. 3. Compression audio (codec) :

Dénommée « codec », « codage/décodage » ou « compression/décompression ».

La compression est une solution logicielle qui permet d'alléger la taille de l'information transmise afin de décharger le réseau. Le codec est la technique utilisée pour maximiser l'utilisation de la bande passante, elle permet de transmettre à des débits inférieurs tout en gardant la haute qualité de la voix.

Il existe plusieurs « codecs » et chacun a une méthode de compression et décompression différente, le choix entre ces différents « codecs » est un compromis entre la qualité de service souhaitée et la capacité de l'infrastructure « IP » à délivrer une bande passante et des paramètres de « QoS » qui vont impacter cette qualité. Le paramètre le plus déterminant auquel on s'intéresse est la bande passante.

Deux codecs utilisés par la suite (« G711 » et « G729 ») sont décrits dans la section suivante.

- **Norme « G711 » :**

« G711 » est une norme de compression audio de l'«ITU» qui définit le codage « PCM » (Pulse Code Modulation). Elle utilise une vitesse d'échantillonnage de 8000Hz pour des fréquences du téléphone entre 300Hz 3400Hz (à savoir que l'intervalle de la sensibilité de l'oreille humaine va de 15Hz à 16Khz) ce qui donne un débit binaire de 64Kbit/s.

La norme « G711 » est la base de transport de la voix sur le réseau téléphonique commuté (« RTC », « PSTN » en anglais) et est également utilisée pour le transport de la voix avec peu de compression dans les réseaux « IP ». Elle est en revanche assez peu utilisée pour faire de la téléphonie directement sur des réseaux étendus comme Internet de par l'utilisation importante de la bande passante. « G711 » donne une qualité de voix optimale avec un taux de compression très faible ce qui nécessite une large bande passante.

- **Norme G729 :**

« G729 » définit un codage de la parole à 8Kbit/s, il offre un bon compromis entre la qualité de la voix et le taux de compression. « G729 » donne la possibilité de passer plusieurs appels à travers la même bande passante contrairement à « G711 », mais il consomme beaucoup de temps « CPU » pour préparer et passer l'appel. Il est utilisé pour le codage de la partie audio d'une visioconférence et pour transporter la voix « IP » sur les « WAN ».

CHAPITRE III : VOICE OVER INTERNET PROTOCOL

Le tableau ci-dessous montre les codecs et leur nécessité en bande passante en fonction de différents paramètres :

Information sur le codec			Calcul de bande passante			
Codec et débit (Kb/s)	Taille de l'échantillon (octets)	Durée de l'échantillonnage (ms)	Taille de charge utile Voix (octets)	Paquets par sec. (PPs)	Bande passante (Kb/s)	BP Ethernet (Kb/s)
G711 64 Kb/s	80	10	160	50	64	87,2
G729 8Kb/s	10	10	20	50	8	31,2

Tableau III.1 : bande passante pour les codecs G711 G729.

Débit du codec : C'est le nombre de bits par secondes transmis par le Codec pour une communication voix.

Taille de l'échantillon : C'est le nombre d'octets utilisés pour coder l'échantillon à chaque intervalle d'échantillonnage.

Durée de l'échantillonnage : C'est l'intervalle d'échantillonnage sur lequel codec opère.

Taille de la charge utile : Elle représente le nombre d'octets ou de bits contenus dans un paquet. La taille de la charge utile voix doit être un multiple de la taille d'un échantillon du Codec.

Paquets Par Seconde: Représente le nombre de paquets par seconde qui doivent être transmis pour assurer le débit du Codec.

Par exemple pour une communication G.729 avec une charge utile voix par paquet de 20 octets (160 bits), 50 paquets par seconde devront être transmis pour respecter le débit de 8 Kbit/s.

CHAPITRE III : VOICE OVER INTERNET PROTOCOL

BP Ethernet : Représente la bande passante réellement nécessaire pour la transmission de la voix (après l'ajout des en-têtes aux paquets).

II.4. Protocoles de la VoIP :

La figure ci-dessous montre les différents protocoles utilisés pour la transmission de la voix dans le réseau IP :

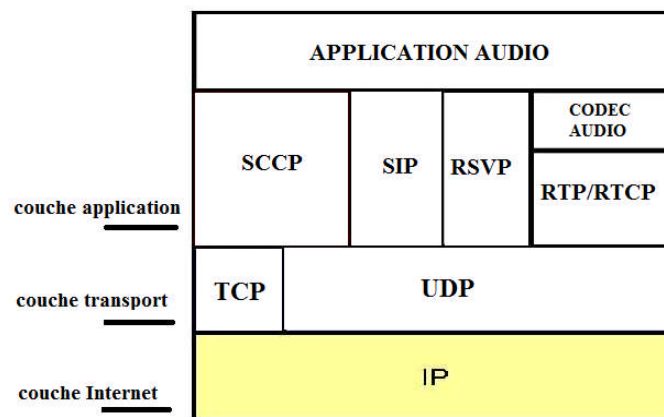


Figure III.5: Les protocoles de la VoIP.

II.4.1. Protocole « SIP » (Session Initiation Protocol) :

II.4.1.1 Définition :

« SIP » est un protocole de signalisation défini par l'« IETF » (Internet Engineering Task Force), appartenant à la couche application du modèle « OSI ». Son rôle est d'ouvrir, modifier et libérer les sessions. L'adressage utilise le concept « URL SIP » (Uniform Resource Locator) qui ressemble à une adresse e-mail.

« SIP » n'est qu'un protocole de signalisation. Il établit et maintient une session multimédia. Lorsque la session est établie, les participants de la session s'échangent leur trafic audio /vidéo à travers le protocole « RTP » (Real-time Transport Protocole), une fois l'échange terminé, « SIP » est encore utilisé pour libérer la session.

SIP intervient aux différentes phases d'appel :

- Localisation du terminal correspondant.
- Négociation du type de media (voix, vidéo, données) et des paramètres de communication.
- Disponibilité du correspondant (si le poste appelé souhaite communiquer, et autorise l'appelant à le contacter).
- Etablissement et suivi d'appel, avertit les parties appelantes et appelées de la demande d'ouverture de session,
- gestion du transfert et de la fermeture des appels.

II.4.1.2. Entités « SIP » :

« SIP » définit deux types d'entités :

- Les clients ; sont les agents utilisateurs.
- Les serveurs ; sont le serveur proxy, le serveur de redirection et l'enregistreur.

Agent utilisateur(UA) :

Il s'agit d'une application sur un équipement de l'utilisateur qui émet et reçoit des requêtes SIP. Il se matérialise par un logiciel installé sur un PC ou sur un téléphone IP.

Serveur proxy :

Il reçoit des requêtes de clients qu'il traite lui-même en essayant de localiser le destinataire de la communication, ou qu'il achemine à d'autres serveurs après avoir éventuellement réalisé certaines modifications sur ces requêtes.

Serveur de redirection (Redirect server):

Un utilisateur peut envoyer une requête d'invitation à une autre personne par l'intermédiaire d'un serveur de redirection. Ce serveur se chargera de retrouver cette personne et de renvoyer les informations nécessaires au client appelant, pour qu'il puisse établir une connexion directe avec l'interlocuteur désiré.

CHAPITRE III : VOICE OVER INTERNET PROTOCOL

Contrairement au « Proxy server », le serveur de redirection n'achemine pas de requêtes « SIP ». Un exemple, dans le cas d'un renvoi d'appel, le « Proxy server » a la capacité de traduire le numéro de l'appelé dans le message « SIP » reçu, en un numéro de renvoi d'appel et d'acheminer l'appel à cette nouvelle destination, et ce, de façon transparente pour le client origine ; pour le même service, le serveur de redirection retourne le nouveau numéro (numéro de renvoi) au client origine qui se charge d'établir un appel vers cette nouvelle destination.

Enregistreur (Registrar) :

Il s'agit d'un serveur qui accepte les requêtes « SIP REGISTER ».

« SIP » dispose de la fonction d'enregistrement d'utilisateurs. L'utilisateur indique par un Message « REGISTER » émis au « Registrar », l'adresse où il est joignable (ex. adresse « IP »).

Le « Registrar » met alors à jour une base de données de localisation. L'enregistreur est une fonction associée à un Serveur « Proxy » ou à un Serveur de Redirection. Un utilisateur peut s'enregistrer sur différents « UAs SIP » ; dans ce cas, l'appel lui sera délivré sur l'ensemble de ces « UAs ».

La **Figure III.6** montre comment ces serveurs cordonnent entre eux pour acheminer un appel d'un UA vers un autre.

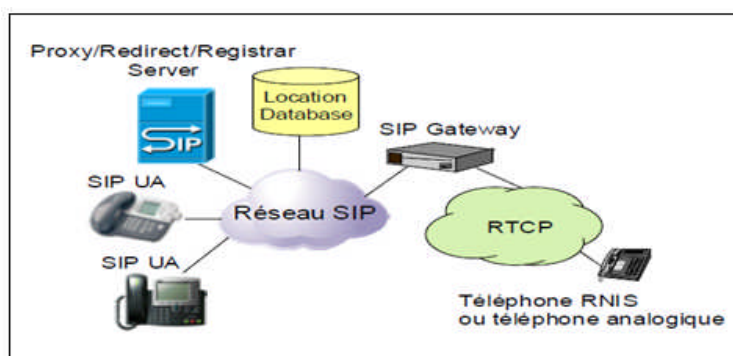


Figure III.6: les entités d'un réseau SIP.

II.4.2. Protocole « SCCP » (SkinnyClient Control Protocol):

« SCCP » est un protocole de signalisation propriétaire « CISCO » utilisé pour les échanges entre le « Call Manager » et les « IPPHONES ». Le terme « SKINNY » est utilisé pour indiquer que le protocole « SCCP » est très simplifié et requiert de ce fait des ressources processeur limitées. Typiquement, « SKINNY » utilise « TCP » comme protocole de transport. Le port « TCP » bien connu pour le trafic « SKINNY » est le port 2000.

II.4.3. Protocoles RTP (Real Time Protocol) /RTCP (Real Time Control Protocol):

La transmission de la voix est soumise à des contraintes temps réel (transmettre l'information dès qu'elle est produite), mais elle tolère un certain taux de perte. L'utilisation de protocole « TCP » qui est orienté connexion et qui garanti des retransmissions n'est pas convenable pour la voix. Et de part la nécessité des protocoles temps réel, et des paquets « IP » de petite taille (entête « UDP » 8octets vs entête « TCP » 20octets), le protocole « UDP » est le plus adapté.

Pour remédier aux faiblesses du protocole « UDP » et assurer sa fiabilité il y a d'autres protocoles temps réel utilisés vis-à-vis du protocole « UDP ».

Le protocole « RTP » (Real-time Protocol), mis au point par l'« IETF » (Internet Engineering Task Force), permet de transmettre tout type d'informations soumises aux contraintes de temps réel (audio et vidéo).

C'est un protocole de la couche application du modèle OSI qui utilise les protocoles de transport « TCP » ou « UDP », mais, généralement il utilise « UDP » qui est mieux adapté à ce genre de transmission. Son rôle principal consiste à mettre en œuvre des numéros de séquences de paquets IP pour permettre la reconstitution des informations de voix ou vidéo.

CHAPITRE III : VOICE OVER INTERNET PROTOCOL

Lors de l'utilisation de RTP, ceci est fait principalement à l'aide de 2 méthodes :

- Soit on utilise le protocole « RTCP » (Real-time Transport Control Protocol) qui en fait ouvre un canal en sens inverse de l'émission de l'information et permet ainsi un retour sur la qualité de service afin d'anticiper les problèmes.
- Soit on émet plusieurs fois le même paquet avec un léger décalage temporel afin de diminuer le risque d'arrivée tardive ou de perte.

Le protocole RTP a un champ d'entête de 12 OCTETS, cet entête précède le « PAYLOAD » qui représente les données utiles (l'information).



Figure III.7: format du paquet RTP.

Quelques champs de cet entête sont:

PayloadType (7bits): identifie le type de contenu transporté (audio, vidéo, etc.)

SequenceNumber (16 bits) : identifie le numéro de séquence correspond à un paquet, sa valeur est incrémenté de 1 à chaque paquet envoyé (permet de tester les paquets « RTP » perdu, servir à la reconstitution des paquets à l'arrivée).

TimeStamp : un protocole comme « RTP » utilise des estampilles temporelles pour dater les paquets émis (permet d'évaluer le délai de la gigue introduit par le système).

Le protocole « RTCP » est basé sur des transmissions périodiques de paquets de contrôle par tous les participants dans la session. C'est un protocole de contrôle des flux « RTP », permettant de véhiculer des informations basiques sur les participants d'une session, et sur la qualité de service.

« RTCP » mesure les performances, par contre il n'offre pas de garantie. Pour cela il faut soit employer un protocole de réservation du type « RSVP » ou bien s'assurer que les liens de communications utilisés sont correctement dimensionnés par rapport à l'utilisation qui en est faite.

« RTP » fonctionne sur « UDP », il n'utilise pas de port statique mais le port pair d'un couple de ports ; l'autre port impair, immédiatement supérieur, est utilisé par le protocole « RTCP » (Real-time Transfer control Protocol) qui est un protocole de contrôle des flux « RTP ».

II.4.4. Protocole de réservation de ressource (RSVP) :

Permet aux applications de réserver des ressources (bande passante) sur Internet d'une manière à pouvoir assurer une qualité de service à ce trafic.

« RSVP » fonctionne en mode récepteur vers émetteur, c'est le récepteur des données qui déclenche et maintient la réservation des ressources dans le réseau. En d'autres termes, l'émetteur envoie une demande au récepteur, qui déclenche la primitive de réservation de ressources et l'envoie vers l'émetteur. Le paquet portant cette primitive effectue la réservation dans les nœuds traversés en allant du récepteur vers l'émetteur.

La raison de ce choix tient à la nécessité d'effectuer une réservation adéquate puisque la primitive de réservation connaît les caractéristiques de l'émetteur et du récepteur, et pas seulement celles de l'émetteur. Par exemple, si l'émetteur demande un débit de 1 Mbit/s mais que le récepteur ne puisse recevoir qu'un débit de 128 Kbit/s, il est inutile de réserver une bande passante de 1 Mbit/s, 128 Kbit/s suffisent.

Les caractéristiques importantes de RSVP sont les suivantes :

- « RSVP » transporte et maintient des paramètres de contrôle de trafic (« QoS »).
- « RSVP » est pris en charge aussi bien par « IPv4 » que par « IPv6 ».
- « RSVP » est unidirectionnel. Il n'établit donc de réservation pour les flux de données que dans un seul sens. La réservation de ressources pour des transferts bidirectionnels requiert deux sessions « RSVP » indépendantes.

« RSVP » n'est pas un protocole de routage. La signalisation « RSVP » utilise des protocoles de routage qui déterminent le chemin vers la destination.

III. Architecture d'un réseau VoIP (VSAT/iDirect) :

Un réseau voix sur IP possède ses propres équipements nécessaires pour implémenter un service VoIP, donc il est primordial d'avoir un téléphone IP, une passerelle VoIP ainsi que le serveur d'appel (dans notre cas un Cisco Call Manager). Leur rattachement est montré sur la **Figure III.8**.

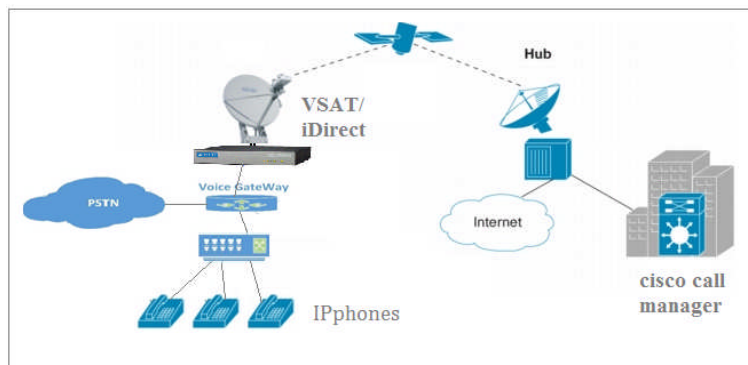


Figure III.8 : réseau VoIP (VSAT/iDirect).

III.1. IPphone :

« IP-Phone » est un terminal téléphonique, il utilise les technologies « IP » pour le placement et la transmission des appels téléphoniques sur un réseau « IP ». Il utilise des protocoles de contrôle tel que « SIP » et « SCCP ».

« IP-Phone » peut être remplacé par un « Soft phone » qui est un logiciel assurant toutes les fonctions téléphoniques d'une manière analogue à un « IP-Phone ». Le « soft phone » utilise la carte son et le micro du PC de l'utilisateur, et aussi la carte Ethernet du PC.



Figure III.9: IP-Phone et soft phone.

Le téléphone « IP » a pour caractéristiques :

- Un modèle,
- Une adresse MAC,
- Une description « IP-Phone »,
- Une localité (pour déterminer son débit autorisé),
- Un ensemble de services.

Toutes ces caractéristiques sont configurées au niveau du Call Manager, une fois le téléphone IP configuré, nous devons l'associer à une ligne.

La ligne correspond à un numéro direct. Ce numéro devra être composé par celui qui souhaite joindre cette ligne.

III.2. Voice Gateway:

Une passerelle VoIP est un périphérique réseau permettant de convertir en temps réel des appels vocaux entre le réseau téléphonique commuté (RTCP) et le réseau IP. Le principal but d'une telle passerelle est de connecter facilement un système téléphonique VoIP au réseau public.

III. 3. Gestionnaire d'appel ou« Call Manager » :

C'est un système utilisé généralement en entreprise, il assure l'acheminement des communications en utilisant le protocole internet. Le « call manager » est capable de traiter de nombreux appels simultanés indépendants. Il peut gérer les conférences multimédia, les boîtes vocales, les soft phones, les logiciels de messagerie instantanée ou encore les services « SMS ».

Le call manager supporte des services de la téléphonie tels que :

- Établissement d'un appel
- Décrochage sur sollicitation
- Transfert d'appel
- Renvoi d'appel
- Filtrage patron/secrétaire

III.3.1. Architecture du «Call Manager»:

Le « Cisco Call Manager » constitue une solution de traitement d'appel pour les entreprises, évolutive, à haute disponibilité et qui peut opérer dans une architecture centralisée ou distribuée. Plusieurs serveurs «Call Manager» peuvent être groupés (cluster) et administrés comme une seule entité.

La **Figure III.10** montre l'architecture en groupe (« Cluster ») :

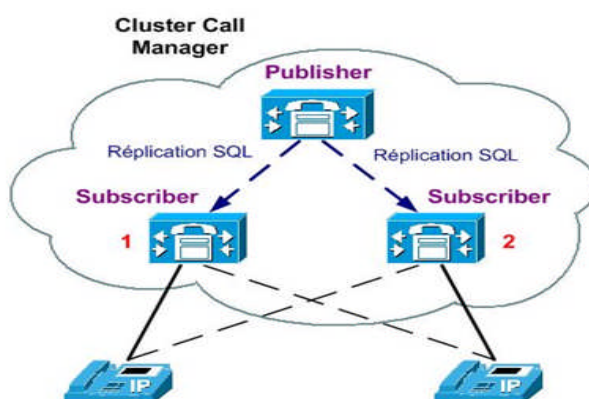


Figure III.10 : le «cluster Call Manager».

Le groupe comprend un ensemble de serveurs «Call Manager» : un « éditeur » (Publisher) et un ou plusieurs « abonnés » (Subscriber) qui partagent la même base de données et les mêmes ressources et qui peuvent gérer jusqu'à 30.000 téléphones IP.

L'«Editeur» est le serveur «Call Manager» "maître", son rôle est de définir les fonctions de chaque 'abonné', et de partager les charges.

L'«Abonné» est le serveur «Call Manager» "esclave", son rôle est d'assurer les fonctions que l'«Editeur» demande.

La fonction de groupage (clustering) de «Call Manager» fournit un mécanisme pour distribuer continuellement le traitement des appels dans toute l'infrastructure du réseau IP. L'architecture en groupe facilite la redondance, fournit un partage transparent des ressources et fonctionnalités entre les serveurs d'appel, et permet l'évolutivité du système.

III.3.2. Les partitions et les «Calling Search Spaces» du «call manager» :

Un téléphone IP peut appartenir à une et une seule partition et les partitions sont incluses dans un ou plusieurs «Calling Search Space».

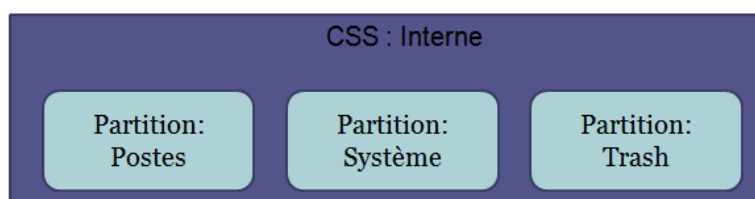


Figure III.11 : les partitions et le CSS du « call manager ».

Une partition est une entité qui permet de stocker des numéros. Les numéros stockés peuvent être de plusieurs types. Ils peuvent être des simples numéros directs de lignes, ou des expressions régulières représentant une plage de numéros.

Le principal intérêt d'une partition est d'organiser le parc téléphonique en classant les lignes par différents ensembles (ces ensembles peuvent être des « IP-Phones » appartenant au même service dans une entreprise ou appartenant à la même localisation géographique). Chaque numéro ne peut appartenir qu'à une seule partition.

«Calling Search Space» est une liste ordonnée de partitions, son principal intérêt est de donner la possibilité à deux partitions distinctes de communiquer entre elles, i.e. Lors d'une tentative d'appel, le « Call Manager » sollicite le « CSS » et contrôle l'appelant si ce dernier appartient à une partition dans le même « CSS » que l'appelé l'appel est exécuté. Sinon, l'appel est rejeté. Donc uniquement les entités appartenant au même « CSS » peuvent communiquer entre elles.

Grâce à ce système (« CSS ») Il est permis à un groupe de personnes d'appeler à l'international, et à d'autres d'appeler seulement en interne, etc.

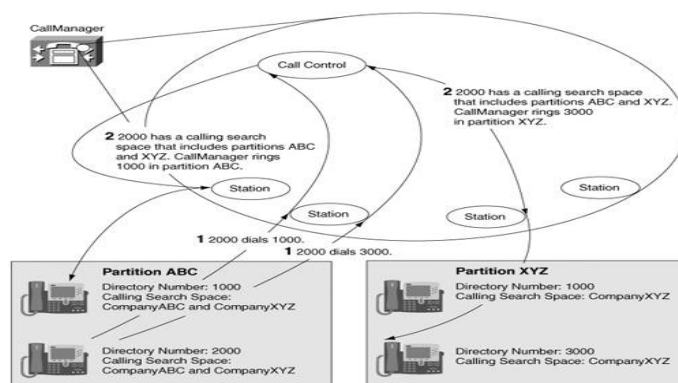


Figure III.12 : les autorisations entre les partitions du même CSS.

III.3.3. Le routage d'appel :

Lorsque le réseau se développe au-delà d'une passerelle unique, le «Call Manager» est configuré pour que les appels vers l'extérieur puissent utiliser toutes les passerelles et que le «Call Manager» choisit la passerelle correcte. Pour cela «Route Groups» et «Route Lists» sont utilisés.

Route Group : permet de choisir les différentes passerelles (Gateway) sur lesquelles l'appel sera acheminé.

Route List : regroupe un ensemble de « Route Group », afin de donner un ordre de priorité à ces différents « Route Group » en fonction de l'acheminement d'un appel. A chaque « Route List » est associé un numéro dit « Route Pattern » (expression régulière ou modèle de route). De cette manière, lors de la composition d'un numéro, lorsqu'il est accompagné par une expression régulière, il connaît l'acheminement que doit avoir cet appel.

Conclusion :

« VoIP » est une solution d'avenir davantage pour les entreprises, elle nécessite un ensemble d'équipements spécifiques et une configuration de chacun d'eux (modems et « IP-Phones »), c'est un service qui peut être facilement implémenté dans un réseau « VSAT/iDirect » en topologie star. « VoIP » offre une meilleure qualité de service avec une faible consommation en bande passante par rapport aux autres applications tel que la visioconférence.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Introduction :

Un réseau de communication VoIP entre deux sites distant (téléphone IP) a été implémenté sous la plateforme VSAT/iDirect en utilisant les logiciels « NMS iDirect » et le « Cisco call manager version 8.6 ».

I. Architecture du réseau :

Le réseau mis en œuvre est composé de deux sites distants, chacun doté d'une antenne VSAT, d'un « IP-Phones » et d'un routeur satellite iDirect.

Ces équipements sont reliés en topologie étoile (STAR) dont l'élément centrale est un HUB jouant un rôle d'intermédiaire pour toute communication via le satellite.

Un serveur d'appel « Cisco Call Manager » est indispensable au niveau du HUB pour garantir la gestion des appels entre les sites distants.

La **figure IV.1** présente cette architecture.

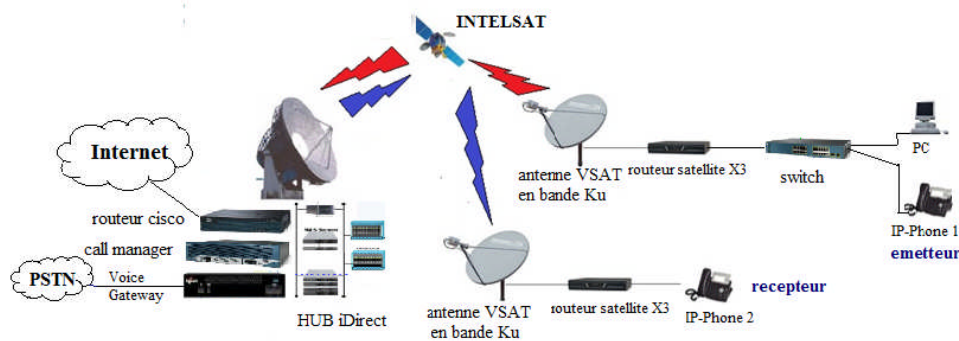


Figure IV.1 : architecture générale du réseau à mettre en œuvre.

II. Création du réseau :

Le réseau a été réalisé en suivant les étapes ci après :

- La configuration des terminaux iDirect (routeur satellite X3).
- Le Montage et pointage de l'antenne VSAT.
- La configuration des deux « IP-Phones » CISCO 7945.
- Le test et récupération du rapport de consommation.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

II.1. PARTIE I : Interconnexion de deux site distants

II.1.1. Etape 1 : coté HUB

Sur le coté HUB, nous avons ajouté les 2 routeurs satellites iDirect dans la base de données NMS et appliquer toutes les configurations nécessaires, puis générer un fichier de configuration qui sera avec d'autres packages dans l'équipement distant lors de l'installaion.

- **Création des terminaux (routeur satellite X3) au niveau du HUB :**

Le logiciel « iBuilder » permet d'effectuer cette opération.

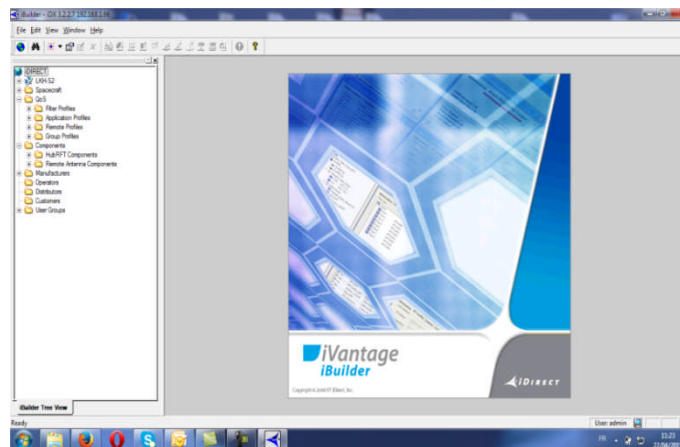


Figure VI.2: page d'accueil iBuilder.

- Choix du satellite :

Le satellite utilisé est « INTELSAT 901 », le transpondeur 6363. Ce satellite a été choisi car sa puissance iso-tropique (PIRE) est au pic au nord de l'Afrique, plus précisément en Algérie.

Ce choix est réalisé via « iBuilder » en sélectionnant les options successives suivantes : **IDIRECT → LKH S2 → INTELSAT 901.**

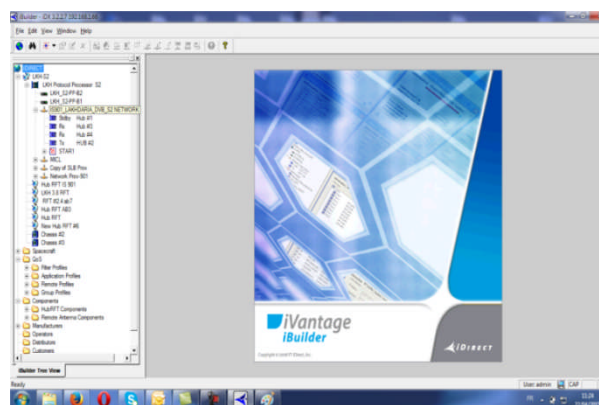


Figure VI.3 : le choix du satellite.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

- Choix d'un réseau et d'une topologie :

L'option STAR1 permet le choix d'un réseau étoile auquel sera ajouté un terminal selon le besoin du client.

Sélectionner : **STAR1** → bouton droit → **AddRemote**

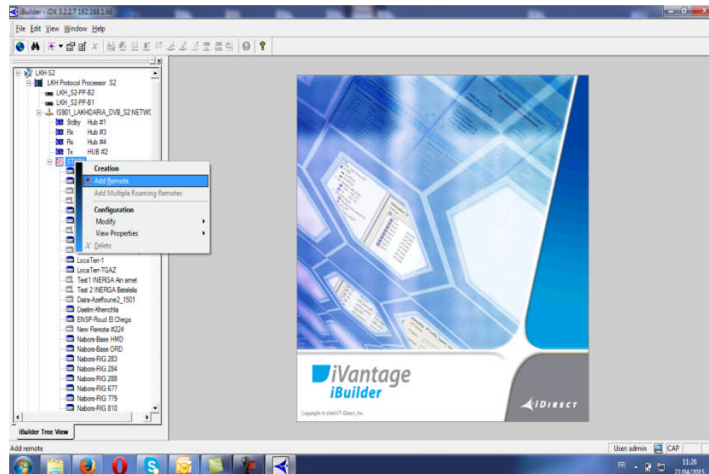


Figure VI.4 : Le choix du réseau et la topologie.

Des routeurs satellites ont été ajoutés en suivant les étapes de configuration suivantes :

- Définition des paramètres information :

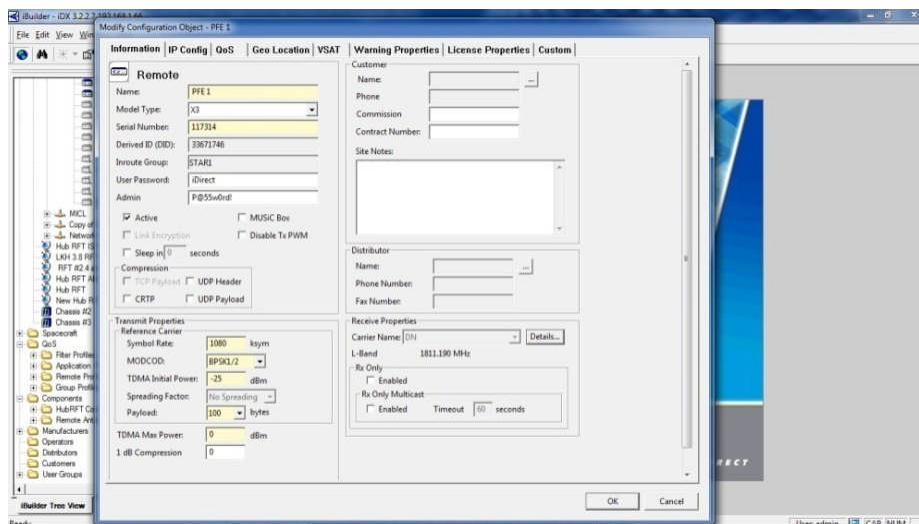


Figure VI.5 : définition des paramètres information.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

○ Définition des paramètres IP :

L'adressage est géré selon la plage d'adresses libres existantes. Cette plage elle peut être privée ou publique selon la demande du client avec un masque de sous réseau.

LAN Interface : Adresse IP du modem (utilisée pour la communication dans le réseau LAN).

Management Interface : Adresse SAT du modem (utilisé par le switch tunnel pour communiquer avec le HUB).

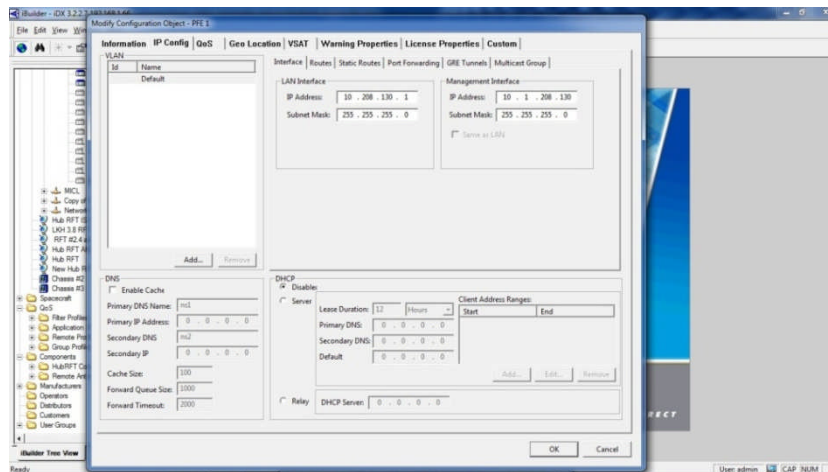


Figure VI.6 : définition des paramètres IP.

○ Définition des paramètres QoS (Qualité de service) :

Le service VoIP utilise une faible bande passante. Le choix des paramètres de qualité de service revient à garantir le minimum de bande passante pour une transmission temps réel de la voix.

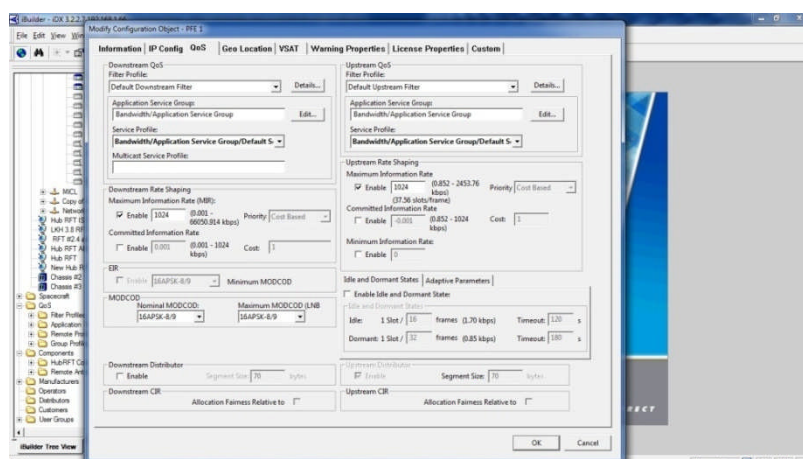


Figure VI.7 : définition des paramètres QoS.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

- Définition des paramètres de géo localisation :

Chercher sur Google maps les coordonnées GPS du lieu où le modem va être installé.
Pour le cas pratique considéré, le lieu est LAKHDARIA.

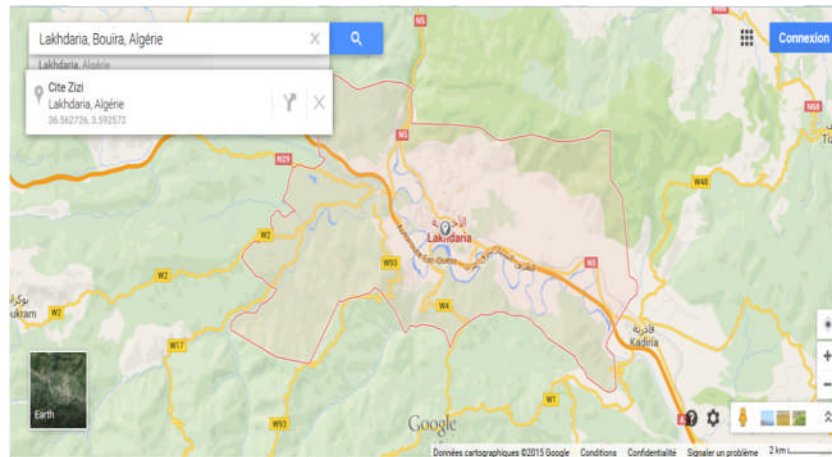


Figure VI.8 : coordonnées GPS de LAKHDARIA.

Entrer les coordonnées dans les champs correspondants dans la fenêtre de configuration qui lui correspond.

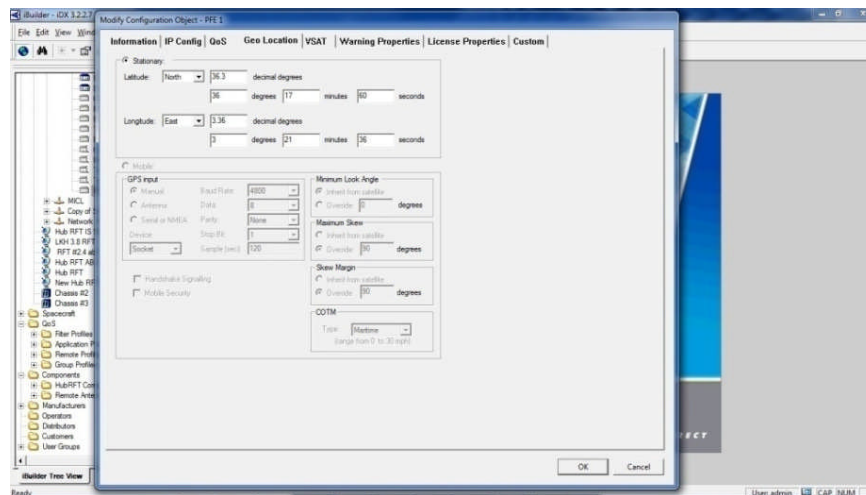


Figure VI.9 : paramètres de géo localisation.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

- Définition des paramètres VSAT :

Entrer les références du BUC, LNB et le réflecteur utilisé ainsi que le câble utilisé et sa longueur.

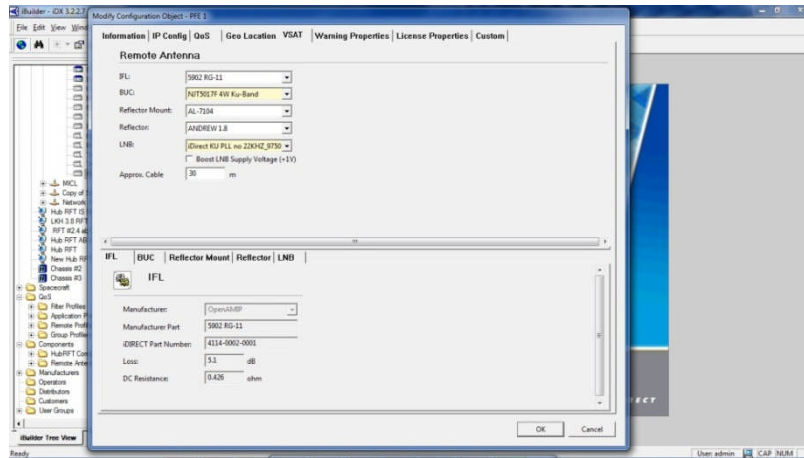


Figure VI.10 : paramètres VSAT.

Une fois la configuration terminée, le terminal (PFE 1) apparaît sur la liste des terminaux distants (« remotes ») du réseau.

Note :

Pour vérifier ou modifier les paramètres définis, procéder comme suit: **terminal + bouton droit → Modify → Item**

Génération du fichier de configuration « Option File » :

Sur l'arborescence à droite du logiciel « iBuilder » sélectionner successivement **le terminal → bouton droit → Retrieve → Saved Remote- Side Configuration.**

Enregistrer le fichier de configuration (OPT) à un emplacement voulu (Bureau par exemple).

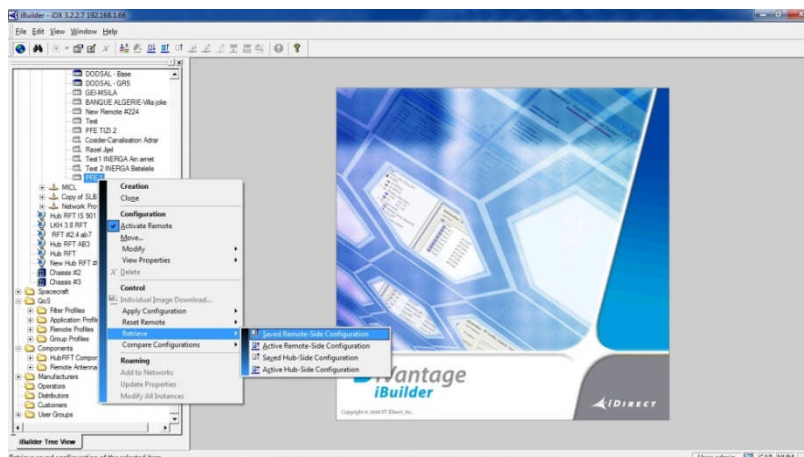


Figure VI.11: génération de l'option file.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

```
[Informations-11714-PT1-1-Notepad]
Fichier Edition Format Affichage ?
[BT] device_mode = rma
device_name = btp
device_path = /dev

[BT_REQ] device_mode = rma
device_name = btp_req
device_path = /dev

[COMPRESSION] Threshold = 90

[DEBUG] cpu_util_test_enabled = 0

[DVBS2] frame_length = 125.000000
frame_size = short
mode = aca
nct_interval = 3375000
pilot = 1
rc_fo11_off = 0.200000

[ENC] auth_level_required = 0
enc_enabled = 0
enc_layer_enabled = 0
enc_mode = 0
peer_mode = 1

[ETH0] interface = 1xp0
phy_count = 1

[ETH0_1] address = 10.208.130.1
netmask = 255.255.255.0
ftp_enabled = 0
web_server_enabled = 0

[FREQ_TRANS] down_translation = 9750.000000
up_translation = 10350.000000

[GAT_SERVER_PROXY] port = 14599

[LAN] lan_pe_ip = 0.0.0.0
lan_ip = 10.208.130.1
lan_subnet_ip = 255.255.255.0

[MODEM_INSTALLATION]
:
```

Figure VI.12 : Le fichier option file.

II.1.2. Etape 2 : coté client

- **Injection des packages et l'Option File dans le terminal à l'aide du client NMS « iSite » :**
Afin d'assurer le bon fonctionnement du routeur satellite on doit améliorer sa version logiciel pour corriger les bugs rencontrés dans sa version précédente, et ça en injectant les packages.

Un câble croisé est connecté entre le port LAN A du modem et le port Ethernet du PC.

L'application « iSite» est lancé pour :

- Détecter automatiquement détecter le routeur satellite et son adresse IP par défaut.
- Envoyer un Ping vers l'adresse du routeur satellite pour tester sa reconnaissance au niveau de « iSite».

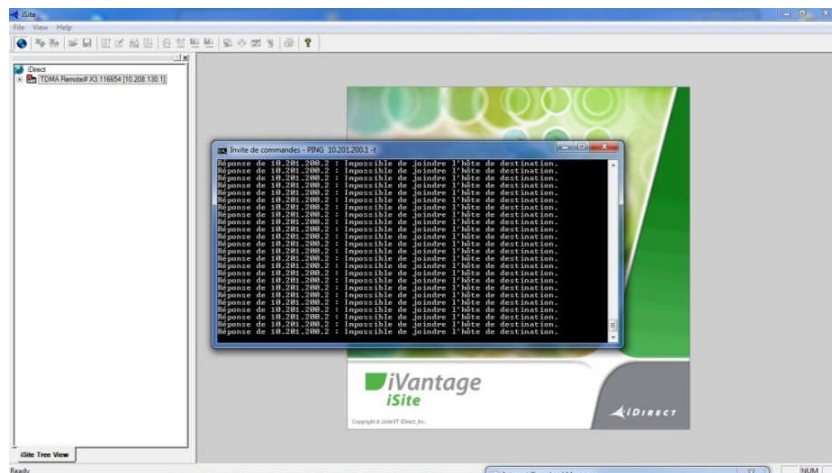


Figure VI.13 : le Ping vers l'adresse par défaut du modem.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Pour accéder au terminal, il faut configurer les adresses du PC dans le même réseau que le routeur satellite (terminal).

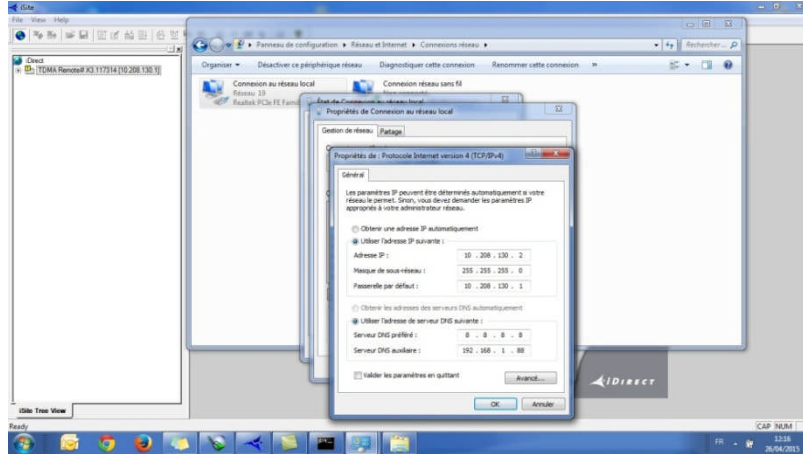


Figure VI.14: configuration des paramètres IP du PC.

Note : Il est possible de vérifier l'accès par envoi d'un « Ping » à l'adresse du routeur satellite (terminal).

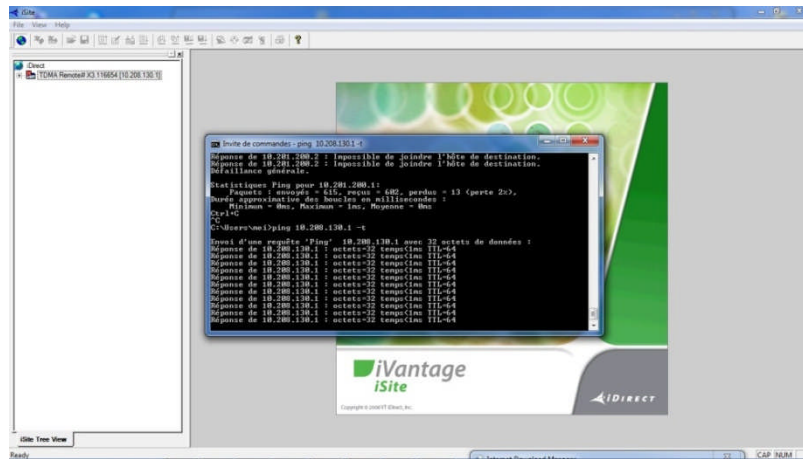


Figure VI.15 : le Ping vers l'adresse du modem.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Pour Accéder au terminal il suffit de procéder comme suit : **Terminal +Bouton droit → login**
Puis fournir l'adresse IP et le mot de passe par défaut.

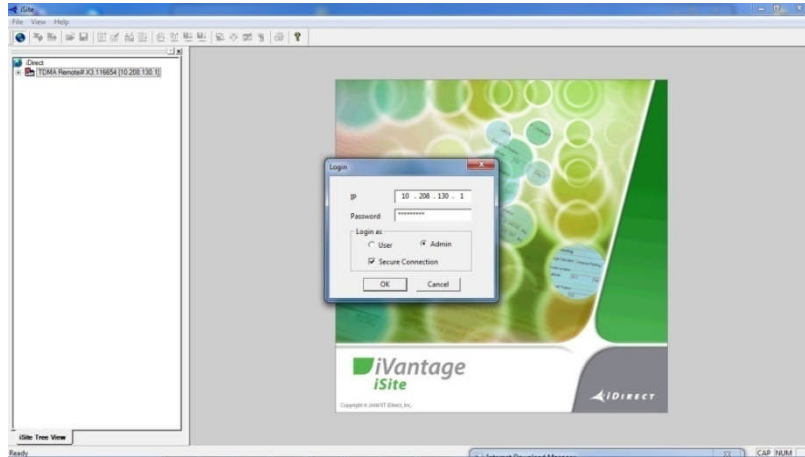


Figure VI.16 : Le login avec le mot de passe par défaut.

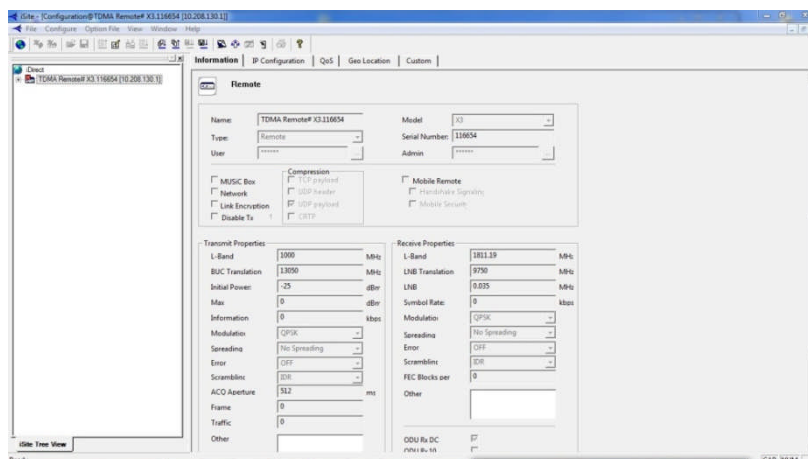


Figure VI.17 : accès au modem.

- **Injection des packages et mise à jour du routeur satellite :**

Le modem est accompagné de deux fichiers Image (packages evolution X3) appelés :

- cumulative_update-9.0.0.7.pkg : il contient le système d'exploitation.
- evo_x3_rmt-9.0.0.7.pkg : package remote.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Il faut injecter ces packages dans le routeur satellite pour la suite de configuration en procédant comme suit :

Sélectionner : **Terminal + le Bouton droit → Download Package**

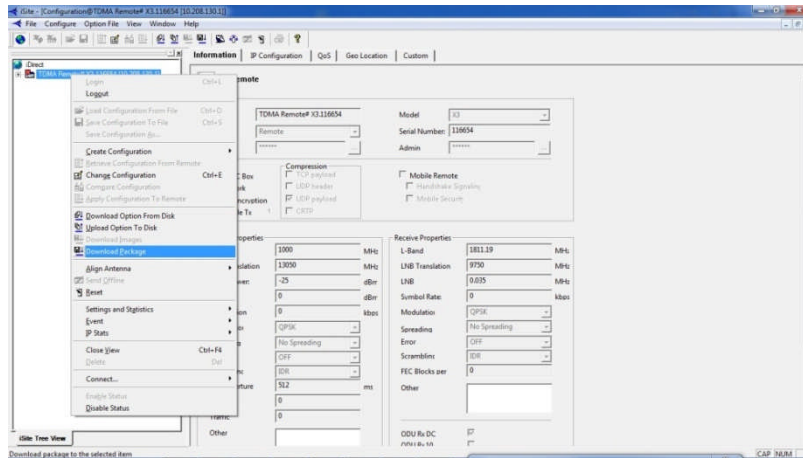


Figure VI.18 : téléchargement des packages.

Injection du fichier cumulative d'abord. Dans cette fenêtre, sélectionner :

- Don't check versions
- Download images only
- Don't reset

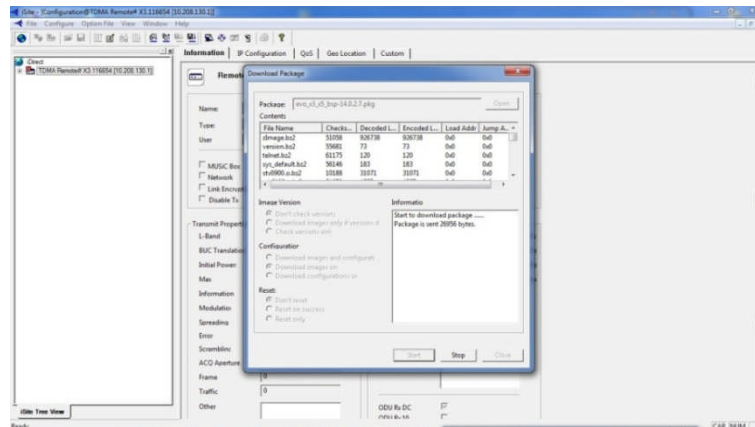


Figure VI.19 : téléchargement du fichier 'cumulative update'.



Figure IV.20 : fenêtre de dialogue.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Une fois téléchargement du « cumulative » package terminé. Injecter le fichier « Remote ».

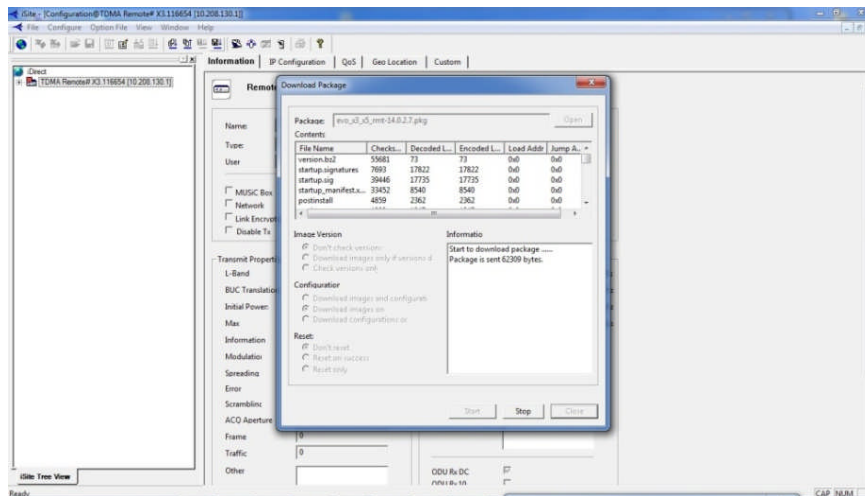


Figure IV.21 : téléchargement du fichier Remote.

- Injection du l'Option File :

Terminal + Bouton droit → Download Option fromDisk.

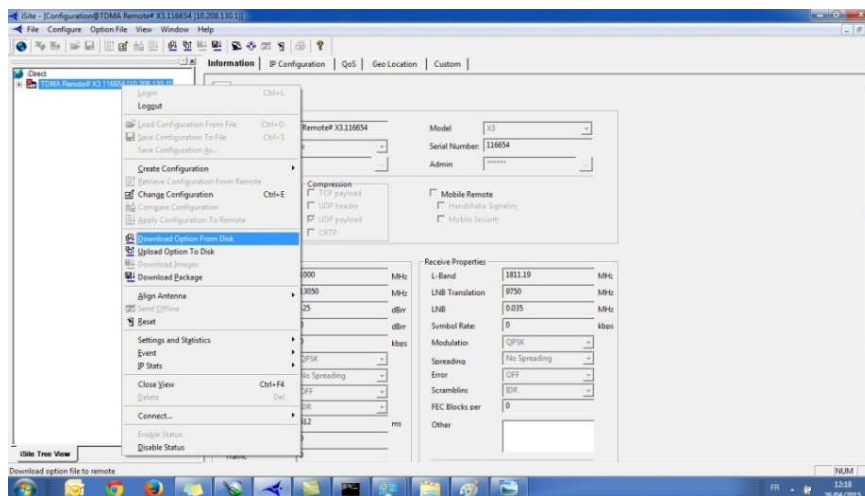


Figure IV.22: téléchargement de l'Option File.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Sélectionner l'option file sur le PC et cliquer sur Ouvrir.

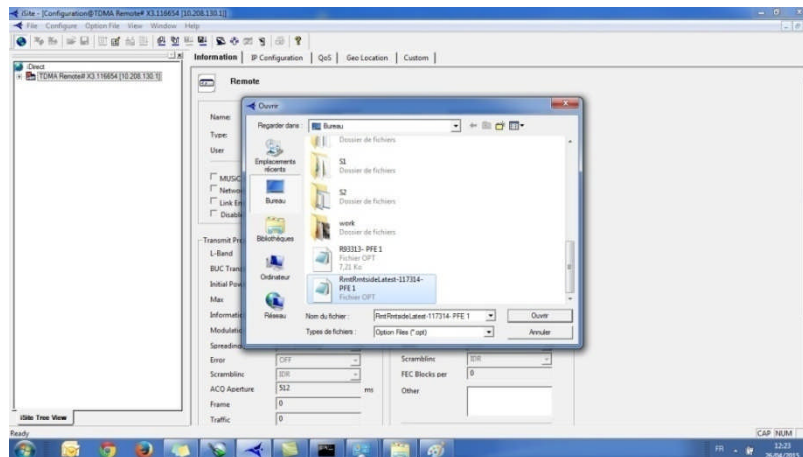


Figure IV.23 : fenêtre de téléchargement de l'option file.

Sélectionnons OUI pour confirmer le téléchargement.

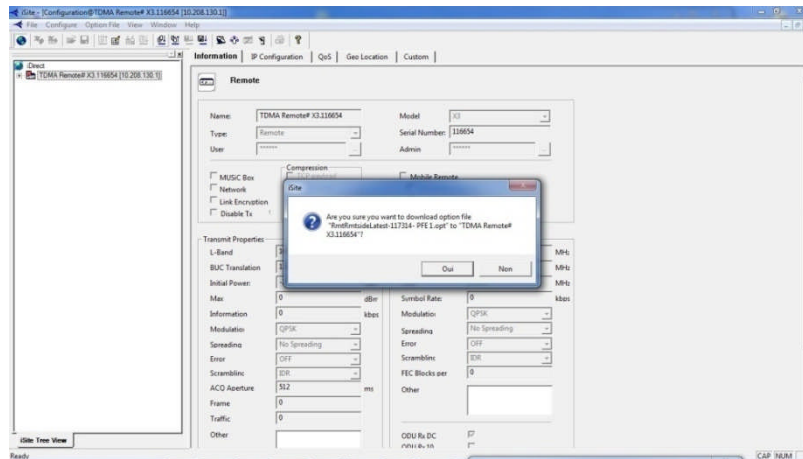


Figure IV.24 : confirmation du téléchargement de l'option file.

A la fin du téléchargement, redémarrer le routeur satellite pour tenir compte des derniers réglages (Reset).

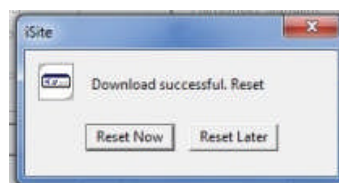


Figure IV.25 : redémarrage du routeur satellite.

Reconfigurer l'adresse IP du PC pour l'utiliser avec le routeur satellite qui possède maintenant une nouvelle adresse IP, changée par le chargement du fichier « OPT » (OPTION file).

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Redémarrer le logiciel « iSite» pour détecter automatiquement la nouvelle adresse IP du routeur satellite (Pour le cas pratique considéré l'adresse IP du routeur satellite est 10.208.130.1)

Remarque : les mêmes étapes de configuration sont effectuées pour ajouter le deuxième routeur dans le réseau qui a comme adresse IP 10.220.67.1.

II.1.3. Montage et pointage de l'antenne:

II.1.3.1. Montage de l'antenne :

Cette étape consiste à installer deux antennes VSAT (1.8 mètre de diamètre et un gain maximal 24 dBw) pour les deux clients.



Figure IV.26 : antenne par montage.

II.1.3.2. Pointage de l'antenne :

Pour pointer une antenne, il faut :

- Positionner l'antenne vers le satellite
- Vérifier avec une boussole l'élévation
- Réglage fin de l'azimut (rotation gauche droite)
- Réglage fin de l'élévation (rotation haut bas)
- Réglage fin de polarisation (rotation de la tête d'émission sur elle même)

CHAPITRE IV : APPLICATION.

II.1.3.2.1. Méthode 1 : En utilisant l'analyseur de spectre :

Connecter le « RX » du routeur satellite X3 à un diviseur de tension pour obtenir deux sorties. Puis relier une sortie au « LNB » afin de récupérer le signal capté par l'antenne, et la deuxième sortie à l'analyseur de spectre.

Entrer la valeur de la fréquence utilisée dans l'analyseur de spectre

Effectuer des réglages sur l'élévation et l'azimut afin de capter la porteuse.



Figure IV.27: le signal bruit capté par l'antenne VSAT.

Le pointage est fini lorsqu'obtient une porteuse telle que la montre la figure IV.29

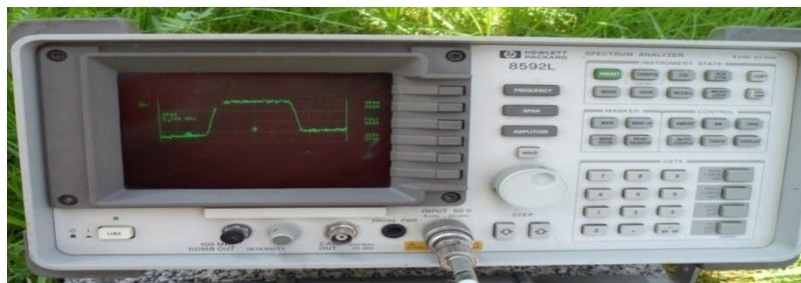


Figure IV.28 : le signal de la porteuse capté.

II.1.3.2.2. Méthode 2 : en utilisant le logiciel « iSite » :

Connecter le «RX » du routeur satellite au « LNB », et le port « LAN A » au port Ethernet du PC la figure IV.30 montre l'interconnexion.

CHAPITRE IV : APPLICATION.



Figure IV.29 : câblage du routeur avec le PC et l'antenne VSAT.

Configurer l'adresse réseau du PC. Adresse de la passerelle est l'adresse du routeur satellite (la nouvelle adresse).

Lancer « iSite » (il détecte automatiquement le routeur)

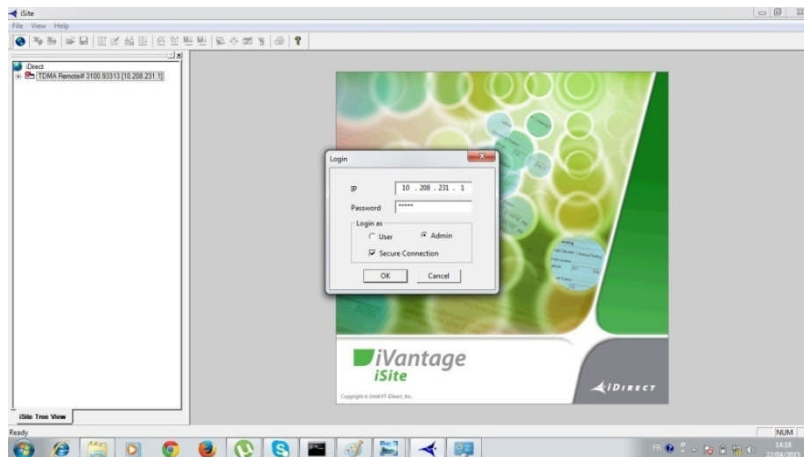


Figure IV.30 : accès au terminal.

Passage en mode pointage de l'antenne

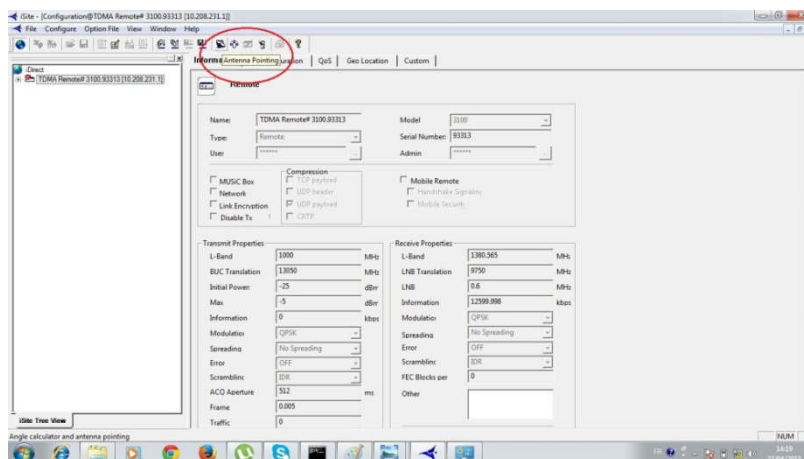


Figure IV.31 : passage en mode pointage de l'antenne.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Le « TX » du routeur satellite ne doit pas être relié au BUC.

Le pointage est effectué en surveillant les courbes SNR (Signal to Noise Ratio ou rapport signal sur bruit) sur « iSite ». La couleur (Rouge, jaune ou vert) de la courbe informe sur la qualité du Signal.

Une fois un SNR >12 est obtenu la courbe devient verte et le pointage fini.

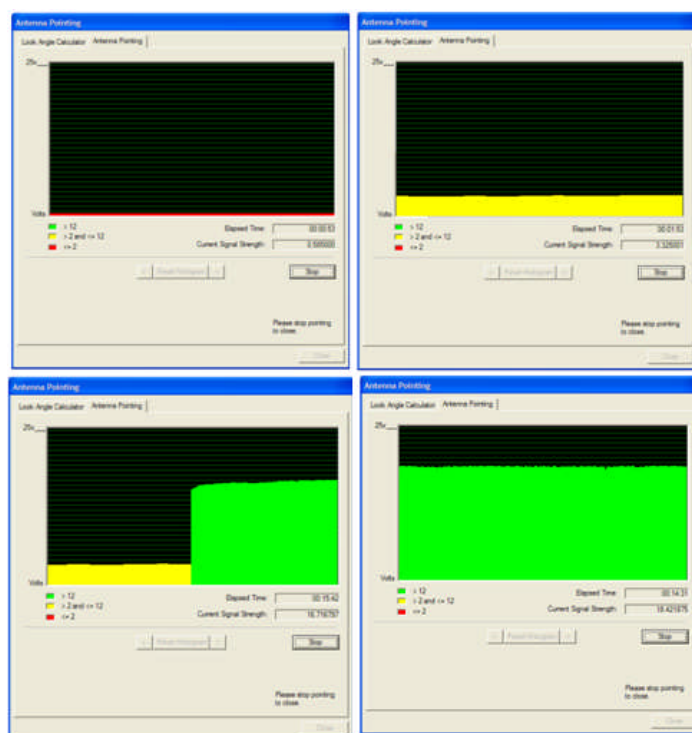


Figure IV.32 : augmentation du niveau du signal.

II.1.4. Description des indicateurs d'état LED sur le routeur satellite X3 :

Le tableau suivant résume les différents états des LEDs du modem X3 et la description de chaque état.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Label de la LED	Couleur de la LED	Description de l'état de l'unité
POWER	Off	Le routeur satellite est éteint ou il y a un problème d'alimentation
	Vert	Le routeur satellite est en marche
NET	Vert	Le routeur satellite a été acquis dans le réseau (synchronisation)
	Vert clignotant	Le routeur satellite tente l'acquisition dans le réseau
STATUT	Off	L'IDU fonctionne correctement
	Vert clignotant	L'unité démarre
	Rouge	Indique un sérieux problème ou défaut dans le logiciel, matériel ou configuration
TX	Vert	Le transmetteur IDU est actif
RX	Vert	L'IDU reçoit des données
	Vert clignotant	Les données ne sont pas reçues par le modem

Tableau IV.1: description de l'état des LEDs.

II.2. PARTIE II : Implémentation et gestion d'une application VoIP :

II.2.1. Configuration de l' « IP-Phone » :

Pour configurer un « IP-Phone » sur chacun des deux sites, procéder comme suit :

- Créer l'IP-Phone dans le serveur CCM (Cisco Call Manager).
- Configurer ses paramètres IP dans le réseau (passerelle, serveur DNS, masque sous réseau...).

II.2.1.1. Création de l'IP-Phone au niveau du serveur Call Manager :

Dans cette étape un « IP-Phone » est ajouté dans le serveur (Call Manager), avec tous les paramètres correspondants (type du téléphone, son adresse MAC, CSS,...).

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Une ligne lui est attribuée et un numéro de téléphone interne (quatre chiffres maximum pour le cas considéré). Et un numéro de téléphone de l'entreprise pour la sortie du réseau local vers le réseau téléphonique, il est composé de 10 chiffres.

Accéder au serveur CM avec son adresse privé et entrer le nom d'utilisateur et le mot de passe.

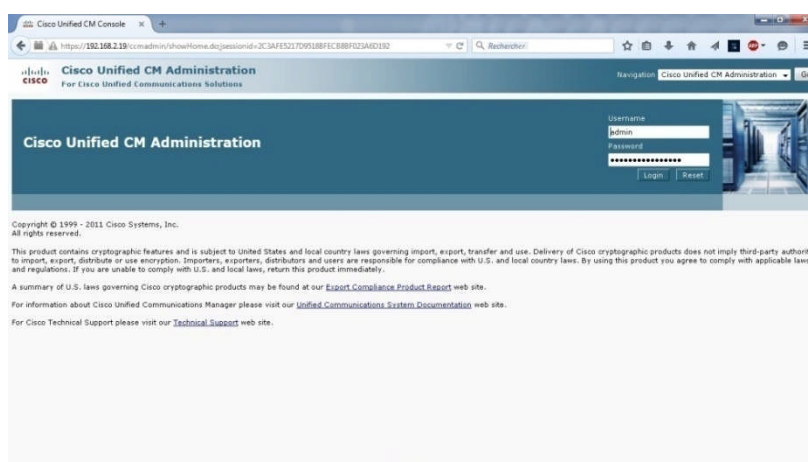


Figure IV.33 : accès au serveur Call Manager.

La figure suivante présente la page d'accueil du serveur.

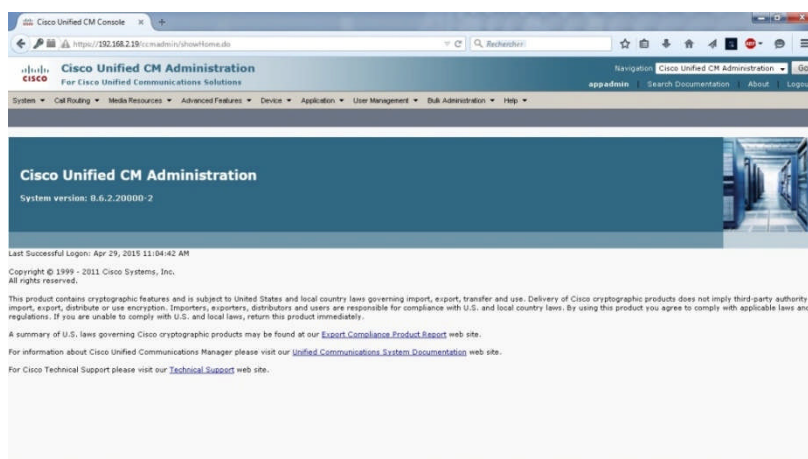


Figure IV.34 : page d'accueil Cisco Unified CM version 8.6.2

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Le Call Manager permet d'ajouter tout équipement appartenant au réseau VoIP tel que : « Gateway », « Gatekeeper », « IP-Phone ».

Pour ajouter un IP-Phone, sur la barre de menu, sélectionner : **Device -> choisir Phone.**

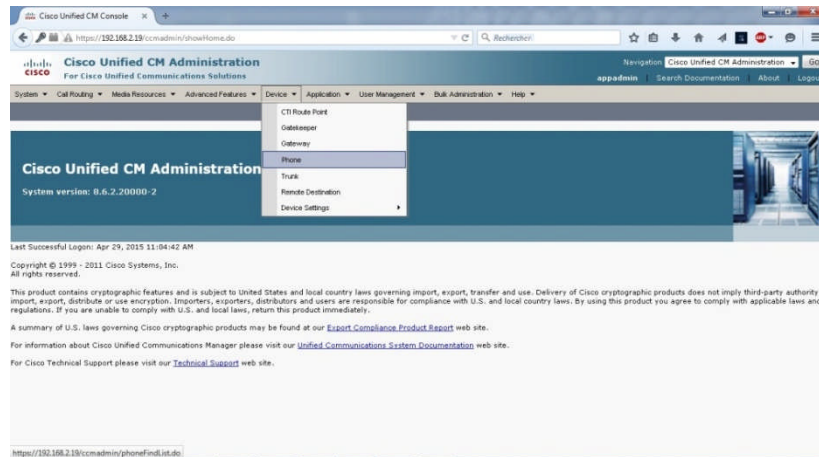


Figure IV.35 : accéder à la liste des IP-Phones dans le serveur.

Choisir : Add New

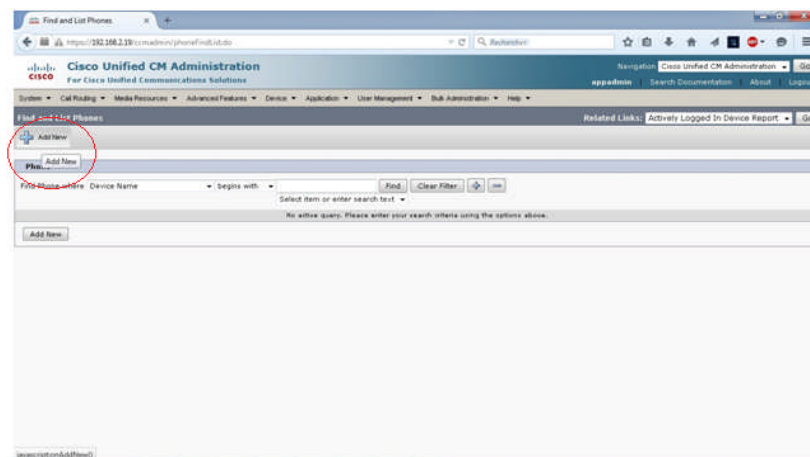


Figure IV.36 : ajouter un IP-Phone au Call Manager.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Sélectionner le type de l'IP-Phone (Cisco 7945).

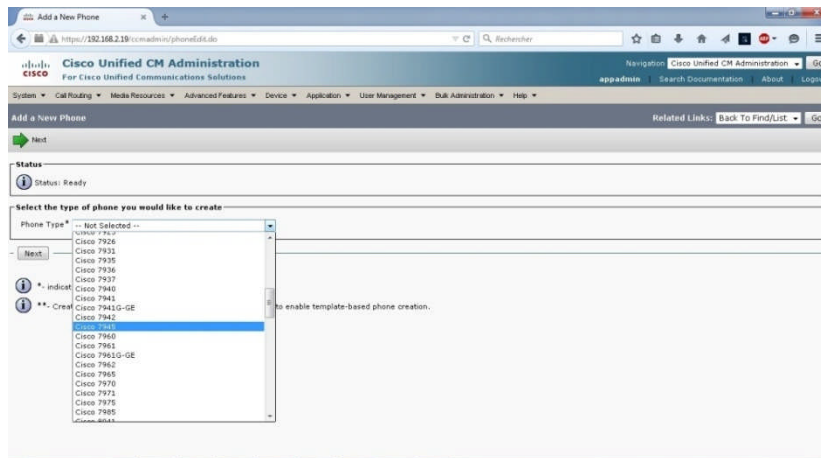


Figure IV.37 : type de l'IP-Phone.

Choisir le protocole de signalisation. Dans notre cas, pour une meilleure performance et compatibilité avec l'équipement, le protocole SCCP, propre à Cisco et correspond à « IP-Phone » Cisco 7945, a été utilisé.

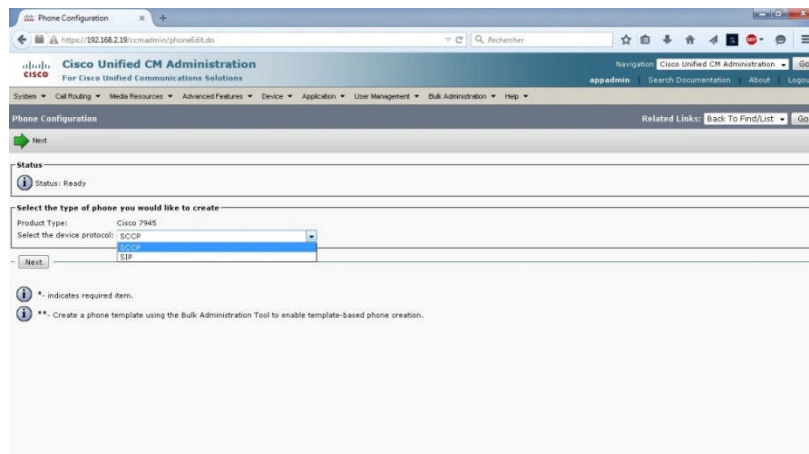


Figure IV.38 : protocole de signalisation.

Puis fournir les paramètres de configurations du téléphone : Adresse MAC, Description et Device Pool

Device pool: définit l'ensemble des caractéristiques communes aux appareils. La structure de « Device pool » de l'appareil prend en charge la séparation des informations de l'utilisateur et l'emplacement.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Calling Search Space (espace de recherche d'appel): Quand un « CSS » est attribué à un dispositif, la liste des partitions dans « CSS » comprend uniquement les partitions que le dispositif est autorisé à atteindre. Toutes les autres ne sont pas autorisées.

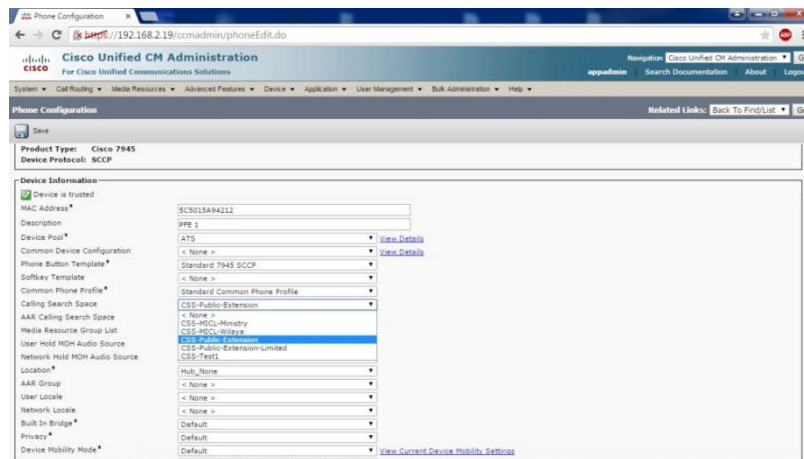


Figure IV.41: configuration du Calling Search Space.

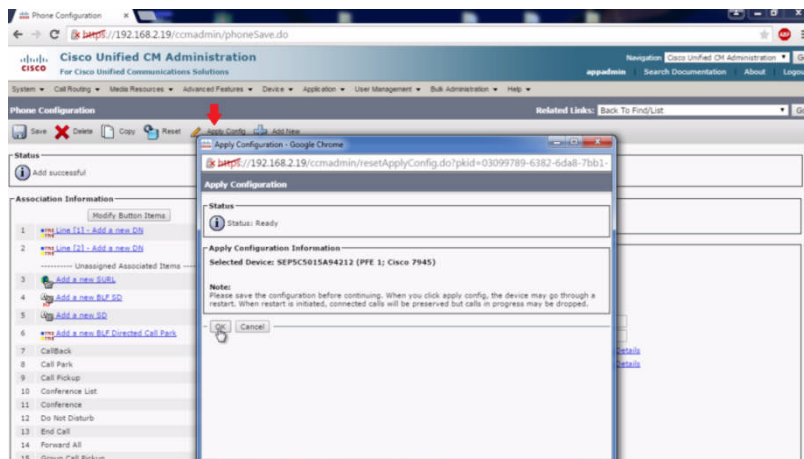


Figure IV.42 : Appliquer la Configuration.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Configuration de la ligne téléphonique :

Le nombre de lignes possible à associer dépend du type du téléphone. Cisco 7945 supporte jusqu'à deux lignes.

Sélectionner : **line [1] – Add a new DN (Directory Number).**

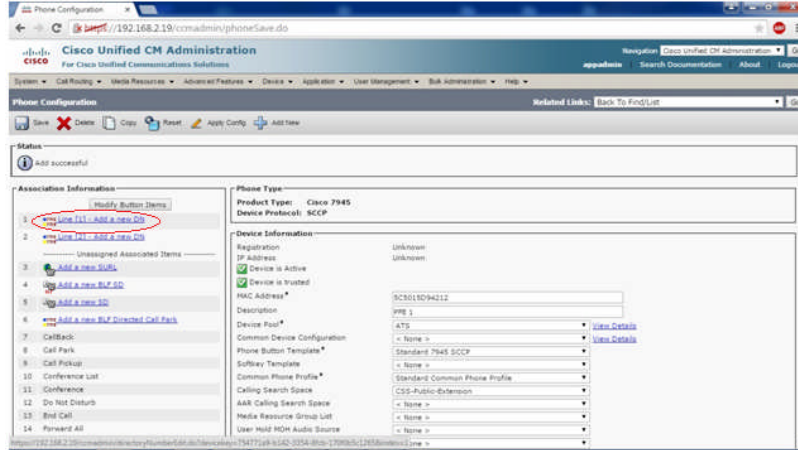


Figure IV.43 : ajout d'une ligne.

Modifier les paramètres de configuration :

Directory number : le nombre de chiffres que contient le numéro attribué au téléphone varie selon le nombre total de téléphones dans le réseau.

Route partition et Calling Search Space : fourni la capacité de mettre en œuvre des restrictions d'appel et de créer des groupes de plans de numérotation fermé sur le même serveur Cisco Unified Communications Manager.

External phone number mask : il est utilisé pour la manipulation et le routage d'appel vers le réseau PSTN.

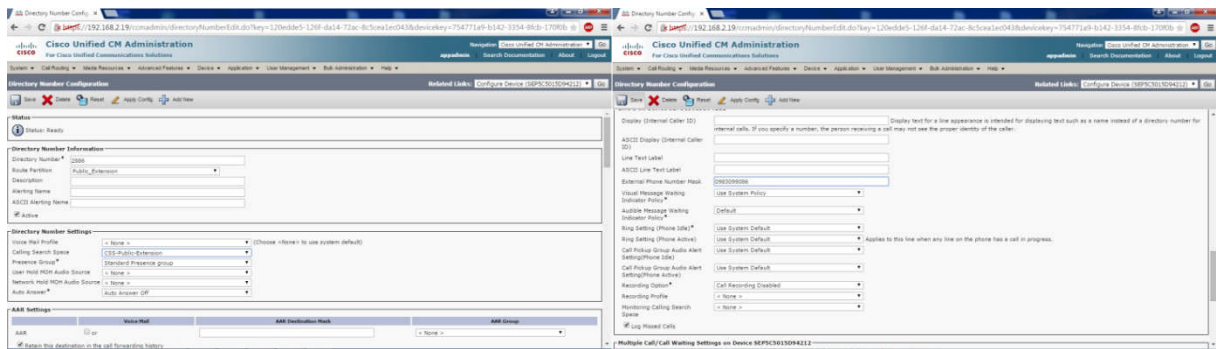


Figure IV.44: configuration directory number phone.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

Afin d'afficher, vérifier ou modifier les paramètres : choisir **device** → **phone** → entrer la **description** → **Find**.

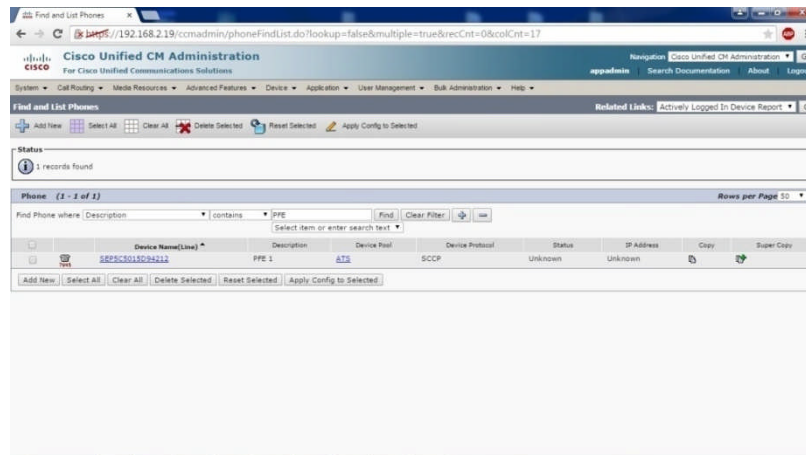


Figure IV.45 : Liste des IP-Phones.

II.2.1.2. Configuration d'adresses IP du téléphone :

L'intégration de l'IP-Phone dans le réseau nécessite une configuration IP au niveau du téléphone. Cette dernière consiste à attribuer au téléphone, selon un plan d'adressage:

- une adresse IP
- un masque sous-réseau
- la passerelle (le modem)
- serveur DNS 1, serveur DNS 2 (pour la redondance)
- serveur TFTP 1 (call manager) serveur TFTP 2 (pour la redondance).

Relier le port Ethernet du téléphone au port LAN A du routeur X3, afin de synchroniser le réseau.



Figure IV.46 : câblage IP-Phone au modem.

CHAPITRE IV : APPLICATION.



Figure IV.47 : IP-Phone synchronisé.

II.3. PARTIE III Test d'appel VoIP et surveillance de consommation.

Rapport de consommation sur iMonitor (le trafic IP):

La dernière étape est le test du bon fonctionnement du réseau.

Une fois tous les équipements du réseau câblés et configurés, un appel du premier site distant vers le deuxième site est effectué.

Le logiciel iMonitor permet de suivre l'appel, et donne les rapports du trafic consommé, comme le montre la figure IV.48 :

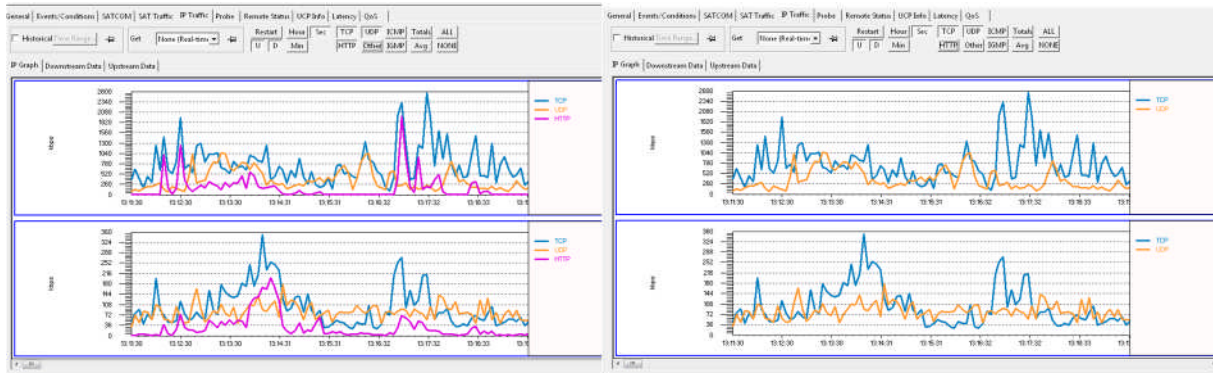


Figure IV.48 : rapport de consommation lors de l'ouverture de la session.

CHAPITRE IV : APPLICATION.

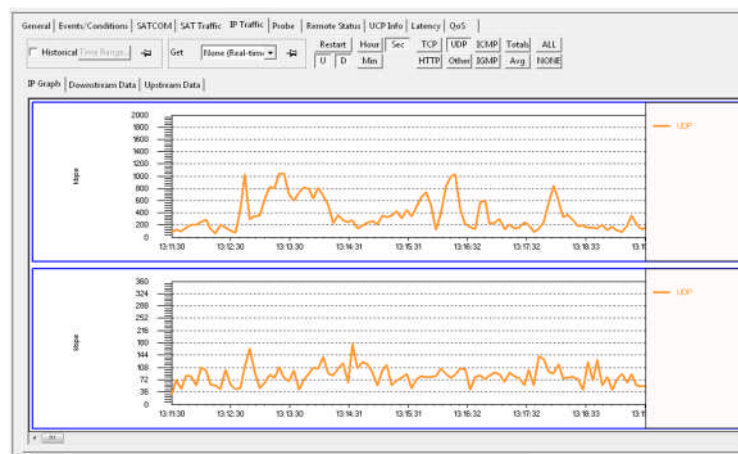


Figure IV.49 : consommation lors de l'appel VoIP.

Conclusion :

La transmission de la voix dans un réseau satellite exige le choix des équipements et de plateformes de transmission garantissant une meilleure qualité de service.

L'installation du réseau VSAT iDirect ne demande pas trop d'infrastructures. Les configurations faites ne sont pas complexe et ne prend pas beaucoup de temps.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le centre de télécommunication par satellite (CTS) joue un rôle majeur dans l'industrie des télécommunications d'Algérie Telecom Satellite. Il offre des solutions voix/vidéo/données de meilleures performances et de haut débit, notamment pour les entreprises. Et ceci grâce à l'utilisation de la technologie iDirect qui offre un bon compromis pour la VoIP vu les paramètres avantageux qu'elle a adoptés.

En vue de préparer notre mémoire de fin d'étude nous avons effectué un stage de trois mois au sein de ce centre. Durant ce stage et grâce à l'aide précieuse et les heures notables sacrifiées pour nous par la Co-promotrice (M^{lle} Aoudia Maïssa) et les ingénieurs iDirect de l'entreprise, nous avons mis la main sur plusieurs activités et nous avons acquis diverses connaissances qui s'intègrent dans le domaine des télécommunications par satellite. A titre de citation :

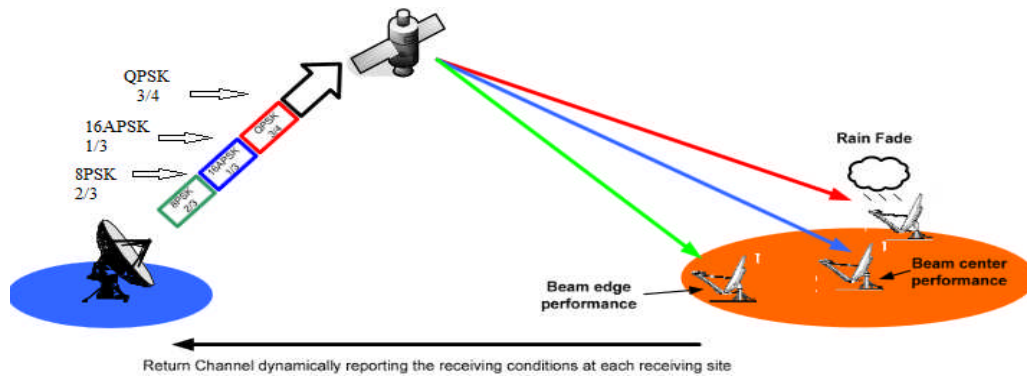
- ❖ Pointage d'antenne « VSAT » en utilisant deux méthodes : Pointage à l'aide du Spectrum et utilisation de logiciel « iDirect NMS iSite ».
- ❖ Configuration des routeurs satellite « iDirect » à l'aide de « iBuilder ».
- ❖ Création et Configuration de « IP-Phones » dans « Call Manager ».
- ❖ test et tentatives d'appels entre deux téléphones « IP » installés dans notre réseau.
- ❖ Surveillance des consommations de flux « UDP » avant affectation d'appel (en cours d'appel et en fin d'appel) à l'aide de « iMonitor ».

Nous avons aussi eu la chance d'assister à la réalisation d'une visioconférence, voir ses équipements et leurs configurations.

Le travail sous le thème Voice over Internet Protocol au niveau du « CTS » nous a apporté un bagage honorable.

ANNEXE

ACM (Adaptive Coding and Modulation) : consiste à adapter les codes de corrections et les modulations utilisés en fonction de la qualité du signal, autrement dit, lorsque le signal se dégrade (mauvaises conditions atmosphériques) la modulation se bascule au niveau inférieur (moins de bits transmis).



AES (Advanced Encryption Standard): est une nouvelle norme de cryptage qui utilise le réseau de substitution – permutation, AES utilise trois clés de différente longueur: 128, 192, 256 bits et une longueur de bloc de 128bits.

Asynchronous Transfer Mode: c'est un protocole réseau de niveau 2, qui a pour objectif de multiplexer différents flots de données sur un même lien utilisant une technique de type TDM.

Bande de fréquence: définit une plage de fréquences des ondes radio qui constitue l'ensemble minimum des fréquences qu'on doit retrouver au niveau de récepteur pour assurer une transmission fiable.

Bande passante: désigne la bande de fréquences de signaux que la ligne passe.

BER (Bit Error Rate ou TEB Taux Erreur Binaire): C'est tout simple. On va compter, à la réception, le nombre de bit erroné reçus sur le nombre total de bit reçus. Si sur 1000 bits reçus, il y en a un de faux, on a un BER de 1/1000.

Canal : une partie de spectre des fréquences comprises entre deux fréquences spécifiées où chaque station exploite une fréquence particulière, il est destiné à être utilisé pour une transmission.

CCM (Constant Coding and Modulation): c'est une méthode d'application de codage dans un flux de données dans lequel chaque trame est transmise au même MODCOD.

Contrôle de congestion: La couche réseau est également en charge de déterminer la façon dont les liens sont utilisés. Par exemple, il est à la couche réseau pour réguler le trafic circulant afin d'éviter la congestion sur le lien, si le flux de la circulation dépasse la capacité de la liaison.

Contrôle de flux : La couche de transport est chargée de contrôler le flux d'informations entre les bornes d'extrémité de telle sorte qu'une borne rapide ne sature pas la borne lente. Cette commande d'écoulement est distincte de celle de la couche liaison de données, même si cela peut être fait par des moyens similaires.

Contrôle de flux avec fenêtrage : La combinaison de l'utilisation des numéros de séquence et d'acquittement avec la notion de fenêtre permet de contrôler la quantité de données à transmettre avant de procéder à un acquittement. Au début des échanges, la taille de fenêtre est réduite. Si aucune erreur ne survient, cette taille de fenêtre augmente suivant une règle définie. Au contraire, si des erreurs surviennent, la taille de fenêtre diminue de façon à augmenter le nombre des contrôles.

3DES, ou également connu comme Triple DES (Data Encryption Standard) est une norme de cryptage des données. 3DES est juste une adaptation au cryptage DES appliqué trois fois à l'information qui est cryptée. Il utilise une clé de cryptage limitée à 56bits et une longueur de bloc de 64bits.

D-TDMA : Technique utilisée pour éviter des collisions de stations qui transmettent simultanément. Les désignations du time slot offrent une garantie de livraison, améliorent le débit en réduisant / éliminant les retransmissions.

Le site reçoit une bande passante minimum dédiée. Dans cette technique une bande passante supplémentaire est allouée à un site dynamiquement plusieurs fois par seconde, selon la demande.

Encapsulation : C'est un mécanisme de transmission de données. Lorsqu'une application envoie des données vers le réseau, chaque couche traversée exécute un processus d'encapsulation de l'unité de données fournie par la couche supérieure en ajoutant un entête, voire une remorque, qui lui est propre. Réciproquement à la réception, chaque couche exécutera une desencapsulation pour en final ne restituer que les données utilisateurs à l'application.

Faisceaux hertziens : Les faisceaux hertziens désignent les liaisons point-à-point entre deux stations radioélectriques fixes équipées d'antennes directives.

FTP: protocole de transfert de fichiers, est un protocole de communication destiné à l'échange informatique de fichiers sur un réseau TCP/IP. FTP obéit à un modèle client-serveur, c'est-à-dire qu'une des deux parties, le client, envoie des requêtes auxquelles réagit l'autre, appelé serveur

Gigue : une estimation statistique de la variation de temps d'arrivée inter-paquets.

Http : *HyperText Transfer Protocol*, protocole de transfert hypertexte est un protocole de communication client-serveur développé pour le World Wide Web. HTTP est un protocole de la couche application. Les clients HTTP les plus connus sont les navigateurs Web permettant à un utilisateur d'accéder à un serveur contenant les données.

MCPC Multiple canal par porteuse : se réfère au multiplexage d'un certain nombre de canaux de données numériques en un train de bits numérique commun, qui est ensuite

utilisé pour moduler une porteuse unique qui transmet tous les services à l'utilisateur final.

Modulation : est une opération de traitement du signal qui permet de l'adapter à un canal de communication qui sert à transmettre un signal d'information à l'aide de signal porteuse.

Modulation QPSK : La modulation en quadrature de phase (QPSK) correspond à une modulation PSK-4, c'est donc une modulation à 4 états de phase ($M = 4$). La phase peut prendre les valeurs $-3P/4$, $-P/4$, $+P/4$ ou $+3P/4$.

MTU : Lors d'une transmission de données informatiques, **maximum transmission unit (MTU)** est la taille maximale d'un paquet pouvant être transmis en une seule fois (sans fragmentation) sur une interface.

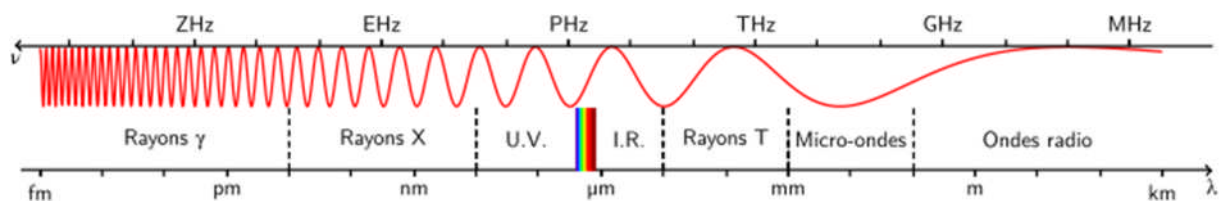
Porteuse : est une onde sinusoïdale, qui verra un de ses paramètres (amplitude, fréquence ou phase) être modifié par le signal modulant (l'information à transmettre). Le paramètre qui varie définit le type de modulation.

Proxy : est un serveur qui joue le rôle d'intermédiaire en se plaçant entre deux hôtes pour faciliter leurs échanges, ou bien pour accéder à un autre réseau généralement Internet.

Reed Solomon : Ce code est noté RS (204, 188, t=8), ce qui veut dire 188 octets en entrée, 204 en sortie du codeur et 8 octets sur 188 peuvent être corrigés. C'est un code en bloc qui va ajouter 16 octets de redondance derrière chaque paquet. Si plus de 8 octets sont détectés comme erronés, le paquet est marqué comme défectueux.

Spectre électromagnétique : il regroupe l'ensemble de toutes les ondes électromagnétiques en fonction de leur longueur d'onde et de leur fréquence. Les ondes électromagnétiques n'ont pas besoin d'un support matériel pour se déplacer.

Voici à quoi ressemble le spectre électromagnétique.



Support de transmissions : tous les moyens par lesquels on peut conduire un signal de son lieu de production à sa destination avec le moins possible de dispersions ou distorsions.

TELENT: (TErminale NETwork ou TELEcommunication NETwork, ou encore TELEtype NETwork): est un protocole réseau utilisé sur tout réseau prenant en charge le protocole TCP/IP. Il appartient à la couche application du modèle OSI. Le but du protocole Telnet est de fournir un moyen de communication très généraliste, bi-directionnel et orienté octet.

Téléport : un téléport ou station terrestre de télécommunication par satellite, est une installation d'antennes paraboliques de grande taille, permettant l'émission de signaux de télécommunication vers des satellites de télécommunication en orbite géostationnaire.

VPN : Un système permettant de créer un lien direct entre des ordinateurs distants. Il est dit virtuel car il relie deux réseaux "physiques" par une liaison non fiable (Internet), et privé car seuls les ordinateurs des réseaux locaux de part et d'autre du VPN peuvent "voir" les données.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEB- GRAPHIQUES

- [1] : Allouche Benjamin. Chabal Silvère. La communication des données par satellites. 2004/2005 Montpellier.
- [3] : Satellite Communication Basics. INSTALLATION OPERATION & MAINTENANCE. Juin 2007.cours.
- [6] : Dominique Revuz et Etienne.resaux satellites.2000.projet fin d'études.Ingénierie Informatique et réseau au sein de l'UFR Ingénieurs. Université de Marne la vallée.
- [8] : Fleury Sébastien.GIROD Jean Mark, Watanabe Ryo. 2000. Rapport suite à l'exposé fait en cours de nouvelles technologies. Les satellites et la technologie VSAT. université Mame-la-valléo.
- [9] : A. Dupret. Modulations Numériques et Multiplexages. IUT de ville taneuse.
- [10] : Mme N.BOUZIANE.Techniques aléatoires d'allocation de fréquences pour les réseaux satellitaires. Faculté d'électronique et d'informatique. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene
- [11]: B. Djamah. 2008/2009. Communication de données et réseaux. Support de cours.
- [12]: John Wiley & Sons. VSAT Networks. 2003.Second Edition. Gérard Maral . ISBN 0-470-86684-5.Ecole Nationale Supérieure des Telecommunications,Site de Toulouse France
- [13]: NATHAN J.Muller.2003.Wireless A to Z. 2003. By The McGraw-Hill Companies. USA.
- [14]: Demble Labbass et Pulle Ronald. Encadré par Dr BOUTIOUTA 2007. Dimensionnement d'une liaison VSAT (VoIP). Projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en Télécommunications. Institut des télécommunications Abdelhafid Boussouf d'Oran.
- [15]: Aiboud Hocine, Hamdi Djamel. Encadré par B.Djamah. 2012/2013. La mise en œuvre d'un système VSAT sous la plateforme iDirect et implémentation d'un système de visioconférence. Projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme de MASTER II en RMSE. Université MOULOD MAMMERI. Tizi Ouzou.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEB- GRAPHIQUES

- [16]: IDirect. Décembre 2009. Exploitation et Entretien de iDirect. Guide de l'instructeur/ Etudiant. iDX Version 2.0x.
- [17]: Site officiel iDirect. Adresse URL : <http://idirect.net>
- [18]: Site officiel d'Algérie Telecom Satellite. Adresse URL : <http://www.ats.dz/>
- [2]: www.eutelsat.com
- [4]: www.je-comprends-enfin.fr
- [5] : Comprendre la réception par satellite. www.sandbox-team.be.
- [7]: www.wikipédia.com
- [19]: www.mémoire online.com
- [20]: www.cisco.com