



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieurs et

De la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Département informatique

*Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de
master en informatique.*

Thème:

*Implémentation du service visioconférence via
VSAT/iDirect*

Cas: CTS Lakhdaria

Réalisé par :

Ait Belkacem Zaïna

Achour Nedjma

Dirigé par :

M^{me} R. Aoudjít

M^r S. Dekari

Promotion: 2014/2015

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions le bon Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la patience et la volonté pour réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et remerciement à nos parents qui souffrent pour embellir nos jours.

Nos remerciements s'adressent à notre promotrice M^{me} R. Aoudjit et nos encadreurs au CTS Lakhdaria M^r Dheqari et M^{elle} Aoudia et leurs collègues de nous avoir encadrées et orientées tout au long de notre travail.

Que les membres du jury trouvent ici nos plus vifs remerciements pour avoir honoré de leur jugement notre travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à nos proches et nos amis qui nous ont portés leurs soutiens, de près ou de loin.

Sommaire:

Chapitre1:

Introduction.....
...1	
Réseaux satellitaires.....	1
I. La partie spatiale.....	2
I.1. Définition d'un satellite.....	2
I.2.1 La charge utile.....	2
1. Les antennes.....	2
2. Les transpondeurs.....	2
I.2.2 La plateforme.....	4
I.3. Les orbites.....	5
3.1 Définition de l'orbite.....	5
3.2. Les différentes orbites.....	5
II. La partie terrienne.....	8
II.1. Antenne parabolique Vsat.....	8
II.1.1. Les composants de l'antenne parabolique VSAT.....	8
1. LNB (Low Noise Block-converter : convertisseur à bruit réduit).....	8
2. BUC (Block Up Converter).....	9
3. Wave guide (guide d'ondes).....	9
4. Feed horn(cornet d'alimentation).....	9
5. OMT (Orthogonal Mode Transducer ou duplexeur de polarisation).....	9
6. Cable IFL(Inter Facility Link).....	9
7. Le réflecteur.....	10
II.2. Démodulateur.....	10
II.3. PIRE (Puissance isotrope rayonnée équivalente).....	10
II.4. Polarisation.....	11
II.4.1. Polarisation linéaire.....	11
II.4.2. Polarisation circulaire.....	11
III. La partie radiofréquence(RF).....	12
1. Bande de fréquences.....	12
III.1.1. Présentation.....	12
III.1.2. Bandes de fréquences allouées.....	12
III.2. Codage.....	13
III.3. Le multiplexage.....	13
III.3.1. Les méthodes d'accès FAMA (Fixed Assignment Multiple Access).....	14
III.3.2. Les méthodes d'accès aléatoire.....	14
III.4. Modulation.....	15
III.4.1. ASK (Amplitude Shift Keying).....	15
III.4.2. FSK (Frequency Shift Keying).....	15

III.4.3. PSK (Phase Shift Keying).....	16
IV. Avantages et contraintes des satellites.....	16
La technologie VSAT.....	18
I. Définition.....	18
II. Organisation d'un réseau VSAT.....	18
III. Topologie d'un réseau VSAT.....	19
III.1. Topologie en étoile.....	19
III.2. Topologie maillée.....	19
III.3. Topologie hybride.....	20
IV. Les composants d'un réseau VSAT.....	20
IV.1. Le Outdoor unit.....	20
IV.2. Le Indoor unit.....	20
IV.3. Le hub.....	20
V. Les services offerts par VSAT.....	20
VI. Avantages et inconvénients des réseaux VSAT	21
Conclusion.....	22

Chapitre4:

Introduction.....	53
I. Les logiciels utilisés.....	53
I.1. iBuilder.....	53
I.2. iMonitor	53
I.3. iSite.....	53
II. La simulation.....	54
II.1. Plan de la simulation	54
II.2. Architecture du réseau.....	54
II.3. Première partie.....	55
II.3.1. Côté hub.....	55
II.3.2. Côté client.....	61
II.4. Deuxième partie.....	67
II.4.1. Configuration de la caméra POLYCOM.....	67
II.4.2. Création et configuration de la visioconférence au niveau de la MCU (Codian).....	68
Conclusion.....	72

Liste des tableaux :

Chapitre1:

Tableau 1 : Les bandes de fréquences.....12

Chapitre2:

Tableau 2: Lames du codian.....26

Tableau 3: Codec audio.....30

Tableau 4: Codec vidéo.....31

Tableau 5: Format d'images.....31

Tableau 6: Ports utilisés par la visioconférence.....32

Chapitre3:

Tableau 7: Comparaison entre DVB-S1 et DVB-S2.....37

Liste des figures :

Chapitre1:

Figure 1: Communication via satellite.....	1
Figure 2: Architecture d'un satellite.....	2
Figure 3: Traitement du transpondeur.....	4
Figure 4: Inclinaison, apogée et le périgée.....	5
Figure 5: Les orbites.....	5
Figure 6: Expliquant l'orbite Géostationnaire.....	6
Figure 7: Le délai de propagation.....	7
Figure 8: Parabole.....	8
Figure 9: Câbles RG6 et RG11.....	10
Figure 10: la puissance PIRE de satellite intelsat901.....	11
Figure 11: Polarisation horizontale et verticale.....	11
Figure 12: Polarisation circulaire gauche et droite.....	12
Figure 13: Méthode d'accès.....	14
Figure 14: Types de modulations.....	15
Figure 15: Réseau VSAT.....	18
Figure 16: Topologie en étoile.....	19
Figure 17: Topologie maillée.....	19
Figure 18: Topologie hybride.....	20

Chapitre2:

Figure 19: Visioconférence en point à point.....	24
Figure 20: Visioconférence en mode multipoints.....	24
Figure 21: Pile de protocoles H323 en relation avec OSI.....	29
Figure 22: Fonctionnement du protocole H323 en mode point à point.....	32
Figure 23: Fonctionnement du H323 avec un Gatekeeper.....	33
Figure 24: Fonctionnement de H323 avec un MCU.....	33
Figure 25: Communication utilisant H.323 utilisant un gatekeeper.....	34

Chapitre3:

Figure 26: Modèles OSI et TCP/IP.....	38
Figure 27: Transmission selon le protocole TCP/IP.....	39
Figure 28: Protocole TCP.....	40
Figure 29: Accélération TCP.....	41
Figure 30: Accélération http.....	42
Figure 31: lissage d'intervalle du temps.....	43
Figure 32: Trames d'informations.....	44
Figure 33 : Composant du hub.....	46

Figure 34: HLC.....	47
Figure 35: EDAS.....	47
Figure 36: processeur protocole.....	49
Figure 37: iDirect 3000 series.....	50
Figure 38: iDirect 5000 series.....	50
Figure 39: La vie d'un paquet IP.....	51

Chapitre4:

Figure 40: Architecture du réseau mis œuvre.....	54
Figure 41: Fenêtre du choix d'un satellite et du transpondeur.....	55
Figure 42: Fenêtre du réseau et de la topologie choisis.....	55
Figure 43: Fenêtre d'ajout du terminal.....	56
Figure 44: Fenêtre des informations du PFE1.....	56
Figure 45: Fenêtre de la configuration IP.....	57
Figure 46: Fenêtre de la QoS.....	57
Figure 47: Fenêtre de la géolocalisation.....	58
Figure 48: Fenêtre des informations sur l'antenne VSAT.....	59
Figure 49: Fenêtre de génération du "OPTION FILE".....	60
Figure 50: Fenêtre du fichier de configuration.....	60
Figure 51: Fenêtre du téléchargement des packages.....	61
Figure 52: Fenêtres du package cumulative et du package remote.....	62
Figure 53: Fenêtre de téléchargement de "OPTION FILE".....	63
Figure 54: Fenêtre d'injection de "OPTION FILE".....	63
Figure 55: Routeur synchronisé.....	64
Figure 56: Antenne VSAT installée.....	64
Figure 57: Signal visualisé avec le Spectrum.....	65
Figure 58: Fenêtre de visualisation du signal avec iSite.....	66
Figure 59: Interconnexion des équipements.....	67
Figure 60: Caméra IP.....	67
Figure 61: Configurer l'adresse, le masque et la passerelle de la caméra.....	67
Figure 62: Choix du protocole H323 et configuration de la bande passante.....	68
Figure 63: Interface de la caméra.....	68
Figure 64: L'ajout d'une nouvelle conférence.....	69
Figure 65: Informations sur la conférence ajoutée.....	69
Figure 66: La conférence ajoutée au niveau de MCU.....	70
Figure 67: Codecs audio et vidéo utilisés.....	70
Figure 68: Appelle à la MCU.....	71
Figure 69: Interface de gestion de la visioconférence sous Codian.....	71
Figure 70: Graphe de consommation.....	72

Liste des acronymes

ACK: acknowledgement.

ACM: Adaptive Coding and Modulation.

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line.

ASK: Amplitude Shift Keying.

BCH: Bose Chaudhuri Hocquenghem.

BIS: Bande Intermédiaire Satellite.

BUC: Block up Converter.

BPSK: Binary Phase Shift Keying.

CCM: Codage Constant et Modulation.

CDMA: Code Division Multiple Access.

CIR: Committed Information Rate.

CNA: Convertisseur Numérique Analogique

DNS: Domain Name Service.

BVB-DSNG: Digital Video Broadcasting- Digital Satellite news Gathering.

DVB-S: Digital Video Broadcasting-Satellite.

DVB-S2: Digital Video Broadcasting-Satellite2.

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.

IDU: In Door Unit.

IF: Intermediary Frequency.

IFL: Inter Facility Link.

IP: Internet Protocol.

ITU: International Telecommunication Union.

LAN: Local Area Network.

LDPC: Low Density Parity Check.

LEO: Low Earth Orbit.

LNB: Low Noise Block.

MAC: Media Access Control.

MC: Multipoint Controller.

MCPC: Multiple Channel Per Carrier.

MCU: Multipoint Control Unit.

MEO: Medium Earth Orbit.

MP: Multipoint Processor.

MPEG: Moving Picture Experts Group.

MTU: Maximum Transmission Unit.

NIC: Network Interface Card.

NMS: Network Management System.

NRZ: No Return to Zéro.

ODU: Out Door Unit.

OMT: Orthogonal Mode Transducer

OSI: Open Systems Interconnection.

PIRE : Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente.

PP: Processor Protocol.

PSK: Phase Shift Keying.

QAM: Quadrature Amplitude Modulation.

QoS: Quality of Service.

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying

RF: Radio Frequency.

RTCP: Real Time Control Protocol.

RTP: Real Time Protocol.

SCPC: Single Channel Per Carrier.

SMS: Short Message Service.

TCP: Transmission Control Protocol.

TDMA: Time Division Multiple Access.

TPC: Turbo Product Code.

UDP: User Datagram Protocol.

UIT : Union Internationale des Télécommunications.

VSAT: Very Small Aperture Terminal.

VoIP: Voice over Internet Protocol.

Introduction Générale

Depuis toujours, l'esprit créatif de l'homme n'a cessé d'apporter des améliorations à notre quotidien dans différents domaines, afin de rendre la vie plus facile.

Parmi ces domaines on trouve la télécommunication -*émission ou réception de signaux, de données, de sons, d'images, de vidéos et tout autre renseignement par fil, optique ou autre système électromagnétique*- dont le développement actuel voit l'introduction de nouvelles techniques de transfert d'informations tel que le satellite.

Actuellement, les télécommunications par satellite constituent une des plus importantes bases de nos systèmes de télécommunications. Leurs utilisations sont devenues plus fréquentes dans la vie de tous les jours et offrent comme services : étudier, enseigner, dialoguer en direct, lier des régions (en cas d'une catastrophe naturelle ou des guerres), la visioconférence et plein d'autres services.

La visioconférence est l'un des derniers services qui fait appel à la technologie satellite VSAT iDirect qui assurent le fonctionnement en temps réel et un grand débit binaire.

Vu l'intérêt croissant de vouloir gagner en temps et en argent, rapprocher les distances et pas mal d'autres raisons, la visioconférence est vite devenue la solution optimale utilisée par plusieurs entreprises et fournie notamment par le centre de télécommunication par satellite Lakhdaria, où nous avons fait notre stage pratique.

Le centre de télécommunication par satellite (CTS) joue un rôle majeur dans l'industrie des télécommunications d'Algérie Telecom Satellite (ATS). Il offre des solutions voix/vidéo/données avec de meilleures performances. Et ceci grâce à l'utilisation de la technologie VSAT iDirect.

Durant ce stage, les ingénieurs travaillant au CTS Lakhdaria nous ont fait découvrir la technologie VSAT iDirect et son utilisation dans différents domaines, notamment la visioconférence. Nous avons pu avec leur aide implémenter le service de visioconférence via un réseau VSAT iDirect.

Ce travail de fin d'étude intitulé "Implémentation du service visioconférence via VSAT/iDirect " est présentée sous les 4 chapitres suivants.

Chapitre 1 : " Généralités sur les satellites et la technologie VSAT " dans lequel on a présenté des notions générales sur les satellites ainsi qu'une présentation du réseau VSAT, ses topologies et les services offerts par cette technologie.

Chapitre 2 : " **Visioconférence** " dans lequel on présente les topologies de la visioconférence, ses domaines d'utilisation et ses équipements, ainsi la présentation du protocole H323 et enfin les avantages et les inconvénients de la visioconférence.

Chapitre 3: " **La plateforme iDirect** " dans lequel on a présenté les technologies DVB-S1 et DVB-S2 et le protocole TCP/IP dans le réseau iDirect, et les solutions qu'iDirect a apporté, ainsi les équipements du hub.

Chapitre 4 : "Cas pratique" description du réseau VSAT/iDirect installé et l'implémentation du service visioconférence puis teste du réseau, illustrée par quelque capture.

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.
- ❖ 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.

❖ **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.

❖ **Interconnexion :**

- **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 1 : généralités sur les satellites et la technologie VSAT

Introduction:

Le monde des télécommunications depuis l'avènement des satellites a connu un rebond extraordinaire en termes de qualité de services dans lesquels on distinguera plusieurs services parmi lesquels on a la téléphonie, la visioconférence, la télédiffusion et la transmission de données.

Dans ce chapitre nous allons présenter les concepts et les éléments clés dans les technologies satellitaires.

Réseaux satellitaires:

Un réseau satellitaire est un système et un ensemble d'équipements de télécommunications par satellite mettant en œuvre un réseau de stations terriennes. [1]

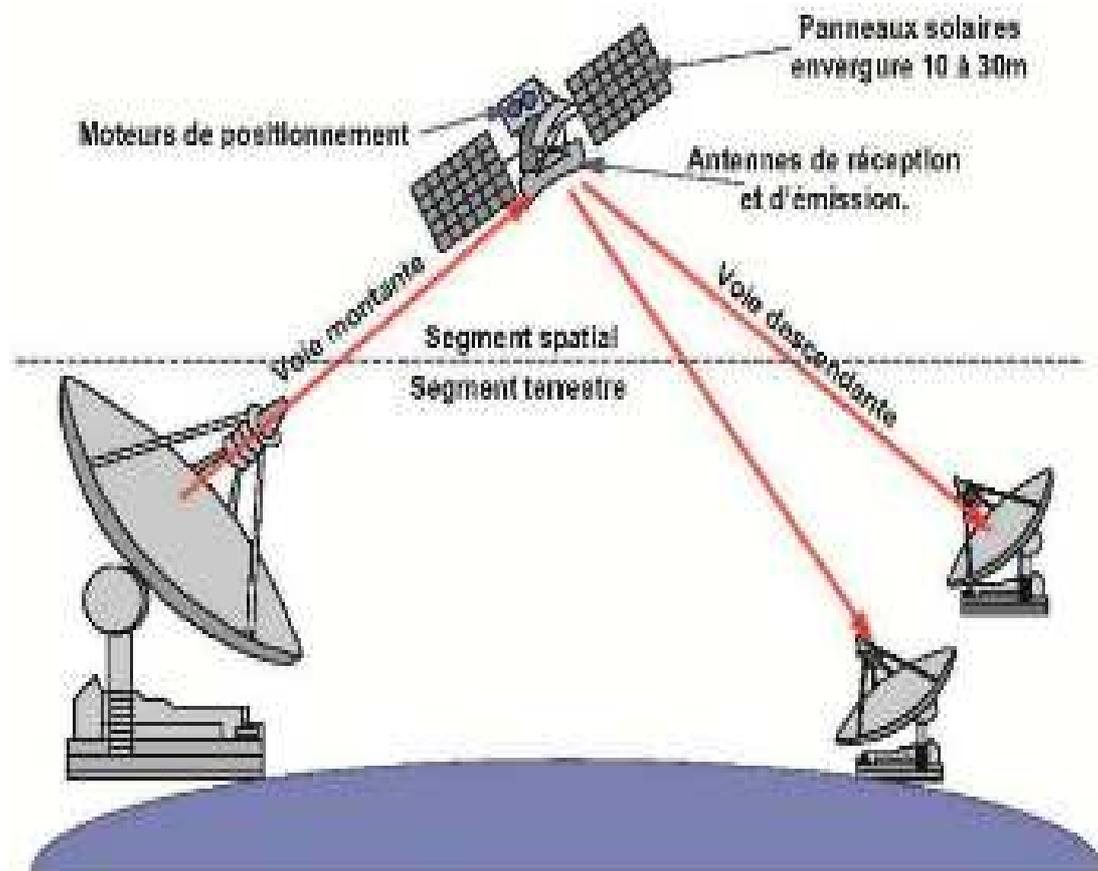


Figure 1: Communication via satellite.

Une liaison satellitaire est essentiellement composée de trois segments:

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

II. La partie spatiale :

Cette partie contient un des éléments essentiels pour la télécommunication qui est le satellite.

II.1. Définition d'un satellite :

Un satellite de télécommunication est un objet fabriqué et envoyé dans l'espace par l'être humain. Il est considéré comme une sorte de relais hertzien qui permet de régénérer les signaux reçus des différentes stations et les retransmettre amplifiés en fréquence à la(les) station(s) réceptrice(s) terrestre(s).[2]

I.2. L'architecture d'un satellite :

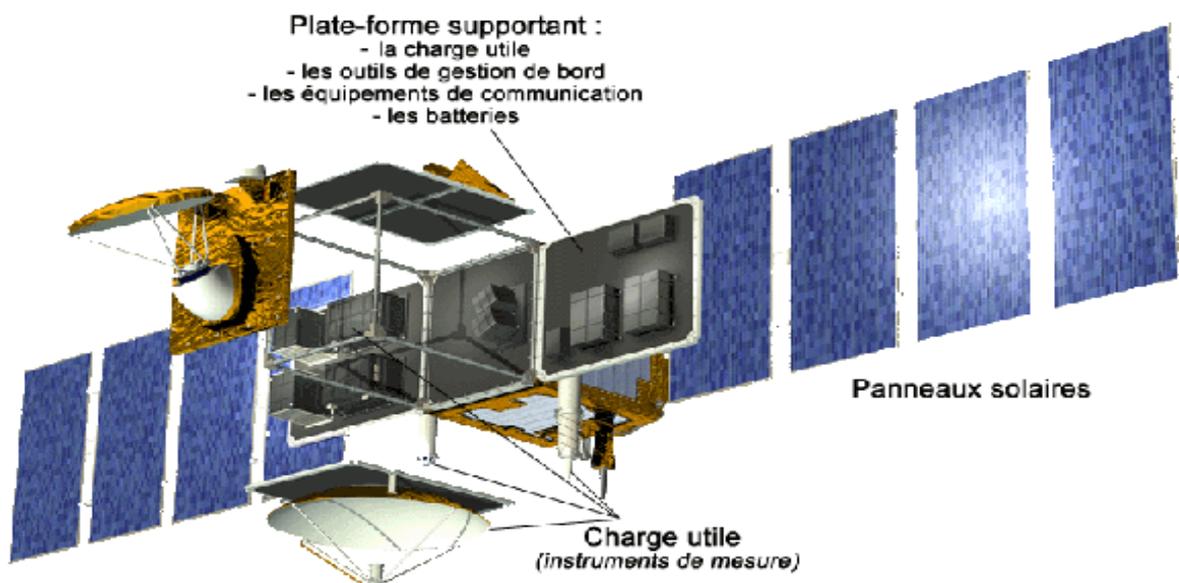


Figure 2: Architecture d'un satellite.

Le satellite peut être décomposé en deux parties:

II..2.1 La charge utile : définie spécifiquement pour la mission que le satellite doit remplir, par exemple:

- les caméras ou radiomètres pour un satellite de télédétection.
- les télescopes pour un satellite d'astronomie.
- les antennes et transpondeurs d'un satellite de télécommunications sur quoi nous allons nous focaliser par la suite.[3]

3. Les antennes : Elles sont établies en fonction des zones à desservir. Elles comprennent : les antennes de réception, les antennes d'émission, les antennes de télémétrie et l'antenne de télécommande. [3]

4. Les transpondeurs : C'est l'élément le plus essentiel dans le satellite, le nombre et le type de transpondeur sont fixés en fonction de: [3]

- **De la durée de vie souhaitée du satellite :** les transpondeurs sont des appareils électroniques qui peuvent tomber en panne, notamment dans les conditions difficiles du spatial. Un nombre variable de transpondeurs de remplacement est prévu en tenant compte de la durée de vie supposée du satellite et de la probabilité de panne des transpondeurs utilisés.
- **De la largeur de la bande de fréquences attribuée :** la bande de fréquences attribuée par l'UIT (Union Internationale des Télécommunications) va être répartie sur l'ensemble des transpondeurs actifs. Un transpondeur ne peut prendre en charge qu'une partie bien définie de cette bande de fréquences (par exemple 40MHz par transpondeur).

Cette bande de fréquence est découpée en deux parties: une sous bande dans la partie des fréquences les plus élevées pour la liaison montante(Uplink) et une sous bande dans la partie des fréquences les moins élevées pour la liaison descendante(Downlink).

- **Des types de bande utilisés :** certains satellites ne couvrent que la bande Ku uniquement, d'autres la bande C, mais la plupart couvrent plusieurs bandes. Il faut alors prévoir un groupe de transpondeurs spécifiques pour chaque bande, y compris les transpondeurs de remplacement.
- **Des sens de communication :** un satellite qui ne réalise principalement que de la diffusion nécessitera des transpondeurs de bande de fréquences plus étroite que s'il est utilisé pour des accès Internet par exemple (trafic dans les deux sens avec les usagers).

Chaque transpondeur prendra en charge la sous bande qui lui a été attribuée moins une marge de quelques MHz pour éviter les interférences avec les autres transpondeurs. Par exemple, un transpondeur qui peut théoriquement gérer une bande de 40MHz se limitera à 36MHz pour laisser une marge de 4MHz entre chaque transpondeur.

Le transpondeur n'est qu'un répéteur dont le rôle est représenté dans la figure suivante:

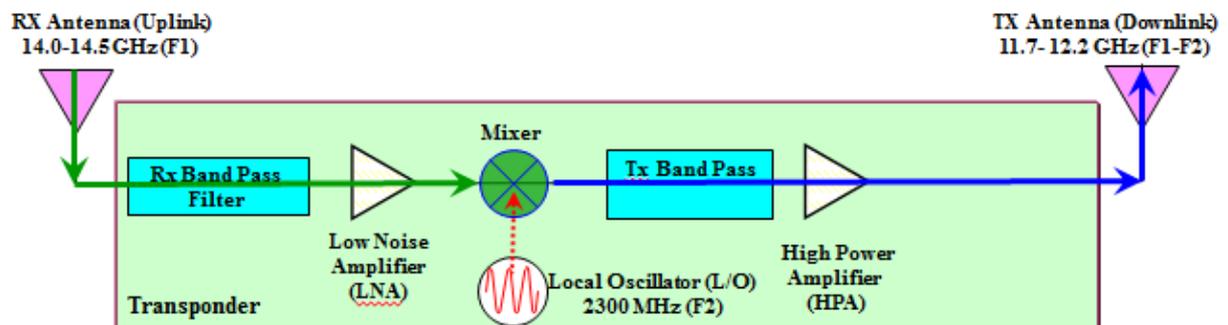


Figure 3: Traitement du transpondeur.

- il reçoit un signal (UPLINK) dans une bande de fréquence bien définie.
- il le filtre, le pré amplifie avec LNA (Low Noise Amplifier) ensuite l'oscillateur Local (L/O) soustrait de la fréquence obtenue environ 2300 MHz.
- et il retransmet ce signal (DOWNLINK) après son amplification par HPA (High Power Amplifier).

II.2.2 La plateforme : est une partie commune à tous les satellites appelée module de service ou bus, dans le jargon spatial: **la plate-forme**. Elle supporte la charge utile et porte l'ensemble des équipements qui assure les fonctions vitales qui sont:[3]

1. Une **alimentation électrique** (Panneaux solaires et batteries)
2. Les **éléments propulsifs** pour lui permettre de se mouvoir, de s'orienter et de rester sur son orbite.
3. Un **contrôle thermique** qui lui permet de rester à bonne température malgré un environnement plutôt difficile.
4. **Moyens de contrôle** de son orbite et de son attitude.
5. Un **calculateur** et d'un logiciel capables de gérer de façon autonome son fonctionnement.
6. Des **moyens de communication** pour envoyer les télémesures et recevoir des télécommandes.

II.3. Les orbites :

I.3.1 Définition de l'orbite:

L'orbite désigne la trajectoire fermée suivie par un corps céleste autour d'un autre corps céleste de manière périodique, sous l'influence de la gravitation. Elle est caractérisée par : [4]

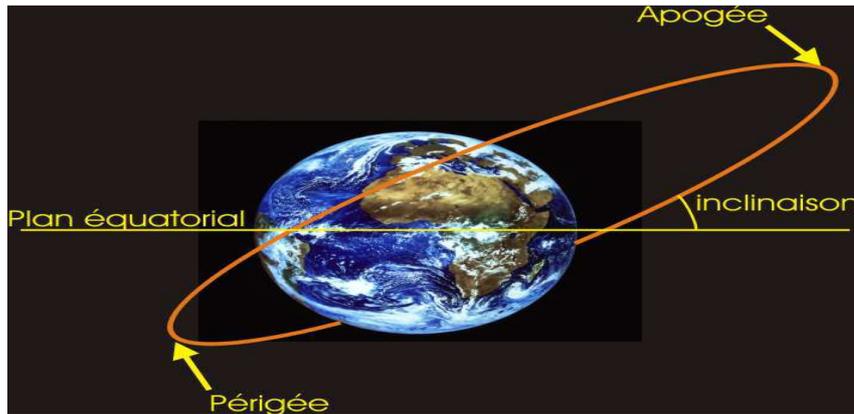


Figure 4: Inclinaison, apogée et le périgée.

1. **Apogée** : Point dans une orbite satellite qui est le plus éloigné de la surface de la terre et auquel la vitesse du satellite est la plus lente.
2. **Périgée** : Le point en orbite d'un satellite où il est le plus proche de la Terre et auquel sa vitesse est la plus rapide.
3. **L'inclinaison** : c'est l'angle formé entre le plan orbital et le plan équatorial. Plus l'angle est important, plus la surface couverte par le satellite est grande.

II.3.2. Les différentes orbites :

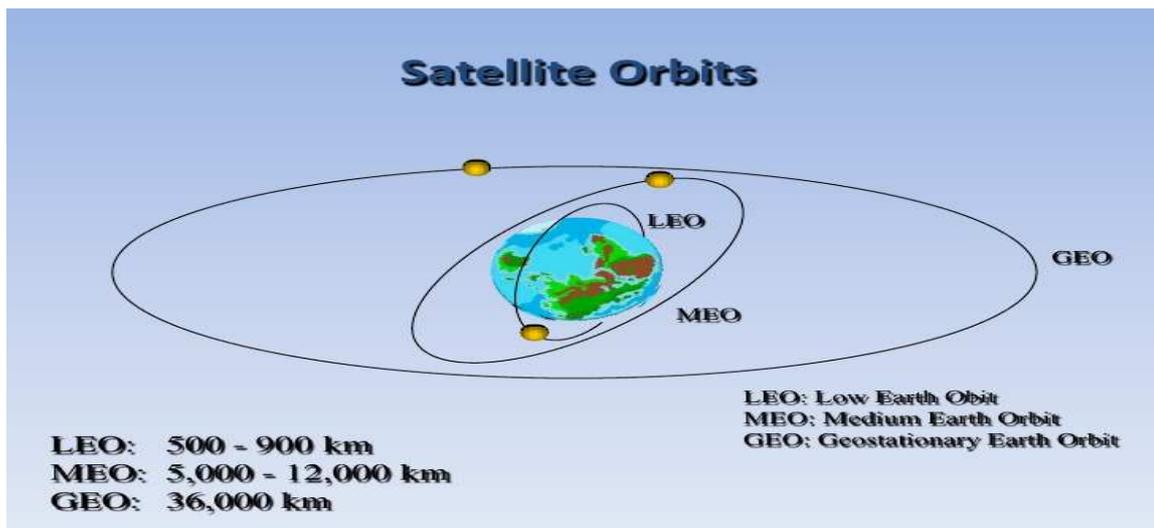


Figure 5: les orbites.

1. **Les orbites basses (LEO: Low Earth orbit)** : Correspondent à des satellites évoluant en orbite de 500 à 900 km. Elles sont à défilement et le satellite reste visible au-dessus d'un point, que quelques minutes. Pour sa capture, il nécessite des antennes suiveuses de dimensions convenables. Ces orbites sont utilisées pour

les navettes, les laboratoires spatiaux, l'observation et la photographie de la Terre, la météorologie, ainsi que les satellites militaires. [4]

2. **Les orbites moyennes (MEO: Middle Earth Orbit):** Correspondent à des satellites évoluant en orbite de 5000 à 12000 km. Elles sont à défilement, cependant le satellite reste visible au-dessus d'un point pendant quelques heures. Leurs utilisations sont du même ordre que pour les satellites en orbite basse (LEO). [4]

3. **Les orbites Géostationnaires (GEO: Geostationary Earth Orbit) :** Les satellites à orbite géostationnaire constituent les satellites les plus employés actuellement. Placés au-dessus de l'équateur à environ 35790 km d'altitude, les satellites de ce niveau font leurs révolution pendant 23 heures 56 minutes et 4 secondes. Ils sont à la même vitesse de rotation que la terre, ils apparaissent ainsi immobiles depuis le sol. Ils 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. [4]

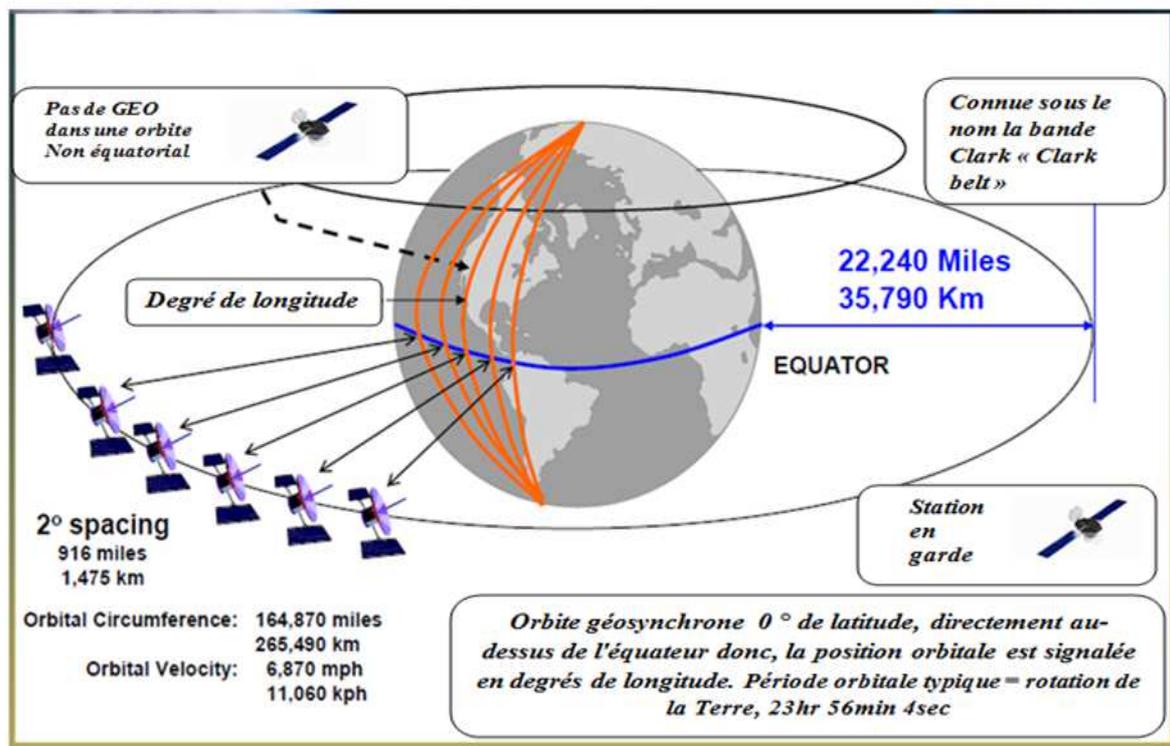


Figure 6: Expliquant l'orbite Géostationnaire.

Le délai de propagation: le délai de propagation est de 120 ms durant le uplink et le downlink, donc le délai total en route vers le satellite est de 240 ms, ajoutant à ça le traitement de l'information au niveau du satellite, on trouve 480 ms dans un aller-retour. [5]

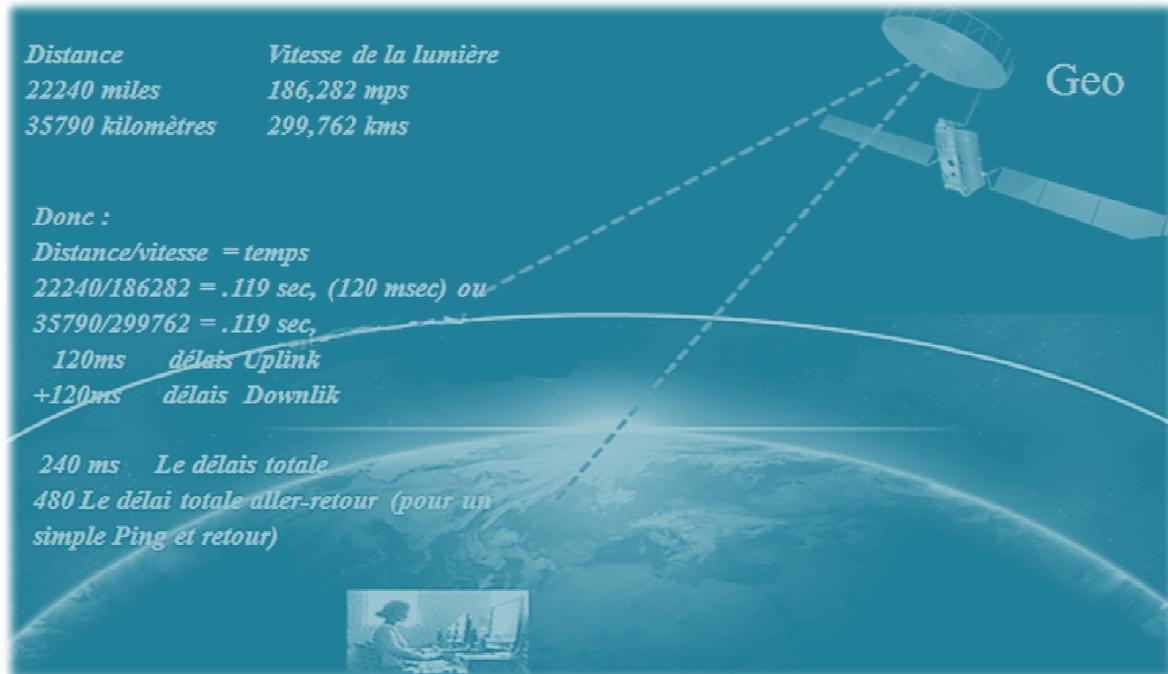


Figure 7: le délai de propagation.

III. La partie terrienne :

La partie terrienne comporte les stations terrestres qui sont classées selon la taille des antennes comme suit :

- Grandes stations terrestres, de 15 à 33 mètres.
- Moyennes stations terrestres de 7 à 15 mètres.
- Petites stations terrestres de 3 à 7 mètres.
- Terminaux de Très Petites Ouvertures (VSAT : very small aperture terminal) de 0,6 à 3 mètres, que nous allons développer dans ce qui suit.

III.1. Antenne parabolique Vsat :

Élément qui capte (émet) le signal venu (vers le) du satellite. Plus une parabole est grande, son gain est meilleur. La parabole n'a pas une forme parabolique mais ovale, cette astuce permet d'éviter l'atténuation liée au convertisseur et à son support qui ne masque plus le signal reçu par la parabole. [6]

III.1.1. Les composants de l'antenne parabolique VSAT : [7][2] [8]

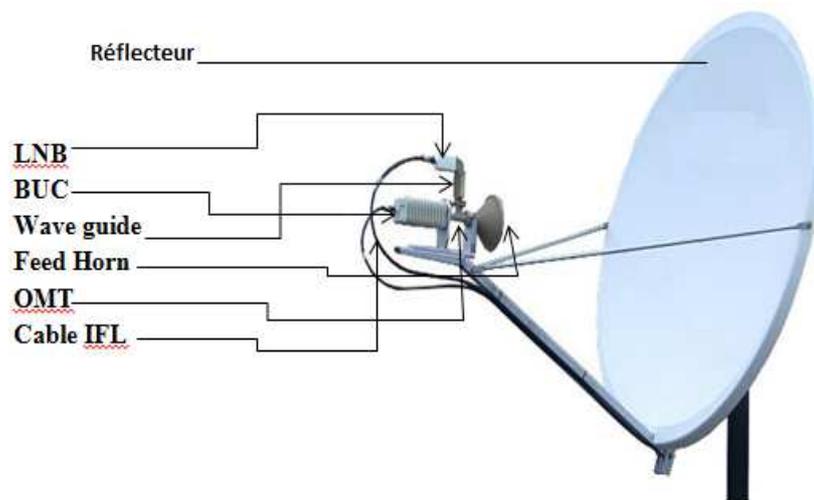


Figure 8: Parabole.

8. LNB (Low Noise Block-converter : convertisseur à bruit réduit): 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.

Le LNB 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 amplifiés pour les renforcer et les protéger des parasites.

9. BUC (Block Up Converter): est un système utilisé pour la transmission des signaux satellitaires sur les liaisons montantes. Il convertit une bande de fréquences, d'une fréquence basse vers une fréquence élevée en ajoutant la fréquence L/O. Le BUC s'interface avec la parabole en bande C ou Ku.

10. Wave guide (guide d'ondes): Les guides d'ondes sont de simples conduits passifs, rectangulaires ou circulaires, et dont la forme permet le transport des ondes collectées par le réflecteur jusqu'au système qui les transformera pour être diffusées sur un support guidé. Les guides d'ondes sont donc des éléments indispensables des antennes satellites, que ce soit au sol pour la réception ou l'émission, ou dans les satellites.

11. Feed horn (cornet d'alimentation): Le cornet d'alimentation est une pièce de guide d'onde évasée 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, qui les concentre en un faisceau ; en réception il recueille les signaux au foyer de la parabole et les fait passer à la LNB.

12. OMT (Orthogonal Mode Transducer ou duplexeur de polarisation): est un dispositif faisant partie d'une alimentation d'une antenne parabolique et servant à combiner ou séparer les deux signaux orthogonaux en polarité verticale et horizontale. Le dispositif OMT fait partie de l'ensemble installation d'extérieur, il s'insère entre le LNB, le BUC et le cornet d'alimentation sur une antenne VSAT.

13. Cable IFL (Inter Facility Link): câble coaxial utilisé pour la transmission de signaux numériques ou analogiques à une fréquence d'environ 1 GHz. Les plus utilisés sont RG6 et RG11:

- **RG6:** Le câble RG-6 est un câble flexible de 0,79 cm de diamètre présentant une immunité au bruit et une perte de signal modérées. La perte varie selon les fabricants et les types de câbles. La plupart des applications utilisent les câbles RG-6 comme câbles de dérivation. Le câble RG-6 peut être utilisé comme câble principal sur les petits réseaux. La longueur du câble ne devrait pas dépasser les 30 mètres.
- **RG11:** Le câble RG-11 est flexible de 0,95 cm de diamètre présentant une bonne immunité au bruit et une faible perte de signal. Le câble RG-11 convient à une utilisation comme câble principal dans la plupart des applications industrielles et il peut être utilisé comme câble de dérivation dans des environnements très bruyants. Utilisé pour de longues distances.



Figure 9: Câbles RG6 et RG11.

14. Le réflecteur : Élément important de la réception (émission) satellite qui capte (envoie) le signal venant (vers) du satellite et qui le concentre vers le feed horn.

III.2. Démodulateur:

Aussi appelé récepteur ou par extension tuner satellite. Cet appareil peut recevoir un signal modulé en hautes fréquences et le transformer en informations basses fréquences. En réception satellite, il permet l'obtention des signaux audio, vidéo et les données véhiculées par une onde porteuse, afin de les restituer via les circuits du téléviseur, d'un ordinateur. Il transforme les fréquences en tensions et traite l'information de façon à ce qu'elle soit lue par un ordinateur. [7]

III.3. PIRE (Puissance isotrope rayonnée équivalente):

Mesure l'intensité du signal émis par un satellite vers la terre, ou par une antenne sur la terre vers un satellite. Elle est exprimée en dBW (décibel watt), elle permet de dimensionner la performance d'une antenne satellite. Le schéma suivant représente la puissance PIRE de satellite intelsat901 : [9]

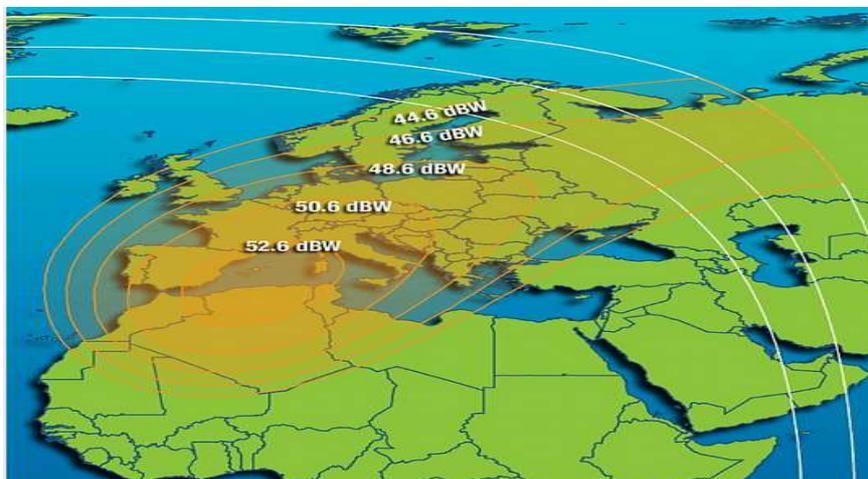


Figure 10: la puissance PIRE de satellite intelsat901.

III.4. Polarisation:

L'onde électromagnétique émise par une antenne est composée d'une variation du champ électrique et du champ magnétique ayant des axes orthogonaux (à 90 degrés l'un de l'autre). Le champ électrique détermine le plan de polarisation de l'onde par rapport à la terre. [2][10]

III.4.1. Polarisation linéaire : Des antennes orientées verticalement ou horizontalement sont conçues pour recevoir des ondes polarisées respectivement dans ces deux directions. Le changement de polarisation de l'onde va donc altérer le niveau de réception du signal si l'antenne est orientée dans l'axe perpendiculaire. Deux plans de polarisation sont surtout utilisés :

- Dans les ondes polarisées verticalement, le champ électrique varie dans l'axe vertical ;
- Inversement, dans les ondes polarisées horizontalement, le champ électrique varie horizontalement.

Ainsi en émet le premier signal en utilisant une antenne dont l'axe est parallèle à l'horizontale, et le second avec une antenne dont l'axe est perpendiculaire à l'horizontale.

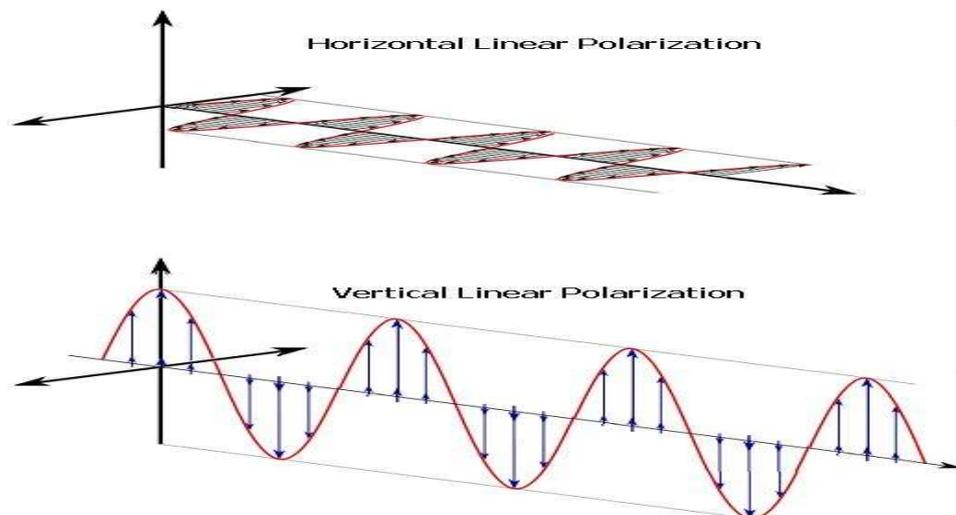


Figure 11: Polarisation horizontale et verticale.

IV.4.2. Polarisation circulaire : Dans la polarisation circulaire, le champ électrique fait une rotation horaire ou antihoraire de 360 degrés à chaque cycle d'émission de l'onde radioélectrique. On utilise généralement les variations du champ électrique pour définir la polarisation circulaire car c'est la variation de son intensité (volts, millivolts ou microvolts par mètre) qui est mesurée par les appareils de détection. Dans ce cas particulier, le déphasage entre les champs électriques et magnétiques est de 90° et les deux composantes ont la même amplitude. On distingue alors les

cas de polarisation circulaire gauche et circulaire droite selon le sens de l'enroulement autour de l'axe de propagation du signal.

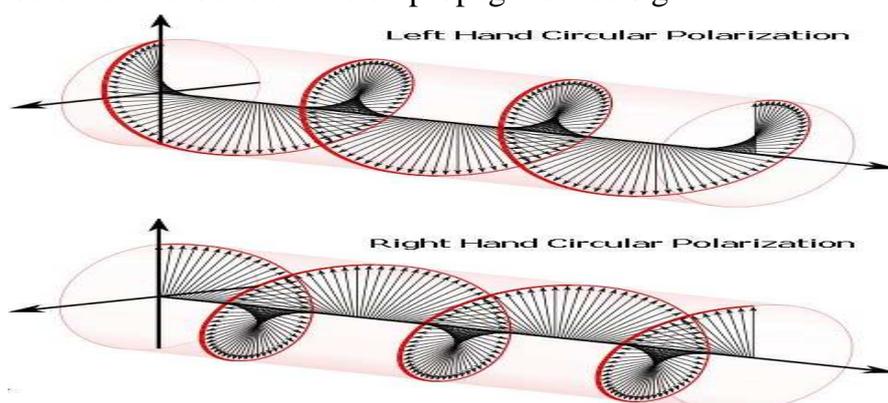


Figure 12: Polarisation circulaire gauche et droite.

V. La partie radiofréquence(RF) :

1. *Bande de fréquences : [9]*

IV.1.1. Présentation :

La bande de fréquences est un intervalle de fréquences dans laquelle une onde électromagnétique peut être transmise ou reçue. Dans les communications par satellite la bande de fréquence est comprise entre 1 et 30 GHz. En dessous de 1 GHz les ondes sont principalement réfléchies et diffusées par l'atmosphère. Au-dessus de 30 GHz les liaisons satellitaires sont possibles mais l'absorption atmosphérique est importante et la technologie d'amplification plus complexe.

La bande de fréquence attribuée au satellite est découpée en deux parties :

- une sous bande dans la partie des fréquences les plus élevées pour la liaison montante.
- et une sous bande dans la partie des fréquences les moins élevées pour la liaison descendante.

IV.1.2. Bandes de fréquences allouées :

Bande	Fréquences	Services
L	1-2 GHz	communications avec les mobiles
S	2-3 GHz	communications avec les mobiles
C	4-7 GHz	communications civiles internationales et nationales
X	7-8 GHz	communications militaires
Ku	11-14 GHz	communications civiles internationales et nationales
Ka	20-30 GHz	nouveaux systèmes d'accès au réseau large bande

Tableau 1: les bandes de fréquence.

Les bandes les plus utilisées sont :

1. **Bande L:** La bande L est la partie du spectre électromagnétique définie par les fréquences de 1,4 à 1,5 GHz environ. Elle est attribuée au service de Radioastronomie à des fins de recherches spatiales et scientifiques, ainsi pour le service mobile par satellite.
2. **Bande C:** La bande C est définie entre les fréquences 3,4 à 4,2 GHz en réception et de 5,725 à 7,075 GHz en émission. Elle est utilisée particulièrement sur les zones tropicales car ces fréquences sont moins sensibles à la pluie que les fréquences de la bande Ku.
3. **Bande Ku:** La bande Ku est la partie du spectre électromagnétique définie par la bande de fréquence micro-ondes de 10,7 GHz à 12,75 GHz en réception et de 14 à 14,5 en émission. C'est la plus employées de toutes les bandes de fréquences, et la plus répandue en Europe, du fait de la petite taille des paraboles nécessaires à sa réception.
4. **Bande Ka:** La bande Ka est une gamme de fréquences, comprise entre la bande Ku et la bande Q, utilisée notamment pour l'internet par satellite. Pour les télécommunications spatiales, elle s'étend en émission de 27,5 à 31 GHz et en réception, de 17,3 à 21.2 GHz. Les paraboles nécessaires pour recevoir les signaux sont encore plus petites que celles utilisées pour la bande Ku (certaines antennes Ka mesurent 20 cm de diamètre).

IV.2. Codage : [10]

Le codage consiste à définir un niveau de tension électrique correspondant à chaque niveau logique binaire, par exemple niveau logique 1 correspond à +5 volts et niveau logique 0 correspondant à -5 volts donc dans ce cas à la sortie du codeur on a toujours un signal électrique binaire à 2 niveau.

Dans la transmission par satellite, on utilise le codage NRZ(non remise à zéro) et le codage de manshester.

IV.3. Le multiplexage: [7]

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 vers satellite) et une pour le flux descendant (sens inverse). Cependant, on a vu que beaucoup de clients pouvaient communiquer avec le satellite, et si certains utilisent les mêmes fréquences, alors il ne doit pas y avoir de chevauchement de signaux, et donc collision.

Le multiplexage représente les méthodes d'accès au support. Il en existe un certain nombre, mais voici celles que l'on retrouve dans les communications satellites:

IV.3.1. Les méthodes d'accès FAMA (Fixed Assignment Multiple Access):

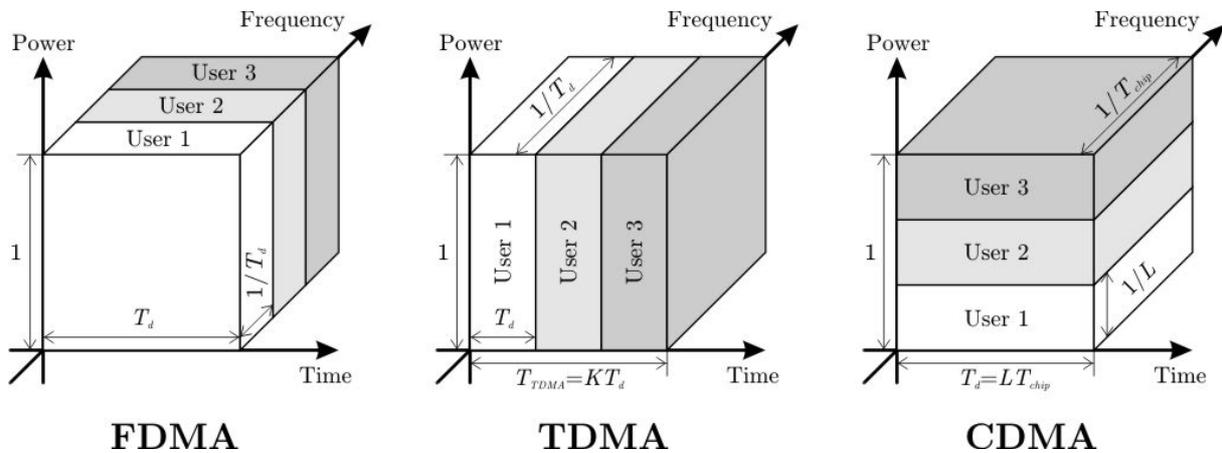


Figure 13: Méthode d'accès.

1. **FDMA** (Frequency Division Multiple Access): Cette technique consiste à diviser 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 monovoie (Single Channel Per Carrier (SCPC)), ou multivoie (Multiple Channel Per Carrier (MCPC)).
2. **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.
3. **CDMA** (Code Division Multiple Access): Cette technique est un mélange des deux précédentes: par l'utilisation d'un code modifiant le signal à envoyer, on réalise un changement de fréquence au cours du temps.

IV.3.2. Les méthodes d'accès aléatoire :

Chaque station envoie les informations aléatoirement et on y trouve :

1. **Aloha** : Le principe de cette politique d'accès est que chaque station et chaque satellite envoient les informations qu'il a à envoyer dès qu'il est en leur possession, et ce sans vérifier la disponibilité du canal. En cas de collision entre deux signaux, ce qu'il ne pourra détecter que 480 ms après l'envoi des informations, la station ne réémet pas directement ses données, auquel cas la même collision aurait de nouveau lieu, mais les réémet au bout d'une durée définie aléatoirement.
2. **Aloha par tranche** : Cette méthode reprend exactement le même principe que la précédente, mais en découpant le temps en tranches. Une station ne peut commencer à émettre qu'au début d'une tranche de temps. Cela permet de détecter les collisions sur l'ensemble d'une tranche de temps, et non uniquement sur quelques données, et permet donc d'éviter les collisions au milieu d'un paquet d'informations.

3. Aloha par réservation : repose sur le même principe qu'ALOHA en tranche, tout en y ajoutant une notion de probabilité : si une station émet un paquet, il est fortement probable qu'elle en émette un autre à sa suite. Cette considération mène à la réservation de plusieurs tranches de temps à une station qui commence à émettre.

IV.4. Modulation: [11]

Un signal numérique composé de 0 et de 1 ne peut être envoyé tel quel par ondes électromagnétiques. Il a pour cela besoin d'être modulé, c'est à dire transformer d'une forme numérique à une forme analogique pour s'adapter au canal de transmission qui sert à transmettre un signal d'informations à l'aide du signal porteuse. L'opération inverse, la démodulation, est effectuée à la réception du signal.

Il existe plusieurs formes de modulation, mais voici les plus connues:

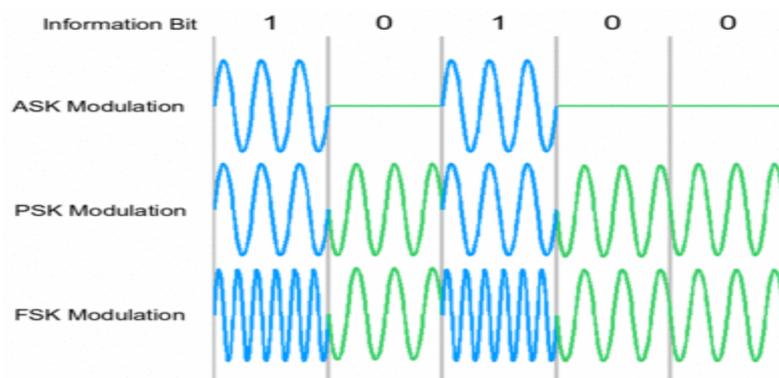


Figure 14: types de modulations.

IV.4.1. ASK (Amplitude Shift Keying):

Pour faire passer de l'information, on modifie l'amplitude du signal porteuse en fonction de la variation du signal modulant (signal information) au cours du temps. Cette méthode n'est pas utilisée dans les télécommunications par satellite car ces derniers supportent mal la transmission de signaux dont la puissance n'est pas constante.

IV.4.2. FSK (Frequency Shift Keying):

Ici, on fait passer de l'information en modifiant la fréquence du signal porteuse en fonction de la variation du signal modulant (signal information) au cours du temps. Cette technologie n'est pas utilisée également parce qu'elle est premièrement difficile à implémenter, puis parce qu'elle gaspille aussi de la bande passante.

V.4.3. PSK (Phase Shift Keying):

C'est la technologie utilisée dans la plupart des transmissions radio, utilisée même par l'iDirect (que nous détaillerons dans le prochain chapitre). Cette modulation se fait en modifiant la phase du signal porteuse en fonction de la variation du signal information au cours du temps. La puissance et la fréquence du signal restent donc fixes. Il existe plusieurs types de modulation par phase comme **BPSK** (Binary Phase Shift Keying), **QPSK** (Quadratic PSK). **BPSK** est binaire: deux phases sont utilisables, donc on peut faire passer deux types d'informations au cours du temps (0 et 1). **QPSK** est quadratique, quatre phases différentes sont utilisables, donc quatre types d'information peuvent être envoyés au cours du temps (00, 01, 10 et 11).

VI. Avantages et contraintes des satellites :

IV.1. Avantages:

Les satellites permettent l'observation de la Terre, télécommunications (à la téléphonie, à la télévision, la visioconférence et à la radio, à Internet, au GPS) ou la recherche scientifique. Ils sont devenus indispensables aux industriels, aux scientifiques et aux militaires. Équipés de systèmes de vision de plus en plus performants, les satellites produisent des images très détaillées qui permettent de réaliser des cartes assez riches en détails. Par exemple, il est possible de suivre l'état de la végétation pour faire des inventaires ou de repérer des ressources naturelles.

IV.2. Contraintes:

- **La couverture:**

Plus le satellite est éloigné de la terre plus sa couverture est étendue. En effet plusieurs systèmes de satellites peuvent couvrir la même superficie. La couverture d'un satellite géostationnaire peut être atteinte par une constellation de satellites mais il faudra alors s'intéresser aux moyens de rendre ce réseau homogène sur l'ensemble de la zone.

- **La gestion des bandes passantes:**

Pour diffuser les données, qu'elles soient numériques ou analogiques, les stations terrestres accèdent aux satellites par l'intermédiaire de fréquences spécifiques. Sans politique d'accès pour accéder au support, les signaux transmis par une station se confondraient avec d'autres signaux provenant de stations différentes. De plus, il n'est pas envisageable d'allouer un canal pour chaque station ; ce système serait beaucoup trop coûteux. La mise en place d'une politique d'accès aux canaux (bandes passantes) satellites a donc été réalisée pour dans un premier temps, permettre à plusieurs stations d'accéder à un même canal de transmission, et dans un deuxième temps, pour avoir une exploitation maximale

des transpondeurs du satellite tout en garantissant qu'il y ait le moins de collisions possibles.

- **Le délai :**

Certaines applications de par leur nature (les applications temps réel par exemple) ne peuvent pas être supportées par toutes les structures satellites ou du moins pas avec les mêmes performances (délai de réponse élevé). D'autant plus que ce délai, même s'il paraît important au vu d'autres technologies, peut être tout à fait acceptable pour certaines applications, pour les transferts de données par exemple qui privilégient la fiabilité et les débits. La réponse aux problèmes occasionnés par le délai au sein des réseaux informatiques par satellite est fournie par l'emploi de protocoles perfectionnés ou de compensateurs de temps de propagation qui envoient un accusé de réception à l'échelle locale avant la transmission des données par satellite, ce qui élimine le retard dans la prise de contact des protocoles.

La technologie VSAT : [16]

Avant de commencer la présentation de ce système, il faut savoir que le VSAT n'est pas une norme mais plutôt un concept.

En effet, chaque constructeur a sa propre manière d'implémenter le système. Même si tous les systèmes fonctionnent sur le même principe, la plupart des détails techniques et des définitions de protocoles utilisés sont bien gardés par chaque constructeur.

VII. Définition :

VSAT « Very Small Aperture Terminal », est une technique de transmission de données 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 3 mètres. Cette technologie consomme des bandes de fréquences de type Ku (bande 12,5-14,25 GHz), avec l'utilisation de petites antennes, ou de type C (bande 3400-6650 MHz), avec l'utilisation des antennes de plus grandes tailles.

VIII. Organisation d'un réseau VSAT :

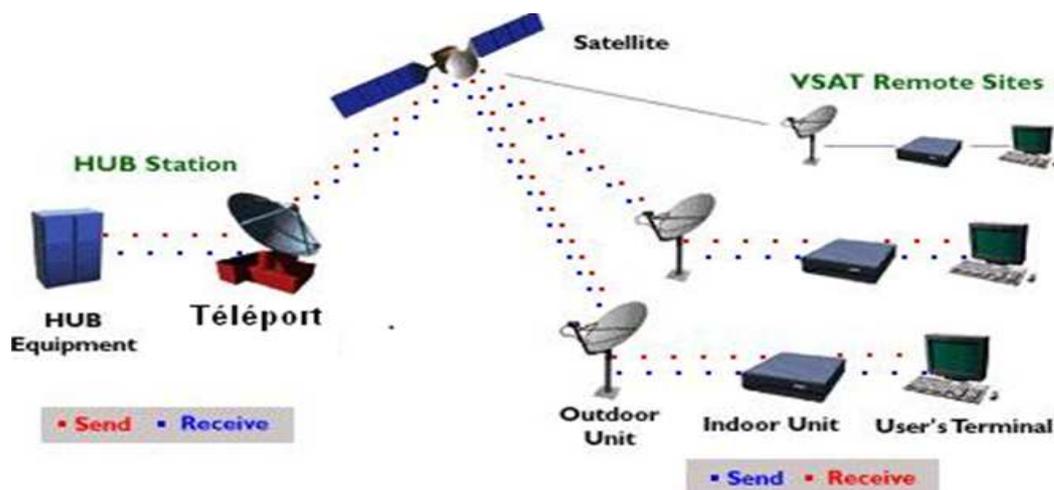


Figure 15: réseau VSAT.

Le réseau satellite VSAT met en œuvre quatre éléments : **un site central (hub et téléport)**, **un satellite** et **un certain nombre de sites distants** (antennes de petites tailles).

Le hub est le point le plus important du réseau, c'est par lui que transite toutes les données qui circulent sur le réseau et gère aussi tous les accès à la bande passante (plus de détails sur le hub dans le chapitre qui suit).

IX. Topologie d'un réseau VSAT :

IV.1. Topologie en étoile : L'architecture d'un réseau en étoile comporte deux éléments : le Hub et les stations distantes. Les stations distantes n'étant pas à 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. Le choix de cette topologie augmente le délai de transmission et réduit le coût des équipements VSAT.

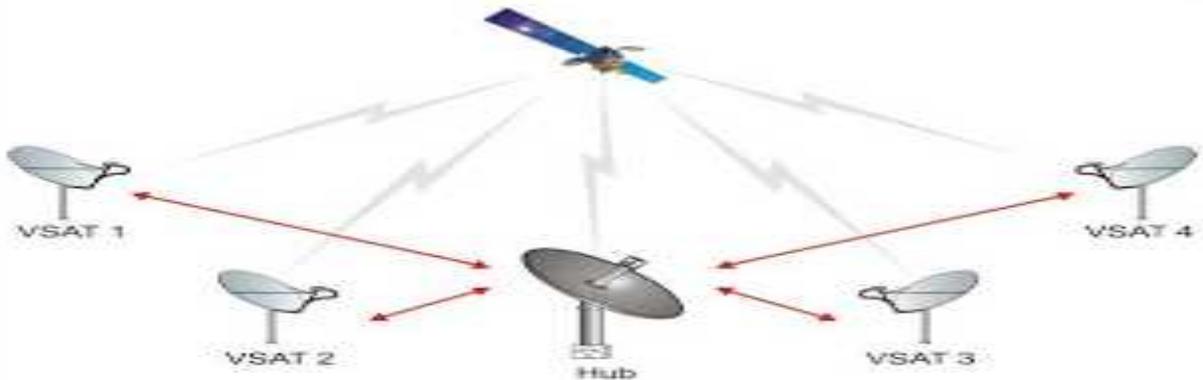


Figure 16: topologie en étoile.

IV.2. Topologie maillée : cette topologie permet à un emplacement distant VSAT de communiquer avec un autre emplacement VSAT à distance sans passer par le HUB. Ce type de connexion réduit les retards et est souvent utilisé pour la voix très haute qualité et les applications de la visioconférence.

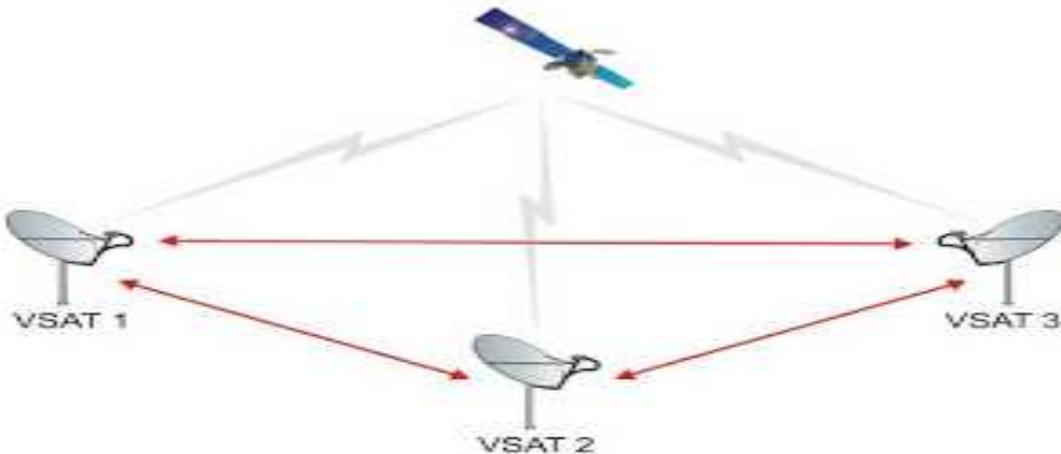


Figure 17: Topologie maillée.

IV.3. Topologie hybride : c'est l'assemblage de deux topologies star et maillée.

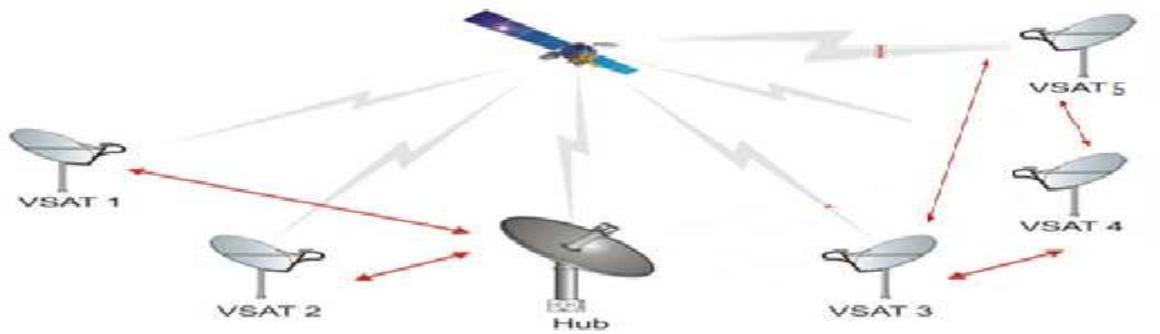


Figure 18: Topologie hybride.

X. Les composants d'un réseau VSAT :

Le système VSAT consiste en les matériels suivants :

- **Le Outdoor unit :** ODU est situé à l'extérieur et comprend l'antenne parabolique vsat (Réflecteur, LNB, BUC, Wave guide, Feed horn, OMT, câble IFL).
- **Le Indoor unit :** situé à l'intérieur et comprenant les routeurs VSAT et les équipements des utilisateurs.
- **Le site central.**

XI. Les services offerts par VSAT :

- **La visioconférence :**
On nomme visioconférence, la combinaison deux techniques ; la visiophonie ou la vidéophonie, permettant de voir et dialoguer avec son interlocuteur et la conférence multipoints ou conférence à plusieurs, permettant d'effectuer une réunion avec plus de deux terminaux.
- **La VoIP (Voix sur Internet Protocole) :**
Technique qui permet de communiquer par la voix via l'internet ou tout autre réseau acceptant le protocole TCP/IP.
- **La géolocalisation :**
Procédé permettant de positionner un objet (une personne, etc) sur un plan ou une carte à l'aide de ses coordonnées géographiques.
- **Internet haut débit:**
Est à la fois une méthode d'accès et un mode de large diffusion au réseau Internet via une transmission satellitaire à destination du grand public ou des entreprises et d'autres services.

XII. Avantages et inconvénients des réseaux VSAT :

VI.1. Avantages :

- **Accès internet :** les services Internet à large bande sont possibles avec des réseaux VSAT à un débit très élevé.
- **Déploiement rapide :** Une fois que le satellite est mis à 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. Et le déploiement peut être effectué dans n'importe quelle région, indépendamment du lieu où il se trouve.
- **Mobile Access :** Accès mobile a été un autre point fort traditionnel d'un réseau de satellites. Cela permet aux chaînes de télévision (par exemple) d'émettre de n'importe où - même quand ils sont en déplacement-. Une autre application possible pourrait être l'accès Internet mobile, lors de vos déplacements.
- **Allocation de bande passante :** Il est possible d'allouer/restreindre la bande passante en fonction des applications individuelles, ça pourrait être une fonctionnalité très utile pour les communications d'affaires, assurant toujours une certaine bande passante dédiée à travers les réseaux VSAT.
- **Évolutivité:** Les réseaux VSAT peuvent être facilement et de manière rentable mis à l'échelle pour accueillir plusieurs endroits à travers le monde. En fait, certains des plus gros clients de réseaux VSAT peut avoir jusqu'à 10 000 sites sur un réseau unique.
- **Coût:** Bien que l'investissement initial (prestataire de services perspectifs) pourrait être élevé en termes de coût du satellite, les coûts de fonctionnement baissent rapidement. C'est pourquoi des applications comme Direct Home (télévision par câble) sont diffusées directement à partir des satellites dans les foyers à un coût raisonnable à l'abonné.
- **VPN :** Chiffrement de soutien satellites de toutes les données transmises entre deux sites ou plusieurs sites, qui font de la création de réseaux privés virtuels (VPN: Virtual Private Network) possibles. C'est l'une des raisons pour laquelle les réseaux VSAT pouvaient trouver plus d'acceptation dans les exigences de connectivité des entreprises et de gouvernement.
- **Accès aux endroits éloignés :** Un réseau VSAT peut transporter des données ainsi que des applications sensibles comme la vidéo à travers des zones rurales, des navires, etc; où il y a peu ou pas de connectivité terrestre.

VI.2. Inconvénients :

- Investissent de base important, environ 1M€.
- Si le hub tombe en panne tout le réseau sera paralysé.

Conclusion :

La technologie VSAT est utilisée dans plusieurs domaines et offre beaucoup de services évolués aux utilisateurs (la visioconférence, la voip...), mais reste très coûteuse.

Chapitre2 : la visioconférence

Introduction :

Pour permettre une communication audiovisuelle entre des interlocuteurs géographiquement distants, la visioconférence a été mise en œuvre.

La visioconférence a commencée à se développer vers la fin des années 90. Tout d'abord grâce à l'arrivée de l'ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), offrant une connexion Internet plus rapide et permettant ainsi de bénéficier d'une meilleure qualité d'affichage de la vidéo.

La vraie révolution ayant permis à la visioconférence de s'imposer et d'attiré un public plus large été l'utilisation des télécommunications satellite via IP. Cette technologie a apporté à la visioconférence un gain sans précédent en termes de compression de données et de rapidité de transfert.

Dans ce chapitre nous allons voir les principes de fonctionnement de la visioconférence.

I. Visioconférence :

I.1. Définition de la visioconférence: [20]

La visioconférence est un service qui permet depuis un microordinateur de communiquer avec un ou plusieurs interlocuteurs distants en assurant le transfert bidirectionnel, en temps réel, du son et de l'image animée en couleur et leurs permettre de travailler sur des documents communs (textes imprimés, photographies, médias audiovisuels ou informatiques...).

La mise en relation de groupes de personnes grâce à l'image et au son s'appuie sur deux entités technologiques distinctes : d'une part, un réseau de transmission assurant l'acheminement de toutes les informations et d'autre part, des équipements et des terminaux spécifiques pour les utilisateurs.

On trouve aussi la visiophonie qui a le même concept que la visioconférence. Cependant la visiophonie permet seulement à deux interlocuteurs de communiquer entre eux.

I.2. Modes d'utilisation de la visioconférence : [19]

I.2.1. La visioconférence en point à point : La visioconférence en point à point met en relation un site avec un seul autre site. Chaque site peut être composé d'un individu isolé ou d'un groupe de personnes.

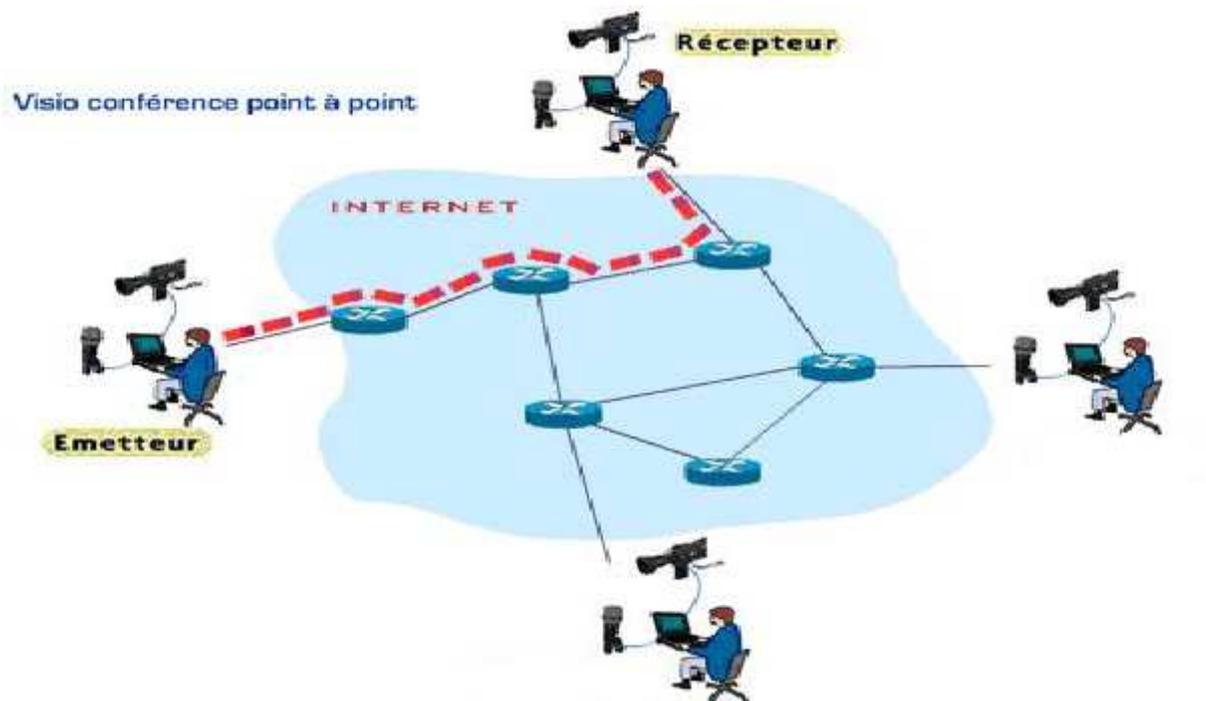


Figure 19: Visioconférence en point à point.

I.2.2. La visioconférence en multipoints : En multipoint, au moins 3 sites sont interconnectés. Là encore, chaque site peut être composé d'une ou plusieurs personnes. Cette situation nécessite l'utilisation d'un pont (MCU: Multipoint Control Unit) qui gère le multipoint.

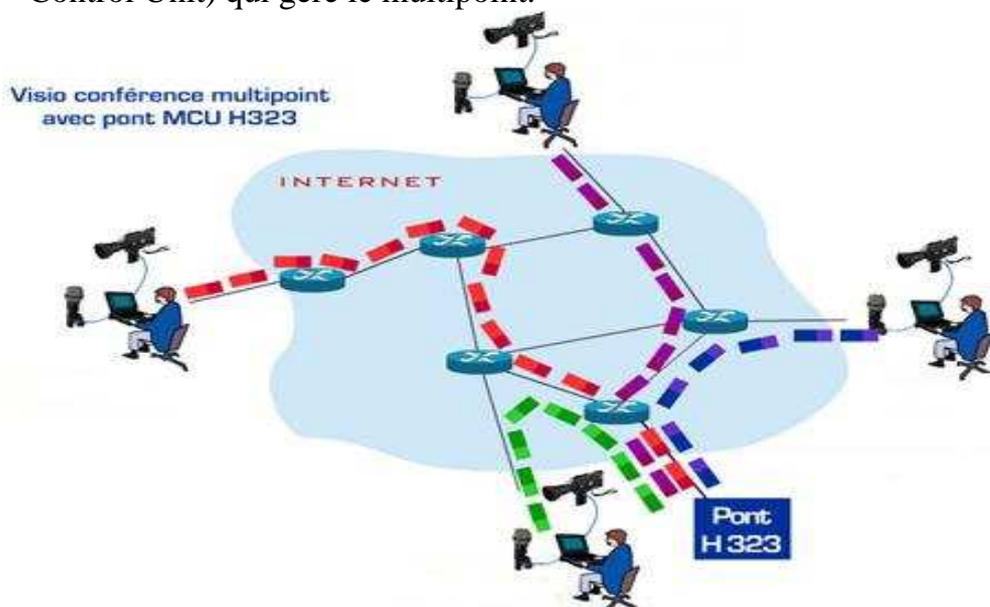


Figure 20: Visioconférence en mode multipoints.

I.2.3. La visioconférence en broadcast : La visioconférence en mode broadcast (mode diffusé) fait référence à une communication point à multipoint, dans laquelle un site privilégié diffuse un message vers les autres sites, qui peuvent éventuellement interagir et poser des questions. Les visioconférences en mode

broadcast sont parfois utilisés pour les stages d'entreprise ou lorsqu'un PDG désire s'adresser aux salariés de son entreprise.

I.3. Domaine d'utilisation de la visioconférence : [7]

I.3.1. E-learning : C'est un système qui permet de suivre certaines formations sans se déplacer de chez soi, en regardants des cours donnés à distance par visioconférence. L'utilisation de E-Learning améliore la qualité de l'apprentissage en facilitant d'une part l'accès à des ressources et à des services et d'autre part les échanges et la collaboration à distance. Les cours peuvent être donnés de façon diffusée ou privée.

I.3.2. La médecine :

1. La télémédecine:

La télémédecine concerne l'utilisation des technologies de télécommunications par les professionnelles de santé afin de faciliter la prise en charge des patients que ce soit dans un but diagnostique ou thérapeutique. Elle consiste en une communication interprofessionnelle, strictement limitée au monde des médecins, infirmiers, kinésithérapeutes et autres professions spécialisées, pour augmenter leur expertise, leur savoir-faire ou mettre en commun leurs compétences. Les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) viennent ici en support d'une démarche médicale classique en y rajoutant des fonctionnalités nouvelles permettant de s'affranchir partiellement du temps et de l'espace.

2. La télésanté :

Toujours en cours de développement, la télésanté est un procédé permettant aux patients eux même d'interagir visuellement avec leur médecin. Ils peuvent ainsi être suivis depuis chez eux sans avoir à se déplacer ce qui représente un gain de temps et surtout d'efforts pour des personnes à mobilité réduite.

I.3.3. Le télétravail : La visioconférence permet à deux (ou plus) personnes distantes travaillant sur un même projet d'échanger des documents et de les commenter en direct en utilisant un tableau blanc (application partagée) qui leur permet d'interagir en temps réel sur les documents présentés.

I.3.4. Grand publique :

Permet de communiquer avec sa famille, ses amis ou toutes autres personnes dans des conditions proches à la réalité.

I.4. Equipements de la visioconférence :

I.4.1. Le polycom VSX 6000 : est une caméra de haute gamme proposant toutes les



fonctionnalités essentielles pour assurer une haute qualité vidéo et audio. Possède une caméra PTZ (pan-tilt-zoom), un microphone de table et une télécommande.

I.4.2. Le serveur Codian MSE 8000 :

Le Codian MSE 8000 est un châssis haute capacité pour la voix et la visioconférence. Cette solution puissante est idéale pour les grands besoins de communication à grande échelle des prestataires de services et des entreprises commerciales. Il permet la télécommunication entre plusieurs participants et contient certaines lames d'option définies dans le tableau qui suit :



Lames d'option	Description
MSE 8050 Superviseur	Lame superviseur, requise pour la gestion et la configuration système
MSE 8420 Médias	40 ports de la vidéo et 40 ports de multipoint de conférence vocale
MSE 8220 magnétoscope	10 ports d'enregistrement vidéo avec serveur de streaming

Tableau 2: Lames du codian.

I.5. La qualité de la visioconférence dépend de quelques paramètres :

- Le débit qui doit être supérieur à 384 Kb/s pour la qualité et la fluidité.
- La variation du délai de transit (gigue) nécessairement inférieur à 30 ms.

II. Les protocoles de la visioconférence:

Il est devenu nécessaire de créer des protocoles capables de supporter l'arrivée des technologies du multimédia sur les réseaux, telle que la visioconférence. Le protocole H.323 est l'un d'eux, il permet de faire de la visioconférence sur des réseaux IP.

II.1. Présentation de protocole H323: [17] [18]

H.323 est un protocole de communication englobant un ensemble de protocoles utilisés pour l'envoi de données audio et vidéo sur un réseau IP. C'est un protocole appartenant à l'UIT-T (Secteur de standardisation de l'Union Internationale des Télécommunications). Il a été créé en 1996 et a été mis à jour par l'introduction d'une nouvelle version (v5) en 2003 par l'UIT. Il existe un projet OpenH.323 qui développe un client H.323 en logiciel libre afin que les utilisateurs et les petites entreprises puissent avoir accès à ce protocole à moindre coût.

Le standard H.323 adresse la signalisation et le contrôle d'appel, le transport multimédia et le contrôle de la largeur de bande pour la conférence point-à-point et pour la conférence multipoint.

II.2. Zones et entités H323 :

Les entités H.323 sont regroupées dans des zones. Une zone est un ensemble de terminaux, passerelles (Gateway, GW) et ponts de conférence (Multipoint Control Unit, MCU) gérés par un même portier (Gatekeeper, GK). La zone comprend au moins un terminal et, éventuellement, des Gateways ou des MCUs. Une zone n'a qu'un seul Gatekeeper. H.323 permet l'échange de signalisation afin d'établir des canaux de communication pour le transport de flux multimédia entre endpoints. Un endpoint peut être un terminal, un Gateway ou un MCU.

II.2.1. Terminal : Un terminal est un endpoint permettant de communiquer en temps réels avec d'autres endpoints. Il s'agit d'un équipement utilisateur tel qu'un PC ou un téléphone IP qui supporte au moins un codec audio et éventuellement d'autres codecs audio et vidéo.

II.2.2. Gateway (passerelle): Un Gateway est un endpoint du réseau qui assure en temps réel des communications bidirectionnelles entre des terminaux H.323 et d'autres terminaux (exp : terminaux RNIS, GSM).

La Gateway traduit les protocoles de la signalisation et permet de faire communiquer des équipements de visioconférence quel que soit le réseau utilisé. Elle se présente sous la forme d'une carte interface complémentaire intégré au terminal.

II.2.3. MCU (Multipoint Control Unit) :

Un MCU est un terminal qui supporte des conférences entre 3 (ou plus) terminaux. Il peut s'agir d'un équipement indépendant (e.g PC) ou peut être intégré dans un Gateway, un gatekeeper ou un terminal. Un MCU consiste en deux fonctions :

- Contrôleur multipoint (Multipoint Controller, MC).
- Processeur multipoint (Multipoint Processor, MP).

La fonction MC met en œuvre le contrôle et la signalisation pour le support de la conférence alors que la fonction MP reçoit les flux des terminaux, les traite, et les retourne aux terminaux participant à la conférence.

Il existe deux types de MCU :

1. **Le MCU centralisé** : Il met en œuvre la signalisation(MC) et le traitement des flux(MP). Tous les terminaux envoient les flux audio, vidéo, et les flux de contrôle au MCU en mode point à point. Sa fonction MC gère de manière centralisée la conférence en utilisant les fonctions de contrôle H245. Le MP doit aussi convertir si nécessaire les différents codecs et débits utilisés entre terminaux.
2. **Le MCU décentralisé** : Il met en œuvre la signalisation uniquement. Les flux sont échangés directement entre les terminaux. Dans ce cas, le MCU fonctionne avec le MC seulement.

II.2.4. Gatekeeper (portier):

Un Gatekeeper est un équipement dédié ou intégré dans un MCU ou dans un routeur IP. Il agit comme étant le point central pour tous les appels dans sa zone et contrôle les endpoints. Un Gatekeeper H.323 agit comme un commutateur virtuel. Le Gatekeeper exécute deux fonctions importantes :

- La translation d'adresse d'un alias LAN d'un terminal ou d'une passerelle (Gateway) vers une adresse IP, comme le définit la spécification RAS.
- La gestion de la bande passante, aussi décrite dans la spécification RAS. Par exemple, si un administrateur réseau a spécifié un seuil pour un nombre simultané de conférences sur le LAN, le Gatekeeper peut refuser toutes les connexions qui seront au-delà de ce seuil.

Le Gatekeeper n'est pas obligatoire dans un réseau H.323 mais lorsqu'il existe, tous les équipements de la zone doivent dialoguer avec lui pour établir des communications.

II.3. La pile de protocoles H323 :

H323 est un regroupement de plusieurs normes servant à encapsuler un signal de visioconférence sur des réseaux IP. Il normalise aussi la signalisation a utilisé pour l'établissement d'une communication. La voix et vidéo sont transmises en utilisant le protocole UDP, associé aux protocoles RTP et RTCP pour le transfert des données en temps réel. Le schéma suivant représente la pile de protocoles h323 :

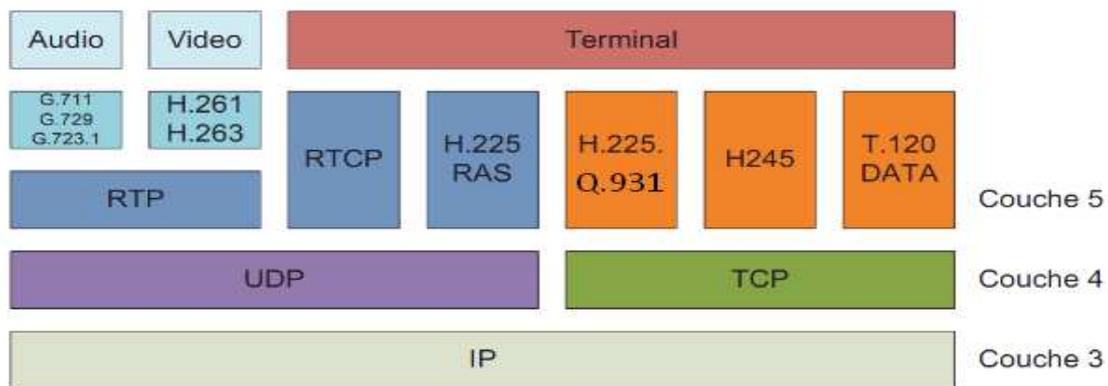


Figure 21: Pile de protocoles H323 en relation avec OSI.

II.3.1. La signalisation RAS (Registration, Admission and Status):

La signalisation RAS est utilisée entre les terminaux H323 et le Gatekeeper qui les contrôle. Il sert aux terminaux H323 pour découvrir l'existence d'un gatekeeper et s'enregistrer auprès de celui-ci pour les requêtes de traduction d'adresses. La signalisation RAS utilise des messages H.225.0 transmis sur un protocole de transport (ex : UDP). Les messages de signalisation RAS sont représentés comme suit :

- Registration Request (RRQ) : Permet à l'endpoint de s'enregistrer auprès de son Gatekeeper.
- Registration Confirm(RCF) : Renvoyé par le Gatekeeper pour indiquer à l'endpoint qu'il est bien enregistré.
- Désengage Confirm(DRQ) : Utilisé par un endpoint ou par un Gatekeeper pour demander la fin de la communication.
- Unregistration Reject(URQ) : Envoyé par un endpoint pour annuler son enregistrement auprès de son Gatekeeper ; aussi émis par le Gatekeeper à un endpoint pour annuler l'enregistrement de ce dernier.
- Admission Request (ARQ) : Envoyer par un terminal H323 pour demander l'autorisation de participer à un appel.
- Admission Confirm(ACF) : Retourné par le Gatekeeper au terminal H323 pour confirmer son admission.
- Admission Reject (ARJ) : Retourné par le Gatekeeper au terminal H323 pour l'informer du rejet de sa demande d'admission.

II.3.2. La signalisation H225 Q931(SIG) :

La signalisation d'appel Q931 permet d'établir et de libérer des connexions entre endpoints H.323. Certains messages utilisés sont représentés comme suit :

- Setup : Premier message envoyé pour l'établissement d'une connexion.
- Call Proceeding : Message optionnel émis à l'endpoint appelant pour indiquer l'initialisation de l'établissement de la connexion demandée.
- Connect : Envoyé par le demandé au demandeur (Gatekeeper, Gateway ou endpoint) pour signaler que le demandé accepte l'appel.
- Release Complete : Envoyé pour indiquer la libération de l'appel.

II.3.3. H245 (MÉDIA CONTROL and TRANSPORT) :

Ce protocole est utilisé pour l'échange de capacités entre deux équipements terminaux. Comme exemple, il est utilisé par ces derniers pour s'accorder sur le type de codec à activer. Il peut également servir à mesurer le délai aller-retour d'une communication.

II.3.4. Codec audio/vidéo:

On appelle CODEC l'entité chargée de la COMpression des données audio ou vidéo dans un sens (à la prise de vue) et de leur DECompression dans le sens contraire (pour en permettre l'affichage). Plus le débit est élevé et meilleure sera la qualité de la restitution.

1. **Codec audio** : G.711, G.722, G.723, G.728 et G.729 sont des codecs représentant des normes d'encodage audio, la différence entre tous ces codecs est le débit de transfert, comme le montre le tableau suivant:

Codecs	Informations
G711	-56kbps, 64 kbps
G722	-32, 48 et 56kbps
G723	-16, 24 et 40kbps -Qualité inférieure au G722
G728	-16kbps
G729	-8kbps -Qualité proche du G722

Tableau 3: Codec audio.

2. **Codec vidéo** : H.261 et H.263 sont des codecs vidéo, un terminal en H.261 peut communiquer avec un terminal en H.263 si les deux utilisent le format QCIF. H.261 est à utiliser pour les communications à hauts débits, alors que H.263 est plus recommandé pour les bas débits et le format de l'image qu'utilise chacun est défini dans le tableau suivant:

Codecs	Informations
H.261	-CIF et QCIF -100 kbps
H.263	-SQCIF, QCIF, CIF, 4CIF et 16CIF -pour les bas débits

Tableau 4: Codec vidéo.

Tableau explicatif des formats d'image :

Format de l'image en visioconférence	Taille de l'image en Pixels
Sub-QCIF	128 x 96
QCIF	176 x 144
CIF	352 x 288
4CIF	702 x 576
16CIF	1408 x 1152

Tableau 5: Format d'images.

II.3.5. RTP/RTCP (Real-Time Transport Protocol/ Real-Time Transport Control Protocol) :

Les deux protocoles UDP et TCP/IP ne suffisent pas à assurer le transport des données temps réel telles que la voix ou la vidéo, il est nécessaire d'utiliser deux protocoles supplémentaires : **RTP** (Real-Time transport Protocol) et **RTCP** (RTP Control Protocol). RTP et RTCP sont des protocoles de la couche session qui utilisent des ports différents. Lorsqu'une session RTP est ouverte, une autre session RTCP est aussi ouverte de manière implicite.

Le but de **RTP** est de fournir un moyen uniforme pour transmettre sur IP des données soumises à des contraintes de temps réel (audio, vidéo, etc.).

RTP permet :

- d'identifier le type de l'information transportée,
- d'ajouter des marqueurs temporels permettant d'indiquer l'instant d'émission du paquet. L'application destinataire peut alors synchroniser les flux et mesurer les délais et la gigue.
- d'inclure des numéros de séquence à l'information transportée afin de détecter l'occurrence de paquets perdus et de délivrer les paquets en séquence à l'application destinataire.

De plus, RTP peut être véhiculé par des paquets multicast afin d'acheminer des conversations vers des destinataires multiples. Mais, RTP n'a pas été conçu pour effectuer des réservations de ressources ou contrôler la qualité de service et ne garantit pas la livraison du paquet à l'arrivée.

Le protocole **RTCP** 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. Il existe cinq types différents de paquets RTCP pour chaque type d'information :

- SR (Sender Report) contient des statistiques de transmission et de réception pour les participants qui sont des émetteurs actifs.
- RR (Receiver Report) contient des statistiques de réception pour les participants qui ne sont pas des émetteurs actifs mais récepteurs d'une session.
- SDES (Source Description) décrit la source : nom, email, tél, etc.
- BYE permet à une station d'indiquer la fin de sa participation à une session.
- APP est un paquet de signalisation spécifique à une application.

II.3.6. Quelques ports utilisés pour une visioconférence :

<i>Port</i>	<i>Type</i>	<i>Protocoles</i>	<i>Description</i>
1719	Statique	UDP	Gatekeeper
1720	Statique	TCP	Q.931
1024-65535	Dynamique	TCP	H245
1024-65535	Dynamique	UDP(RTP)	Vidéo and audio
1024-65535	Dynamique	UDP(RTCP)	Control Vidéo and audio
1503	Statique	TCP	T.120

Tableau 6: Ports utilisés par la visioconférence.

II.4. Fonctionnement de protocole H323 :

Le fonctionnement du protocole H323 diffère selon les cas d'utilisation (le nombre d'interlocuteurs ou de la structure utilisée). Il existe trois modes de fonctionnement du protocole H323 qui sont représentés comme suit :

II.4.1. Le fonctionnement point à point :

Dans ce cas, l'appelant va entrer l'adresse IP du destinataire pour pouvoir demander la connexion. Le destinataire répond en fonction de son état « libre » ou « occupé ». En cas de réponse « libre » les deux points se mettent d'accord sur les codecs audio et vidéo qu'ils vont utiliser et la connexion s'établit.

Une fois la connexion établie, les données seront transmises sur des ports différents, en effet l'information audio et vidéo passera sur les ports UDP et les données utiles à la connexion sur des ports TCP.

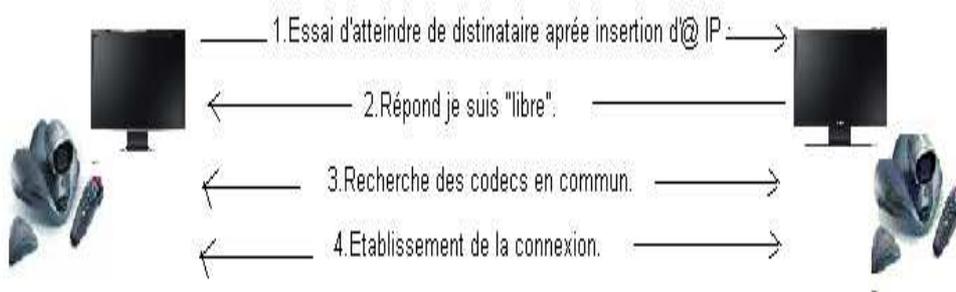


Figure 22: Fonctionnement du protocole H323 en mode point à point.

II.4.2. Utilisation du « Gatekeeper » :

Un autre cas d'utilisation est l'ajout d'un Gatekeeper entre les points, il sert de passerelle d'accès pour pouvoir se connecter ensuite directement au destinataire. Tout d'abord, l'appelant doit demander une autorisation au Gatekeeper pour ce connecter avec le destinataire si il n'est pas occupé, le Gatekeeper transmet l'adresse du destinataire à l'appelant, la suite des opérations se passe comme dans le premier cas ou une fois mis en relation, les deux points communique indépendamment sans passer par le Gatekeeper. Cependant, ce dernier est informé lorsque la conversation fini et rétablit les états des intervenants a «libre».

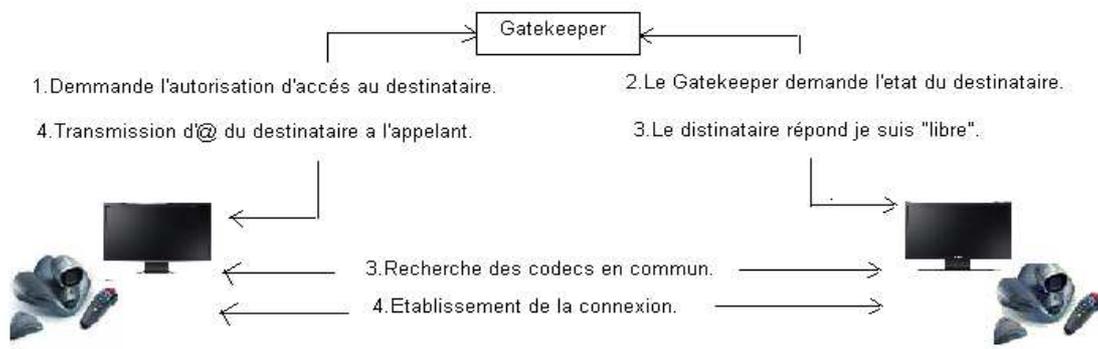


Figure 23: Fonctionnement du H323 avec un Gatekeeper.

II.4.3. Utilisation de MCU :

Lors d'une utilisation multipoint, l'utilisation de MCU est requise. Ils peuvent être sous forme de logiciel ou machine et ont pour rôle d'établir plusieurs communications simultanément. Lors de la visioconférence ce sont les MCU qui vont permettre aux utilisateurs de se retrouver dans la même conversation. Ils ont également l'avantage de servir de passerelle entre deux points dont les codecs sont incompatibles, ce qui leur permet d'élargir la possibilité de connexion entre les équipements. Par rapport au cas précédent, les points ne seront plus directement connectés entre eux après la demande de résolution d'adresse par les Gatekeeper, mais seront en relation directe avec le MCU.

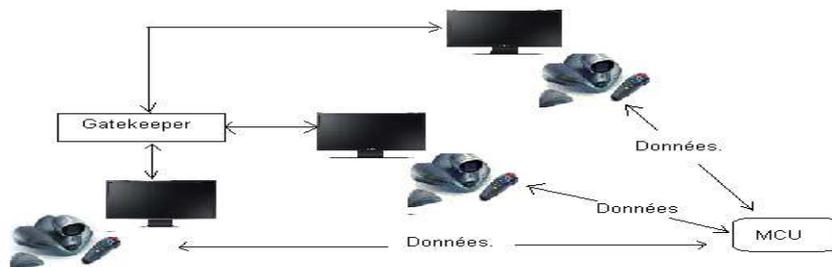


Figure 24: Fonctionnement de H323 avec un MCU.

II.5. Exemple de communication utilisant un Gatekeeper :

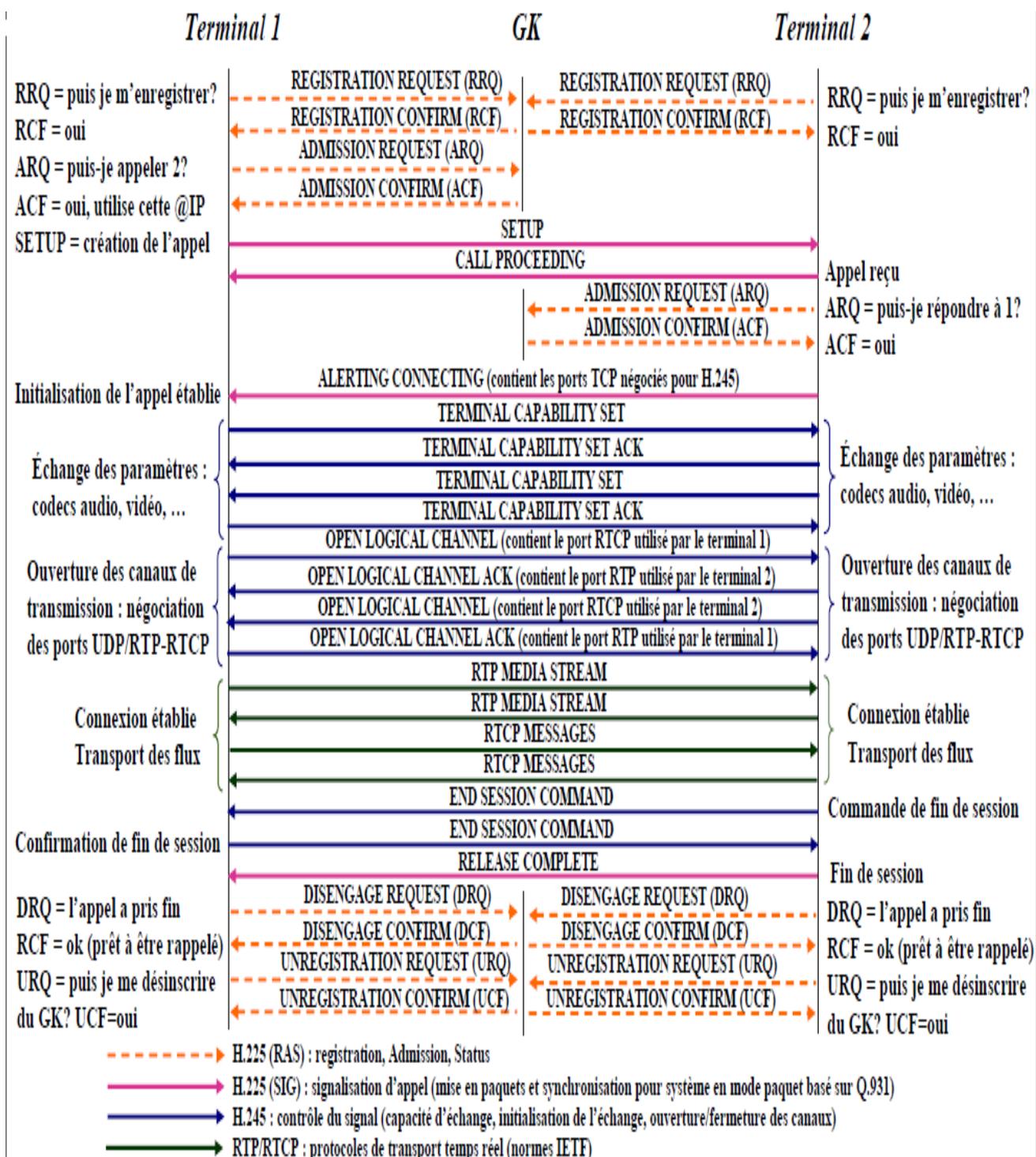


Figure 25: Communication utilisant H.323 utilisant un gatekeeper.

III. Les avantages et les inconvénients de la visioconférence :

III.1. Les avantages :

- Communiquer sans se déplacer.
- Économie d'argent et de temps (visioconférence de deux heures au lieu d'un déplacement de deux jours).
- Organiser des réunions efficaces en travaillant d'une façon plus productive.
- Sans oublier que la vie privée des collaborateurs s'en trouvera améliorée.

III.2. Les inconvénients :

- Risque de piratage des informations et données échangées.
- Nécessite un matériel et une installation spécifique.
- Absence de l'aspect; présence physique.

Conclusion :

La visioconférence est une solution d'avenir notamment pour les entreprises, elle nécessite un ensemble d'équipements spécifiques et une configuration de chacun d'eux. C'est un service qui peut être facilement implémenté dans un réseau VSAT sous la plateforme iDirect.

Chapitre3 : la plateforme iDirect

Introduction :

Les VSAT utilisent des plateformes différentes pour transmettre et recevoir des données via des satellites, par exemple iDirect, Newtec, Comtech, Datum.

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 visioconférence. Les nouvelles technologies iDirect, développées via IP par satellite offrent un niveau élevé de connectivité et une meilleure qualité de service. iDirect utilise deux technologies : DVB-S1 nommée iDirect infinity et DVB-S2 nommée iDirect Evolution.

L'objectif de ce chapitre est de clarifier les solutions apportées par iDirect, au niveau de l'accélération de 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. Les technologies DVB-S1 et DVB-S2:[12]

I.1. DVB-S1 (Digital Vidéo Broadcasting S1):

Le DVB-S1 est un standard défini pour la transmission par satellite. Ce standard a attiré l'intérêt des opérateurs et des chercheurs dans le domaine de communication en vue de sa bande large et des contraintes non strictes par rapports aux autres supports de transmission.

C'est un standard de diffusion relativement simple qui utilise la modulation QPSK et BPSK. Il utilise des canaux relativement larges (33 ou 36 MHz). Un code VITERBI (code correcteur d'erreurs internes) et Reed Solomon (code détecteur et correcteur d'erreurs) et CCM (Constant Coding and Modulation) sont utilisés pour corriger les effets négatifs de la transmission satellite.

Une deuxième version de DVB-S1 a été proposée en 1997, c'est le standard DVB-DSNG (DVB-Digital Satellite news Gathering). Il introduit en plus, la modulation 8PSK, mais avec la progression technologique et les nouvelles exigences, le DVB-S1 et le DVB-DSNG n'arrivent pas à satisfaire beaucoup 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 actuels dans le domaine de communication.

I.2. DBV-S2 (Digital Vidéo Broadcasting S1):

Le standard DVB-S2 est une amélioration de DVB-S1 qui s'explique par les modifications introduites au niveau codage et modulation (CODMOD), en utilisant le codage du canal LDPC, BCH (Low Density Parity Check, Bose Chaudhuri Hochquenghem) et les modulations QPSK, 8PSK, 16APSK et 32APSK. Le DVB-S2 permet de fournir la modulation et le codage adaptatif : ACM (Adaptative Coding and Modulation), cette technique a permis une protection des canaux plus grands et une augmentation de la capacité de transmission en plus de l'introduction de nouveaux services. Il permet aussi d'économiser jusqu'à 30% de bande passante par rapport au DVB-S1. La comparaison entre les deux normes DVB-S1 et DVB-S2 se résume dans le tableau suivant:

Standard	DVB-S1	DVB-S2
Codage	Veterbi, Reed Solomon	LDPC, BCH
Modulation	QPSK	QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK
Mode de codage et de modulation	CCM	ACM
Formats des données	MPEG-2	MPEG-2, MPEG-4,
Débit binaire	23 à 41.5 Mb/s	36 à 51 Mb/s

Tableau 7: Comparaison entre DVB-S1 et DVB-S2.

II. Solution iDirect :

II.1. Les types de données : [5]

iDirect a apporté des solutions optimales pour assurer des fonctions dans les cas du transfert de données vidéo et voix, qui sont généralement des applications temps réel.

II.1.1. Caractéristiques du trafic voix/vidéo :

- Application protocole temps réel.
- Sensible au délai et aux variations de délai (jitter).
- l'information n'est jamais transmise à nouveau.
- Application multimédia et traitement des images.

II.1.2. Caractéristiques du trafic de données :

- Pas d'envoi en temps réel.
- N'est pas sensible au délai ou aux variations de délai.
- Sensible à la moindre erreur.
- Transfert de fichiers volumineux.

II.2. Les modèles de référence OSI et TCP/IP:[11]

iDirect se réfère au modèle **OSI (Open System Interconnexion)** qui définit sept couches fonctionnelles, et au modèle **TCP/IP (Transmission Control**

Protocol/Internet Protocol) qui définit quatre couches. À la différence entre les deux modèles, OSI sert de référence dans le déroulement de la communication (côté théorique) tandis que TCP/IP décrit la façon dont se passe la communication entre deux hôtes (côté pratique). Leurs architectures sont définies dans la figure ci-dessous :

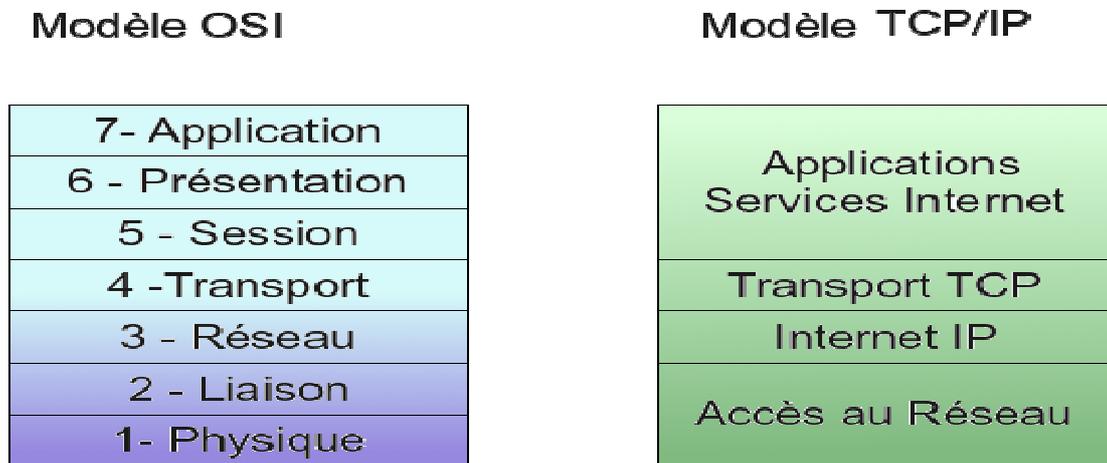


Figure 26: Modèles OSI et TCP/IP.

II.2.1. La couche physique :

Cette couche se charge essentiellement de la transmission de bits de façon brute sur le support physique, d'une extrémité à une autre.

II.2.2. La couche liaison de donnée :

Cette couche assure la transmission fiable des données, en les structurant en trames et assure également le contrôle d'erreurs et de flux.

II.2.3. La couche réseau :

La couche réseau est responsable de l'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 IP.

II.2.4. La couche de transport :

La couche de transport est chargée de l'acheminement fiable des paquets de données à partir de la machine source vers la machine destination. De ce fait, c'est une couche de bout en bout. Elle assure le multiplexage et le contrôle de flux.

II.2.5. La couche session:

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

II.2.6. La couche présentation :

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

II.2.7. La couche application :

Point de contact avec les services réseaux. Elle contient une variété de protocoles qui sont utiles pour les utilisateurs (FTP, Telnet, http, DNS, ...).

La couche accès réseau de TCP/IP englobe les couches 1 et 2 du modèle OSI.

La couche internet de TCP/IP représente la couche 3 du modèle OSI.

La couche transport de TCP/IP représente la couche 4 du modèle OSI.

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

II.3. Accélération TCP/IP iDirect:

II.3.1. Protocole UDP (User Datagram Protocol) :

Le protocole UDP n'assure aucune fonction de contrôle. C'est un protocole minimum sans garantie de délivrance des messages (accusé de réception) et sans numéro de séquence. 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 parmi les utilisations typiques de ce protocole.

II.3.2. Protocole TCP (Transmission Control Protocol):

Protocole de la couche transport, c'est 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 sur les erreurs (grâce aux numéros de séquence et d'acquittement).

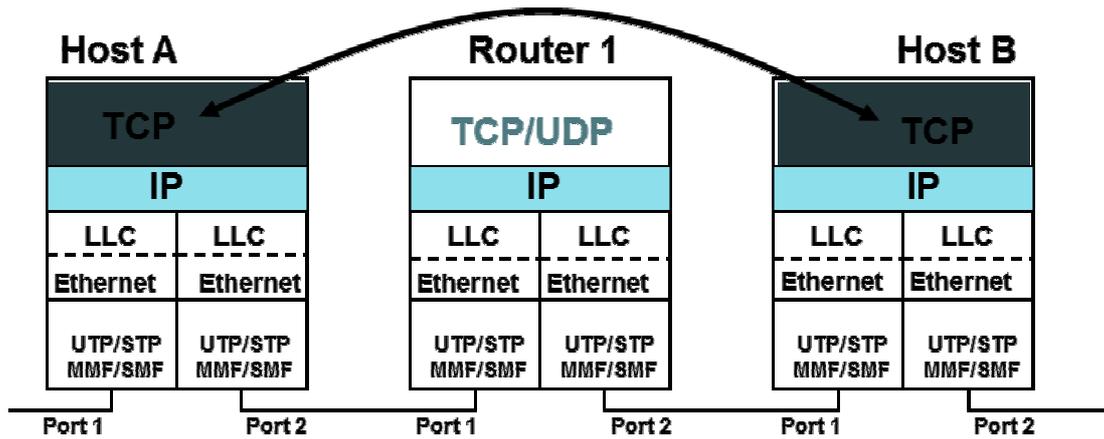


Figure 27: Transmission selon le protocole TCP/IP.

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.

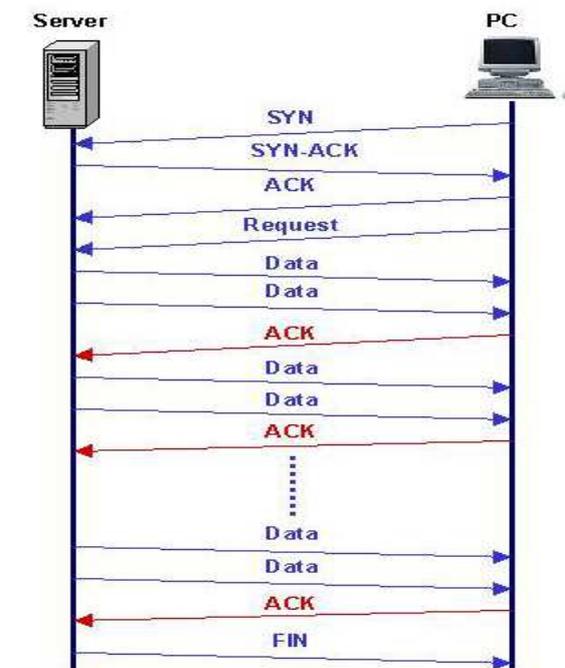


Figure 28: Protocole TCP.

Une difficulté importante rencontrée dans le soutien des applications TCP/IP sur satellite est la latence inhérente ou le retard des systèmes satellitaires. Parce que les satellites sont situés à presque 36.000 km au-dessus de la terre, le temps qu'il faut pour un signal à partir du sol vers le satellite et de retourner vers le sol est de 480 ms.

Le protocole TCP a été conçu pour le transport garanti. Un serveur ou un PC envoyant des données, débutera en envoyant quelques paquets et attendra ensuite un accusé de réception montrant que les données ont été reçues avant d'envoyer plus. Si les données sont correctement reçues et reconnues, le dispositif d'envoi enverra plus de paquets à

un rythme plus rapide. Il continuera à accélérer jusqu'à ce que les accusés de réception soient perdus. Malheureusement, la latence satellite apparaît au dispositif TCP/IP expéditeur comme un circuit très lent ou encombré. Il s'attend à un accusé de réception dans un délai court et quand il ne l'obtient pas, il le renvoie.

La solution iDirect fournit une accélération TCP bidirectionnelle parfois appelée 'spoofing', construite dans le routeur satellite sur le site distant et sur l'équipement HUB téléport.

Pour accélérer 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 font par l'intermédiaire du HUB et du routeur satellite. [15]

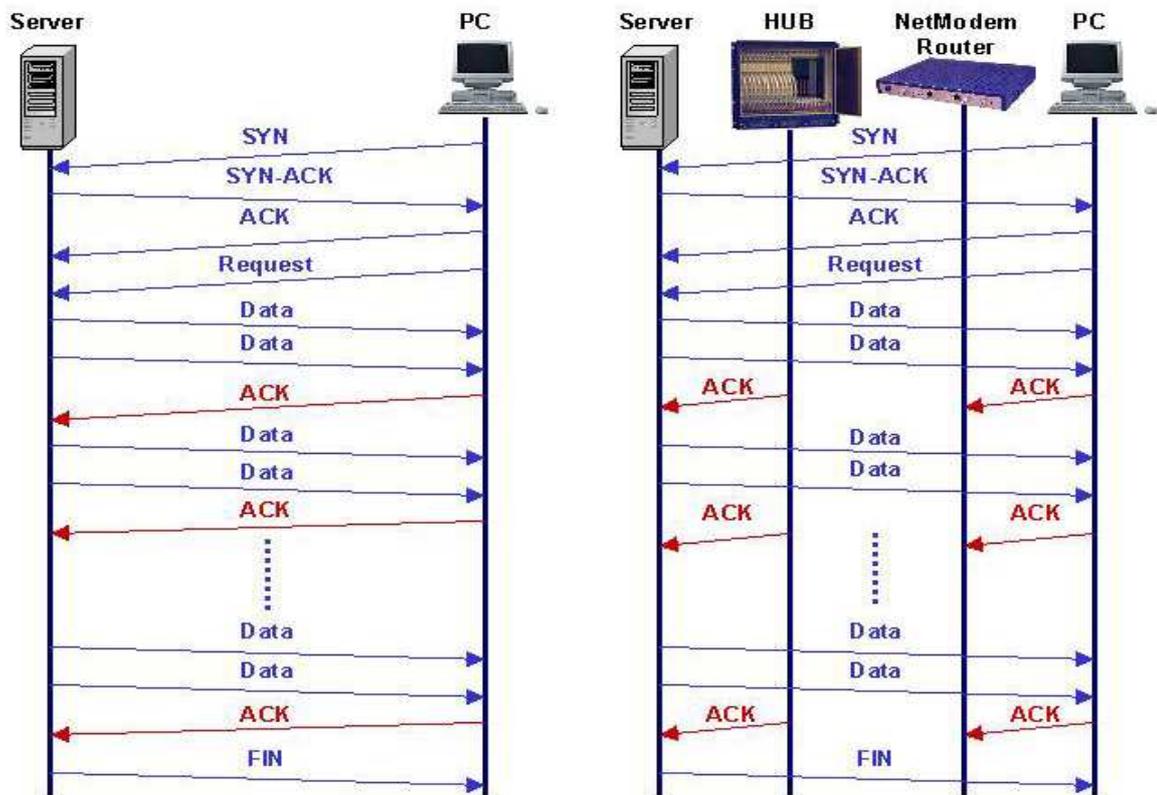


Figure 29: Accélération TCP.

II.4. Accélération HTTP iDirect :

iDirect fournit une accélération HTTP ou Web qui fonctionne dans les deux directions. Cela améliore considérablement la réponse Web en éliminant la nécessité pour les paquets d'accusé de réception de traverser la liaison par satellite. Cela a pour résultat le téléchargement facile et rapide des pages, comme si c'était une liaison terrestre. [15]

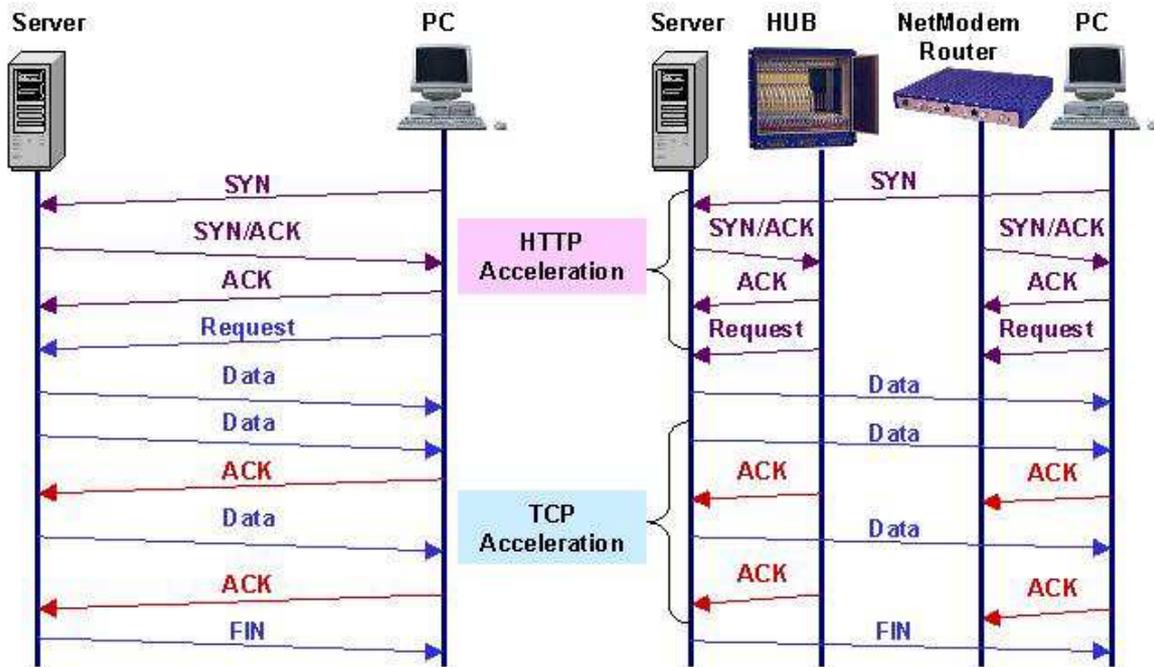


Figure 30: Accélération http.

II.5. Débit minimal garanti (Committed Information Rate : CIR):

Chaque routeur satellite iDirect est doté d'une petite quantité de bande passante dédiée, ce qui élimine la nécessité de lutter pour pouvoir transmettre, et garantissant que peu importe l'occupation du réseau, ce montant de base de bande passante est toujours disponible.

La bande passante CIR supplémentaire peut être dédiée de façon permanente ou allouée dynamiquement sur une base par site pour répondre aux besoins spécifiques, pour un coût supplémentaire. Le CIR supplémentaire alloué en permanence aux emplacements distants ne peut pas être utilisé par n'importe quel autre VSAT. Le CIR Dynamique est alloué à des sites spécifiques quand ils ont des données à envoyer, sinon les intervalles de temps sont partagés pour un usage général parmi tous les VSAT. Un facteur clé de différenciation est la rapidité avec laquelle le CIR dynamique peut être affecté. La plupart des systèmes qui fournissent une capacité de CIR prendront 10 secondes pour établir une bande passante dédiée, tandis que le système iDirect, sera disponible en moins d'une seconde.[13]

II.6. Lissage d'intervalle de temps :

Le lissage d'intervalle de temps est particulièrement utilisé pour réduire le « jitter », qui peut être induit par le délai entre les paquets. Ceci est illustré sur la moitié supérieure de la figure suivante. Le gestionnaire de bande passante du processeur de protocole (pp) tente de lisser ou étaler chaque slot TDMA de site distant individuel à travers la trame en amont.

Le lissage est désactivé par défaut, afin de permettre le lissage d'intervalle de temps, il faut sélectionner Reduce Jitter au niveau de service dans le profil d'application dans l'interface du Groupe QoS. [13]

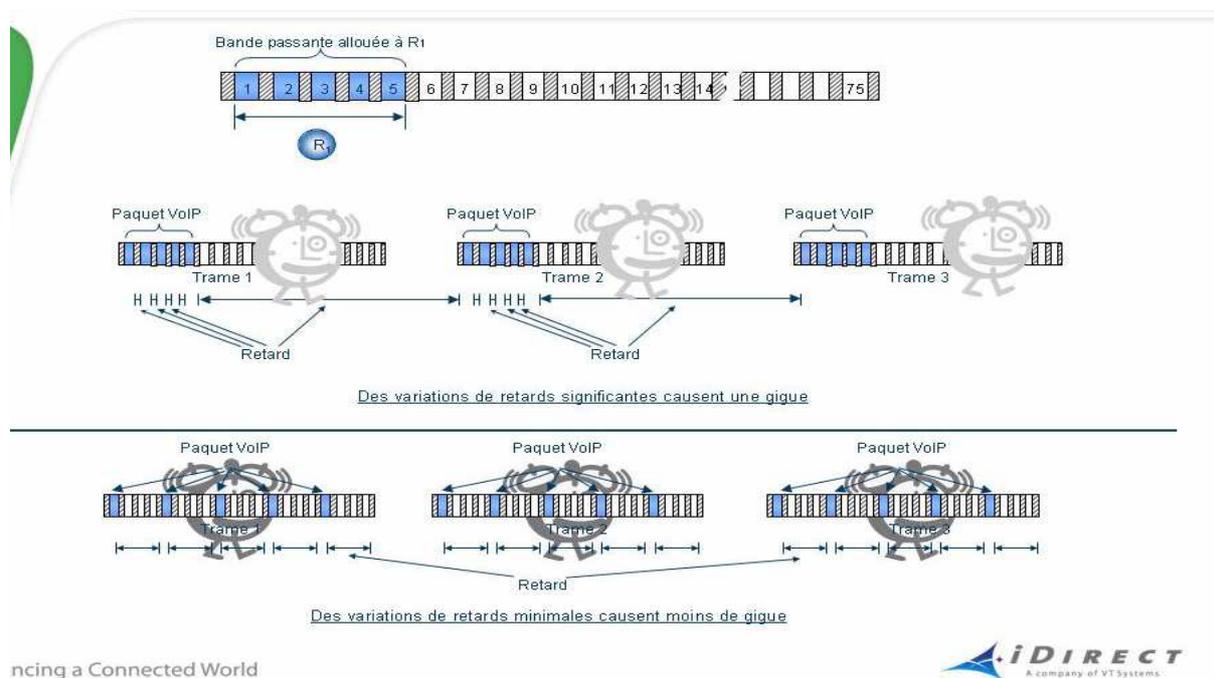


Figure 31: lissage d'intervalle de temps.

II.7. La correction d'erreurs iDirect (cas d'affaiblissement Pluie) :

Le signal peut être dégradé en raison des intempéries donc sa puissance d'émission peut être insuffisante pour atteindre le transpondeur sans erreurs. Pour cela les fournisseurs ont intégré la technologie de correction d'erreurs FEC (Forward Error Correction).

FEC est la technique utilisée dans les réseaux iDirect signifiant correction anticipée d'erreurs ou code correcteur d'erreurs. Des éléments redondants du message numérique sont ajoutés aux données transmises avant l'envoi du signal, pour pouvoir les vérifier à la réception et ainsi réduire les risques d'erreurs liés à la diffusion qui perturberaient la réception. Actuellement, les valeurs de FEC vont de 1/2 à 7/8. Dans le premier cas, pour deux bits transmis, un seul est utilisé. Dans le deuxième, pour huit envoyés, sept

sont utiles, seul le huitième est une information redondante servant à la protection du signal. Lorsqu'il atteint 1/2, le FEC offre donc une protection optimum. Les plus utilisés sont le 3/4 et à un degré moindre le 2/3.

iDirect utilise la nouvelle technologie TPC(Turbo Product Code) contre l'affaiblissement pluie, qui est un type du FEC.

La marge de puissance supplémentaire fournie par la correction d'erreurs TPC peut être utilisée pour amplifier le signal, sans dépasser les limites de puissances imposées par le fournisseur satellite sur leur transpondeur. L'équipement hub situé sur le téléport surveille en permanence le signal de chaque site distant. Quand les mauvaises conditions météorologiques se déplacent dans une zone particulière, le(s) VSAT distant(s) dans cette zone est (sont) commandé(s) à distance automatiquement pour stimuler leur puissance d'émission. Quand les conditions météorologiques s'améliorent, la puissance d'émission est accélérée.

IDirect utilise des tailles de trames différentes qui diffèrent selon les conditions météorologiques. Dans ce 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, jusqu'à atteindre une taille maximale qui est 1800 bits pour la trame d'information et 246 bits pour la trame de contrôle d'erreurs. La figure ci-dessous illustre ce concept dans le cas de la technique SCPC en downstream. [13]



Figure 32: trames d'informations.

II.8. La Qualité de Service (QoS) d'IDirect:

Les réseaux satellite appartiennent aux technologies d'accès au même titre que le Wifi ou l'ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line). Ils sont ainsi amenés à acheminer un nombre croissant de services de nature fortement hétérogène (VoIP, E-mail, FTP...).

La mise en œuvre de mécanismes de différenciation de traitement entre ces services est nécessaire. L'ensemble de ces techniques peut être inclus sous l'appellation de qualité de service.

L'application QoS permet à l'administrateur d'allouer un pourcentage de la bande passante aux applications et définir le niveau de priorité (assigner la profondeur de file d'attente) afin de fournir la qualité souhaitée. La QoS fonctionne dans les deux sens.

La fonction QoS peut également être utilisé pour filtrer les données indésirables ou les jeter sur la base des mêmes critères, essentiellement en attribuant zéro (0 %) allocation de bande passante pour l'application indésirable. [13]

III.Présentation des équipements de VSAT et du HUB :[13]

III.1.Présentation du HUB :

Le hub représente le cœur du réseau VSAT, il assure la gestion dynamique des ressources satellite. Il permet aussi la configuration des réseaux, le contrôle à distance des activités et les performances du réseau pour chaque station distante.

La figure suivante représente les composants d'un hub :

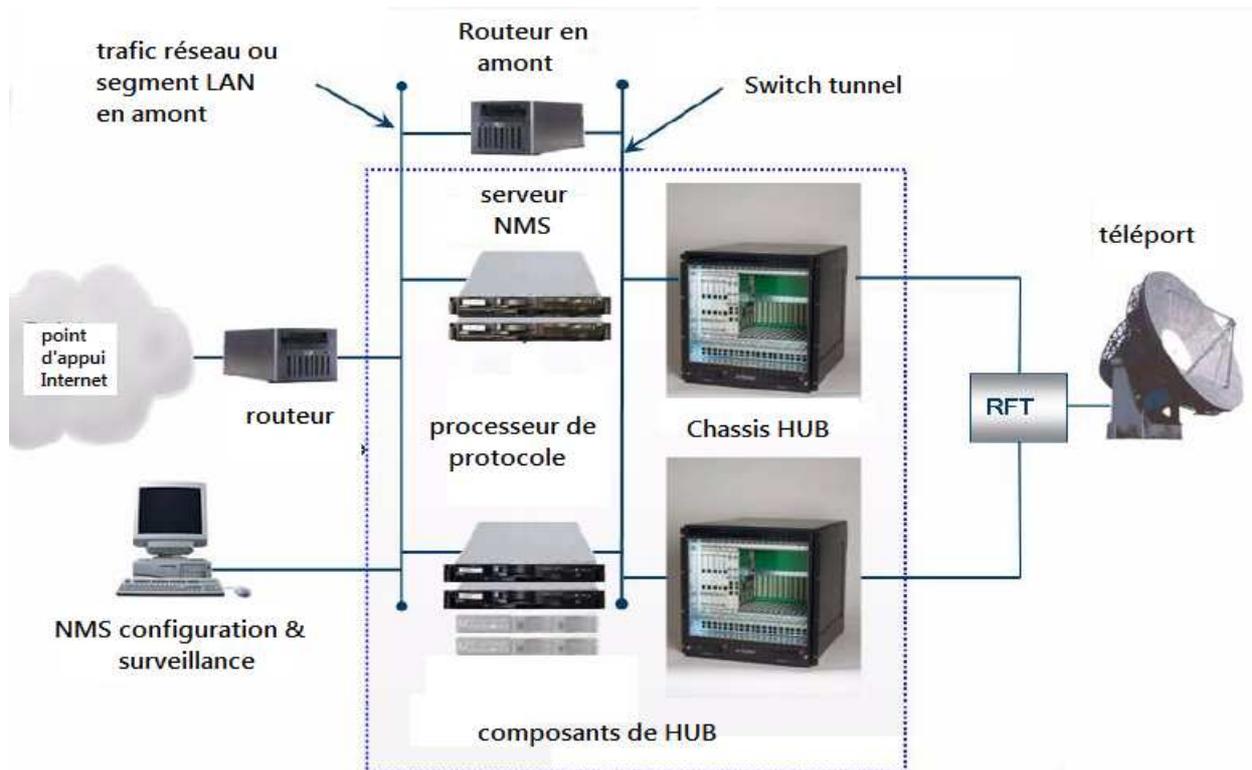


Figure 33 : Composants du hub.

III.1.1. Châssis 5-IF:

Châssis hub iDirect est une carcasse qui contient des emplacements pour les Hub Line Card(HLC). Le châssis 5-IF comprend 5 groupes de 4 cartes HLC chacun, tel que chaque groupe représente un ensemble de clients ayant les mêmes critères et peut émettre et recevoir sur une paire IF (TX, RX) située à l'arrière du châssis. Ce dernier est relié au switch tunnel.

1. La carte HLC :

La Hub Line Card est responsable de la modulation et la démodulation du signal porteuse. Chaque porteuse du réseau nécessite une line card :

- M1D1: un modulateur et un démodulateur signifiant que HLC contient Tx et Rx pour l'émission et la réception.
- M0D1: pas de modulateur et un démodulateur signifiant que HLC contient seulement Rx pour la réception.

La carte HLC utilise le système d'exploitation Linux et est reliée au switch tunnel.

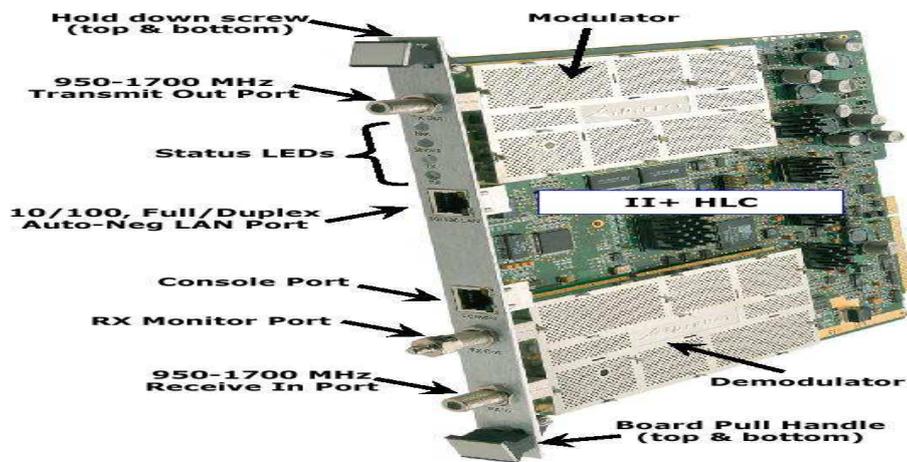


Figure 34: HLC.

2. La carte EDAS :

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

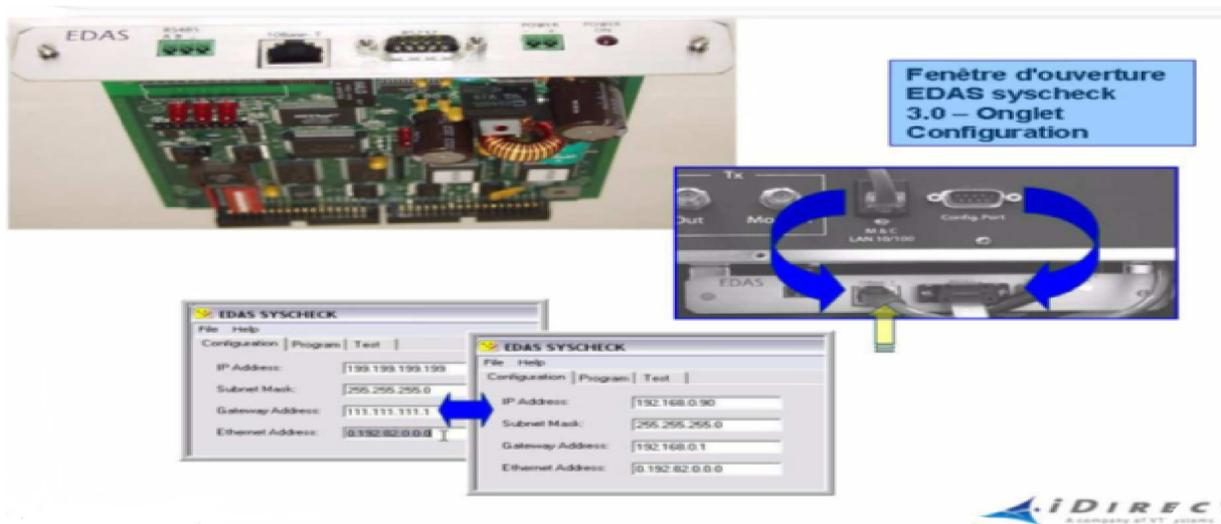


Figure 35: EDAS.

III.1.2. Le serveur NMS (Network Management System):

Le NMS est le cerveau de la configuration iDirect, c'est un mini-ordinateur ou une station de travail, équipé de logiciels et d'outils d'affichage, physiquement est le

même que le Processeur Protocole sauf qu'il y a le logiciel iDirect NMS installé. Ce serveur est relié à la fois au switch tunnel et au switch upstream.

Le serveur NMS se compose réellement de plusieurs composants qui lui permettent de réaliser ses tâches et qui sont les suivants :

- **Serveur de configuration (essentiellement dans iBuilder) :**
 - Gestion de la base de données de configuration.
 - Apporte une liste des éléments aux clients serveurs.
 - Génère tous les fichiers de configuration (option file).
- **Serveur NDR (Network Real-time Data, données réseau temps-réel) :**
 - Collecte les statistiques et les archive.
 - Fournit les statistiques brutes aux clients (temps réel et historique).
 - Fournit les statistiques brutes au serveur d'évènement.
- **Serveur d'évènement :**
 - Collecte les événements systèmes bruts et les archive.
 - Archive les changements d'état.
 - Fournit l'historique en temps réel, conditions et événement aux clients.
- **Moniteur NMS :**
 - Relance les serveurs en cas d'interruption anormale.
 - Envoie optionnellement un email aux destinataires désignés.
- **Latence serveur :**
 - Mesure et archivage de la latence.
 - Fournit les valeurs de latence aux clients (temps réel et historiques).
 - Fournit les valeurs de latence en temps réel au serveur d'évènements.
- **Consolidateur :**
 - Consolide et enlève les anciens enregistrements statistiques.
 - Informations de consolidation stockées dans la base de données destinée aux besoins spécifiques des clients.
- **Contrôleur de protocole processeur (PP virtuel) :**
 - Les processus du serveur de contrôle gèrent le contrôleur PP sur le serveur NMS.

- **Serveur de révision :**
 - Gère automatiquement, une fois configuré, les processus de mise à jour.
 - Permet aux opérateurs de contrôler manuellement le processus de révision et de mise à jour.

III.1.3. Le serveur protocole processeur(PP) :

C'est le cœur du HUB, il est responsable du traitement de l'information dans le réseau iDirect. Ce serveur est relié à la fois au switch tunnel et au switch upstream.



Figure 36: processeur protocole.

Il exécute plusieurs processus qui sont :

- **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 piles de protocoles à distance (sarmt) :**
 - Le nombre de processus sarmt varie ; dépend du nombre de sites distants / PP.
 - Gère le protocole d'Accélération TCP.
- **Processus du routeur (sarouter) :**
 - *Effectue tous le routage des paquets, en upstream et en downstream.*
 - Un seul processus **sarouter** par processus **sarmt**.
- **Le processus de surveillance et de contrôle (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). Démarre et éteint les autres processus.
- **Le processus PP Monitor (hpb_monitor):**
 - Contrôle et redémarre le processus Samnc s'il se termine de manière anormale.

III.1.4. Le switch tunnel :

Utilisé comme un tunnel pour l'acheminement des paquets entre HLC et PP.

III.1.5. Le switch upstream :

Responsable de la livraison des paquets IP après leur dé-encapsulation par le processeur protocole.

III.1.6. Le routeur upstream :

C'est un routeur « Cisco » qui effectue l'opération de routage ou d'acheminement. Il utilise le protocole « RIPv2 » qui est un protocole de routage dynamique.

III.2. Les terminaux iDirect :

Le routeur satellite iDirect joue trois (03) rôles principaux : le routage, la commutation et la modulation/démodulation, iDirect apporte un grand avantage intégrant l'accélération TCP et http, le cryptage de données (3DES/AES), le DNS et DHCP locaux, des applications de routage IP statique et dynamique. Il existe plusieurs séries de routeurs iDirect: série X3 et X5 pour iDirect évolution et séries 3000, 5000 et 7000 pour iDirect infiniti, chacune à ses propres caractéristiques, dans notre cas on a utilisé deux routeurs de série 3000 et 5000.

III.2.1. Routeur satellite iDirect Série 3000 :

Ce routeur est conçu comme une solution facile à déployer qui peut supporter des débits de données IP jusqu'à 18 Mbps sortant et jusqu'à 5 Mbps entrant. Supporte la topologie en étoile et la QoS avancée.



Figure 37: iDirect 3000 series.

III.2.2. Routeur satellite iDirect Série 5000 :

Ce routeur est conçu pour supporter les applications critiques pour les moyennes et grandes entreprises qui requièrent un maximum de flexibilité, et plus de trafic. Les routeurs peuvent supporter des débits de données IP jusqu'à 20 Mbps sortant et jusqu'à 6,5 Mbps entrant.

Supporte la topologie star et maillée, le cryptage optionnel AES 256 bits et la QoS avancée.



Figure 38: iDirect 5000 series.

IV. La vie d'un paquet IP:

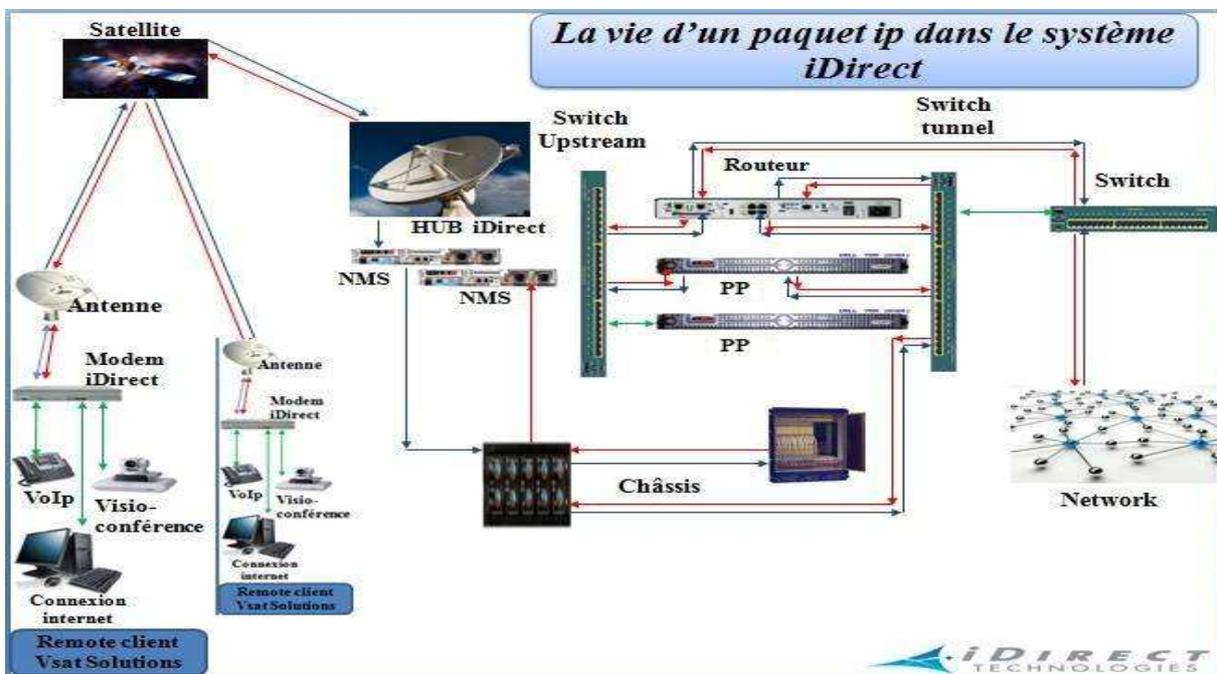


Figure 39: La vie d'un paquet IP.

- L'information codée provenant de l'ordinateur du site distant est envoyée au routeur satellite iDirect qui l'encapsule en lui ajoutant des entêtes iDirect et la module, puis l'envoi sur le câble IFL vers l'antenne.
- Le BUC reçoit le signal en bande L et le convertit en bande Ku, Ka ou C, l'amplifie et l'envoi au satellite.
- Le transpondeur du satellite filtre le signal, change sa fréquence en lui soustrait la fréquence de l'oscillateur local puis l'envoi vers le hub.
- Le LNB du téléport reçoit le signal en bande Ku, Ka ou C le convertit en bande L et l'amplifie. 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 enlève toutes les informations supplémentaires ajoutées par le site distant ensuite rassemble les paquets morcelés afin qu'ils puissent être envoyés vers leur destination. Une fois ce processus terminé le processeur de protocole enverra les paquets de données IP au Switch en amont.
- Switch Upstream qui est responsable de la livraison à internet.

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

V. Avantages et inconvénients d'iDirect :

V.1. Avantages :

- **Performance de toutes les applications** : supporte tout type d'applications autour d'IP, même celles qui demandent un temps réel.
- **Flexibilité et souplesse**: configuration et gestion des réseaux de 128 Kbps à 18 Mbps.
- **Disponibilité** : Assure l'accès continu au réseau aux utilisateurs.
- **Fiabilité** : qualité de service supérieure à 99.5%.
- **Extensibilité** : on peut 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** : connecter un nouveau point, 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 une chose très difficile. En effet pour cela il faudrait connaître exactement la fréquence, le niveau du signal, les techniques de filtrage et modulation, les protocoles et l'adressage des stations terriennes.
- **La compatibilité** : il peut facilement s'intégrer avec les différents réseaux terrestres et la plupart des protocoles et matériels de télécommunications.

V.2. Inconvénients :

- Le coût élevé de l'installation car les équipements imposent un investissement de base important.
- Comme iDirect utilise le satellite géostationnaire, sa couverture est fixe. Ceci veut dire que lorsqu'on a choisi un satellite, si une zone où un point doit être connecté prochainement n'est pas couverte, 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 veut dire que si le hub tombe en panne tout le réseau est paralysé et plus une communication ne peut se faire.

- Le temps de latence.

Conclusion :

IDirect est la plateforme de choix pour différentes entreprises et industries ainsi pour plusieurs applications, telle la visioconférence.

Chapitre4 : cas pratique

Introduction :

Suite à l'étude faite préalablement. Dans ce chapitre, on va simuler un cas pratique d'un système de visioconférence par VSAT iDirect entre deux sites distants. En premier lieu on va présenter les logiciels utilisés et en second lieu on exposera les étapes de la simulation à travers quelques captures.

II. Les logiciels utilisés : [13]

Afin d'installer et configurer un réseau VSAT, on utilise trois logiciels pour la gestion de ce réseau.

II.1. iBuilder :

Permet une configuration rapide et intuitive de tout réseau VSAT iDirect. Il vous permet d'ajouter facilement des composants à votre réseau, de changer votre configuration actuelle. La révision serveur iBuilder fournit une gestion automatisée de logiciels et mises à jour pour vos routeurs satellite distants. L'interface utilisateur iBuilder Groupe QoS (GQoS) offre aux opérateurs de réseau, un degré élevé de flexibilité dans la création de sous-réseaux et groupes de sites distants avec différents niveaux de services adaptés à leurs besoins en réseaux.



II.2. iMonitor :

Fournit des informations détaillées sur le temps réel et l'historique des performances du réseau aux opérateurs réseau. Parmi ses nombreuses fonctionnalités, iMonitor vous permet d'analyser l'utilisation de bande passante, afficher l'état à distance du client, afficher les statistiques du réseau, surveiller la performance des réseaux et des éléments de réseaux. Les données affichées sur l'iMonitor interface graphique peuvent être exportées directement dans Excel pour une analyse plus approfondie.



II.3. iSite :

Vous permet de surveiller et configurer des 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.



III. La simulation :

Création d'un réseau qui est composé de deux sites distants només PFE1 et PFE2 au niveau de ATS Lakhdaria.

III.1. Plan de la simulation :

Première partie : Création et interconnexion de deux sites distants.

1. Côté hub:
 - Ajouter les deux terminaux au hub.
 - Génération de fichier de configuration.
2. Côté client:
 - Mis à jour du routeur satellite.
 - Injection du fichier de configuration au terminal.
 - Installation de VSAT.
 - Pointage de l'antenne.

Deuxième partie : Implémentation et gestion d'une visioconférence entre les deux sites:

- Configuration de la caméra Polycom.
- Création, configuration et gestion de la visioconférence.

III.2. Architecture du réseau :

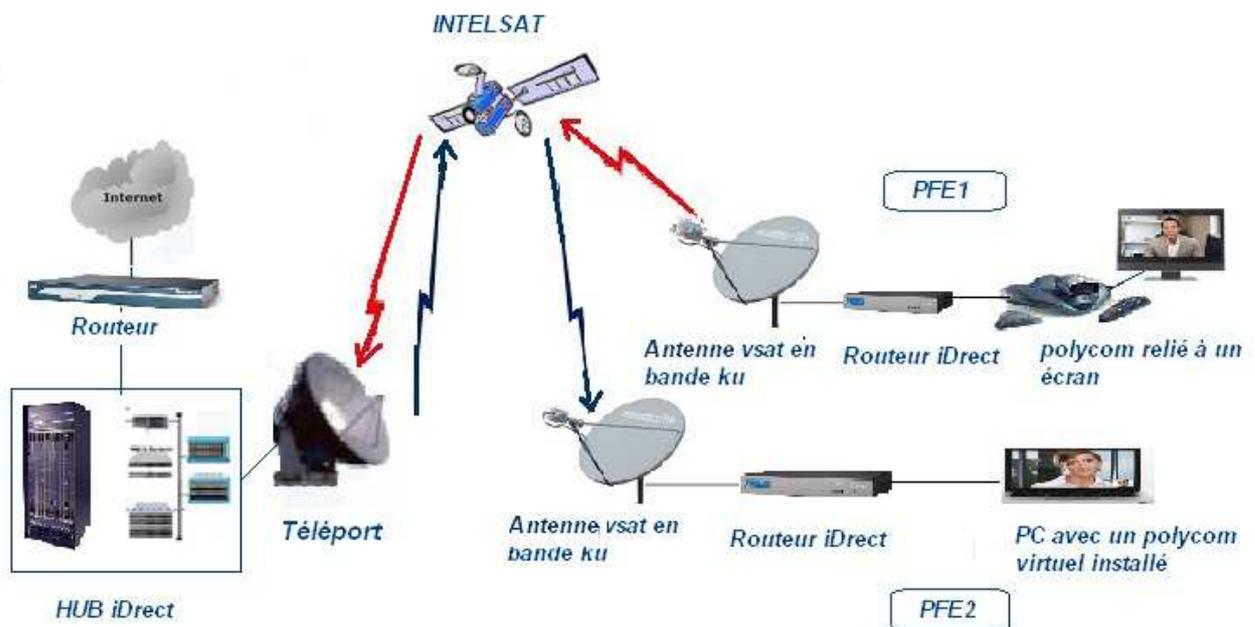


Figure 40: Architecture du réseau mis en œuvre.

III.3. Première partie:

III.3.1. Côté hub: On va ajouter les deux routeurs iDirect infinity dans la base de données du serveur NMS et appliquer toutes les configurations nécessaires avec l'outil iBuilder.

- 1. Choisir un satellite et un transpondeur :** Dans notre cas pratique on a choisi le satellite Intelsat901 et le transpondeur 6363 de ce dernier.

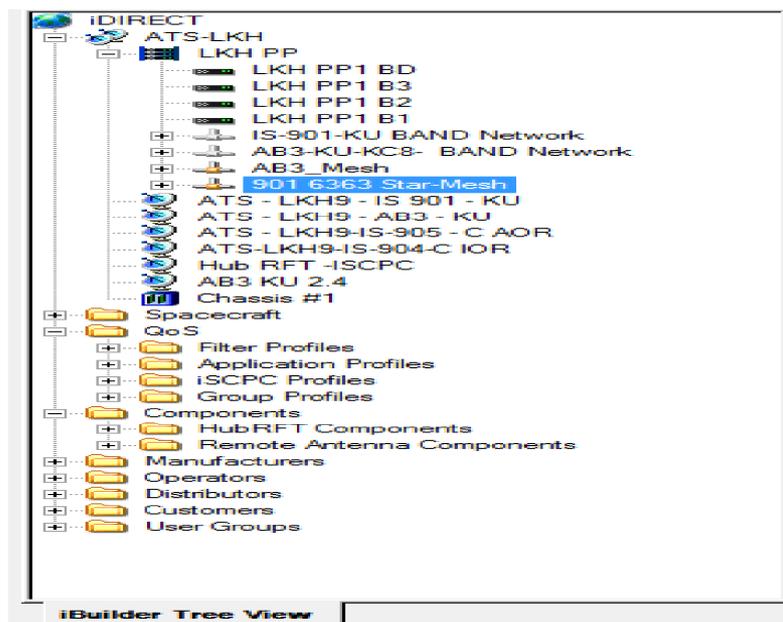


Figure 41: Fenêtre du choix d'un satellite et du transpondeur.

- 2. Choisir un réseau et une topologie :** le réseau choisi est star2 MFEP (Ministère de la formation et de l'enseignement professionnel), avec une topologie star.



Figure 42: Fenêtre du réseau et de la topologie choisis.

3. Ajouter les terminaux iDirect :

- **Client PFE1(projet de fin d'étude 1)** : le terminal iDirect de série 3000 doit être configuré avec certains paramètres afin d'assurer son bon fonctionnement et contrôle sur le réseau.

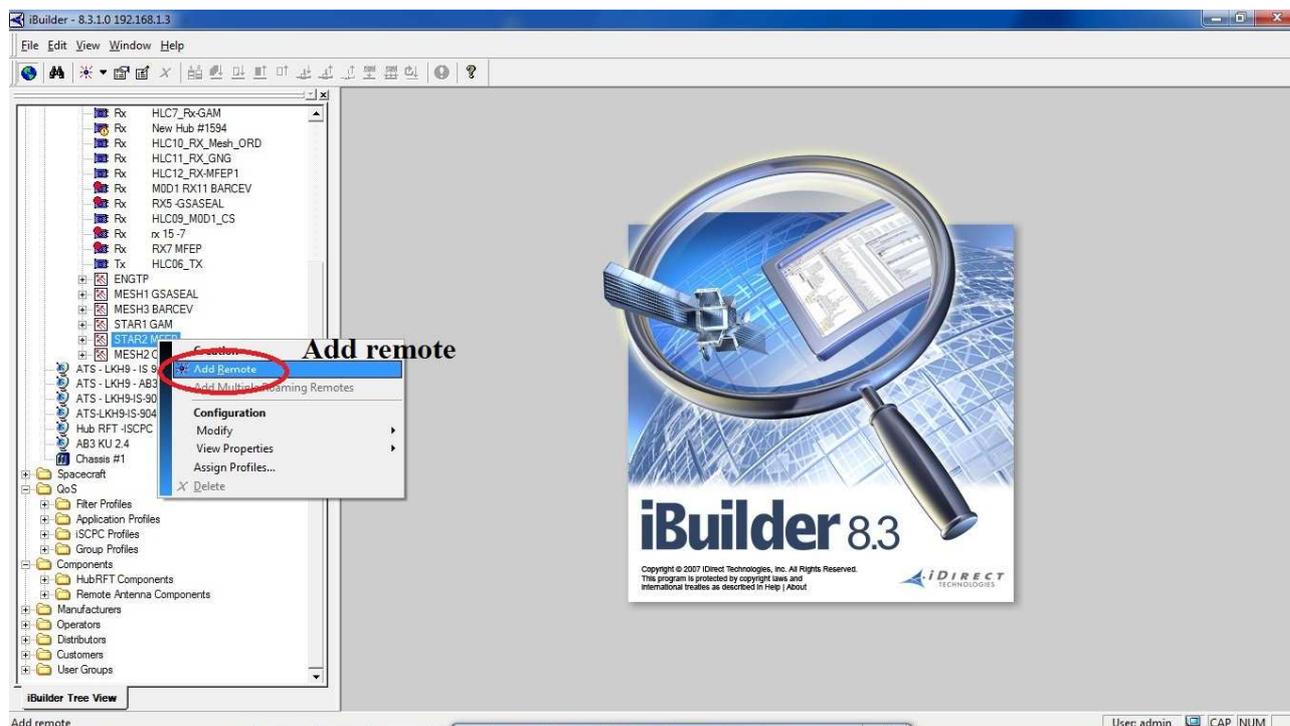


Figure 43: Fenêtre d'ajout du terminal.

Les paramètres de configuration sont les suivant :

- **Information sur le terminal :**

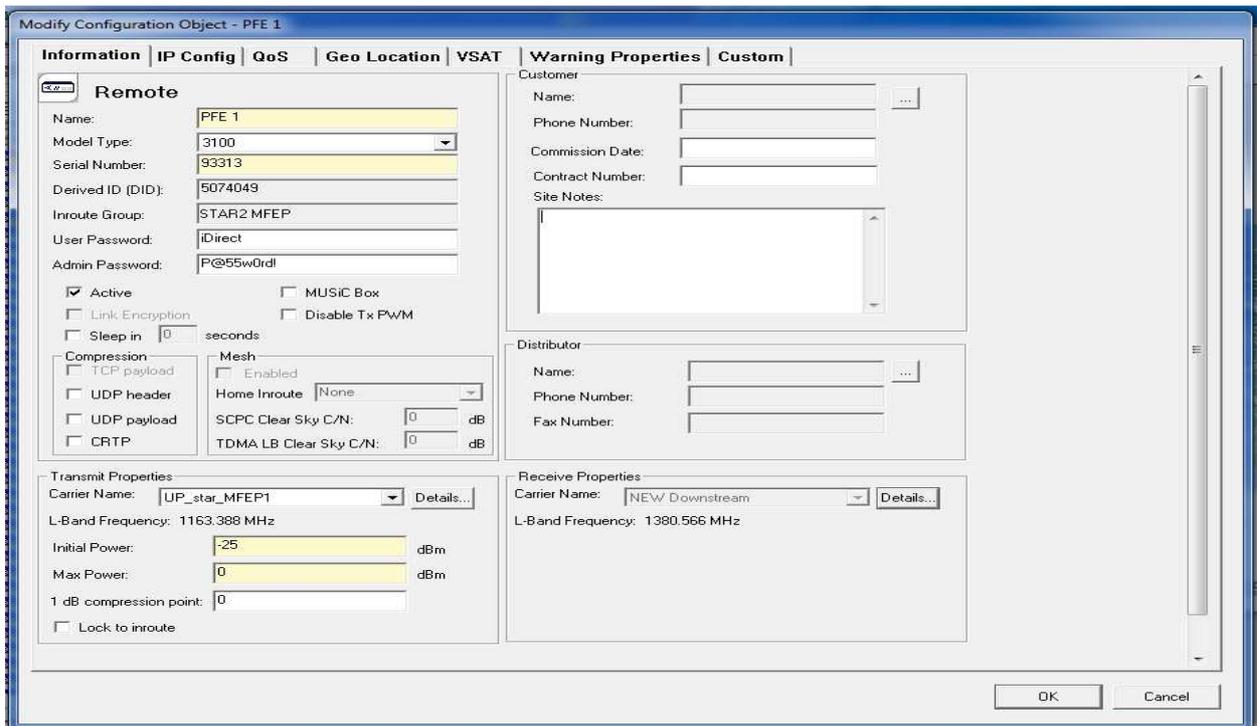


Figure 44: Fenêtre des informations du PFE1.

- **Configuration IP :** on a l'adresse IP pour la communication entre les terminaux et l'adresse SAT pour la communication entre le hub et les terminaux.

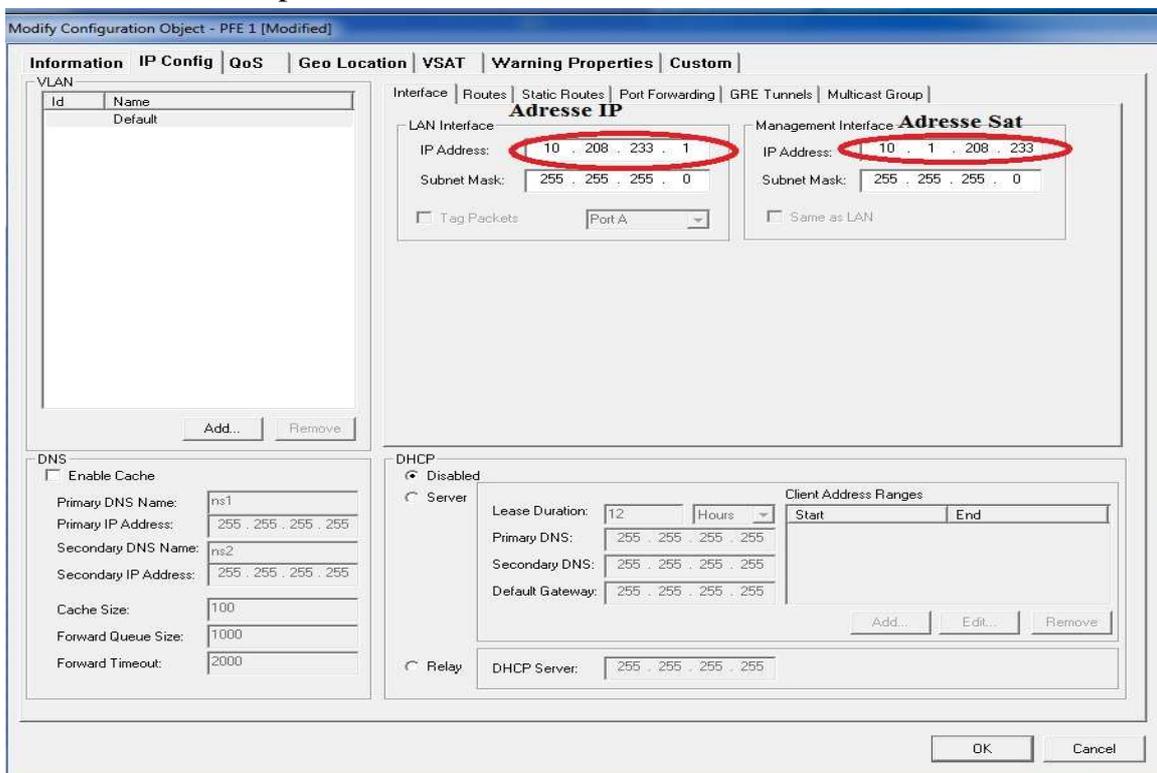


Figure 45: Fenêtre de la configuration IP.

- **Qualité de service (QoS):**

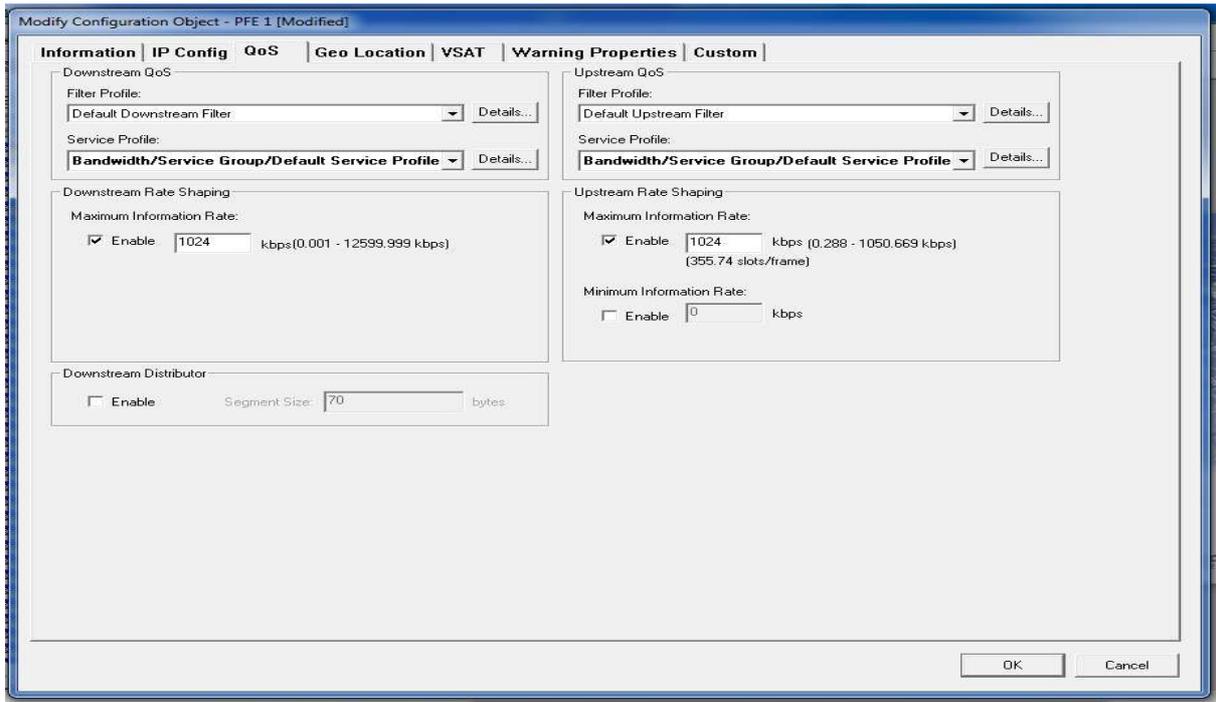


Figure 46: Fenêtre de la QoS.

- **Géolocalisation :** coordonnées GPS de Lakhdaria où nous avons placé les deux antennes.

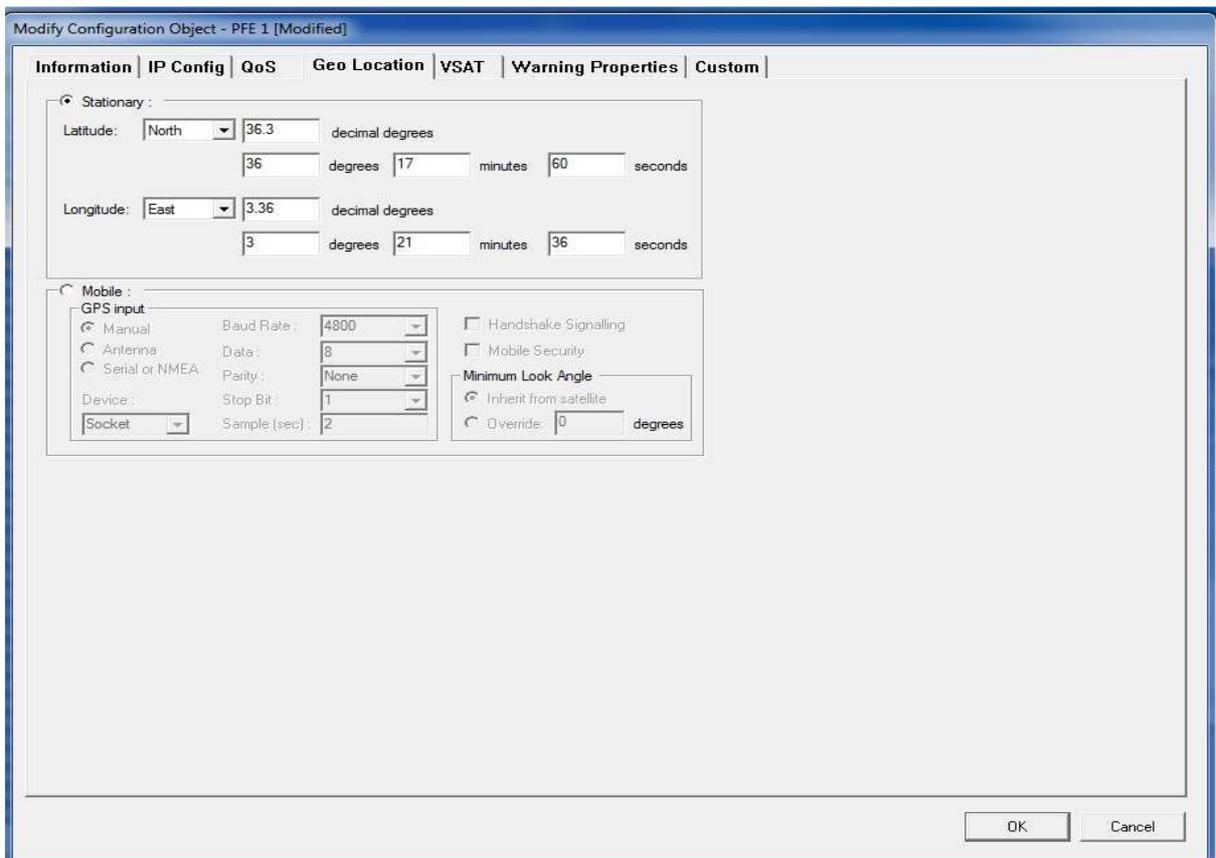


Figure 47: Fenêtre de la géolocalisation.

- **VSAT :**

Modify Configuration Object - PFE 1 [Modified]

Information | IP Config | QoS | Geo Location | **VSAT** | Warning Properties | Custom

Remote Antenna

IFL: 5902 RG-11

BUC: NJT5017FI 4W Ku-Band

Reflector Mount: 1.2m

Reflector: 6212457-31 1.2m Ku-Band

LNB: SME-VJ1

Approx. Cable Length: 30 meters

IFL | BUC | Reflector Mount | Reflector | LNB

 IFL

Manufacturer: CommScope

Manufacturer Part Number: 5902 RG-11

DIRECT Part Number: 4114-0002-0001

Loss: 5.1 dB

DC Resistance: 0.426 Ohm

OK Cancel

Figure 48: Fenêtre des informations sur l'antenne VSAT.

- **Génération du fichier de configuration "OPTION FILE" :**

Après l'ajout et la configuration du terminal sur le hub, on doit procéder à la génération d'un fichier de configuration qui sera injecté sur l'équipement du client.

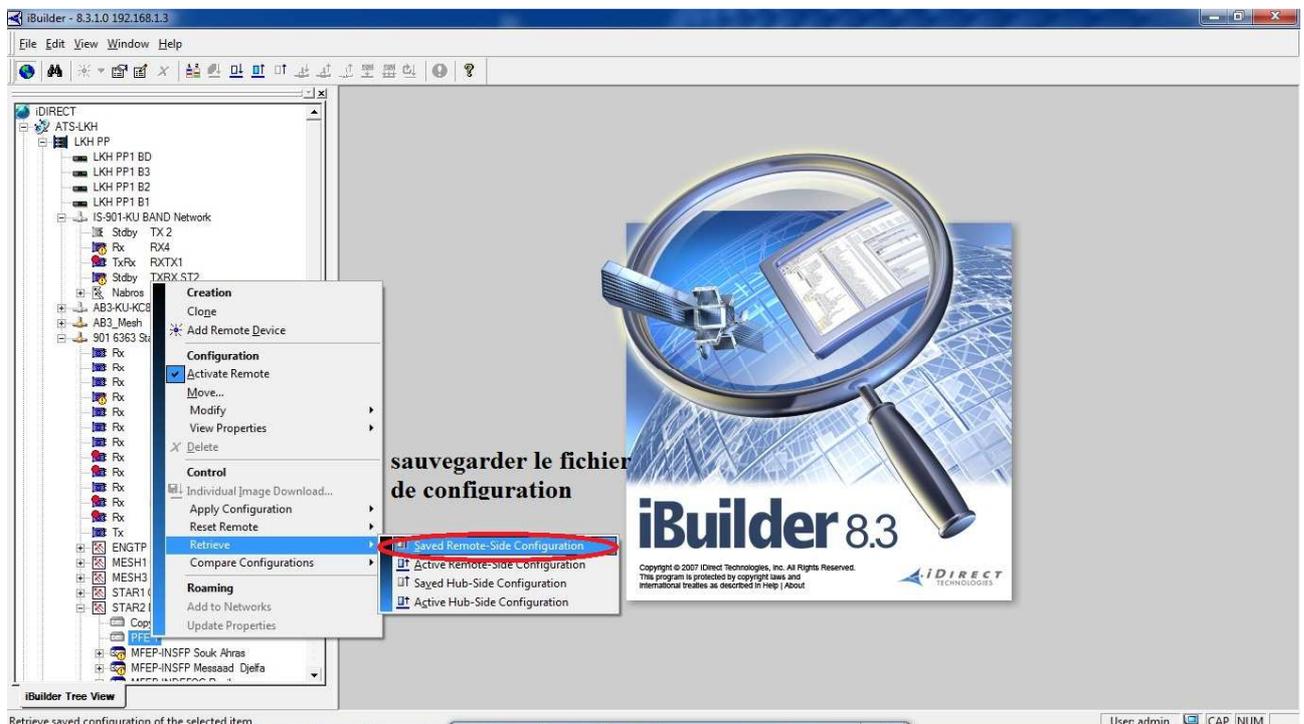


Figure 49: Fenêtre de génération du "OPTION FILE".

```

R93313- PFE 1 - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
[OPTIONS_FILE]
product_mode = legacy
modem_sn = 93313
generated_by = NMS version $Name: NetModem-8_3_1_0 $
did = 5074049
modem_type = Remote
modem_hardware = 3100
is_mesh = 0
disable_options_flash_command = 0
carrier_type = 0

[SECURITY]
password = $idi2$.3N00t$1ck35yvoky6cnnINwYoy7Lq1Ewi
admin_password = $idi2$0.wP.L$7YBbVp0rHLeSizuuEoFX0VxZa.v

[NMS]
timeout = 20000
server_ip = 192.168.1.3
broadcast_ip = 192.168.1.3
keep_alive_port_number = 2860
NRD_server_ip = 192.168.1.3
NRD_remote_status_port_number = 2859
service_monitor_interval = 1000
download_monitor_group = 239.192.0.0
download_monitor_port = 9000
download_monitor_credentials = 1
is_nms_managed = 1
event_server_ip = 192.168.1.3
event_server_port = 2860

[VLAN]
mode = 0
vid = 1

[ETH0_1]
address = 10.208.233.1
netmask = 255.255.255.0
rip_enabled = 0

[ROUTE_1_0]
interface = sat0
network = 0.0.0.0
netmask = 0.0.0.0
gateway = 0.0.0.0
metric = 1

[SAT0_1]
address = 10.1.208.233
netmask = 255.255.255.0
rip_enabled = 0

[ETH0]
interface = ixp0
phy_count = 1

```

Figure 50: Fenêtre du fichier de configuration.

- **Client PFE2(projet de fin d'étude 2):**

Ce deuxième client aura presque la même configuration que le premier client, à la différence que dans celui-ci, on a :

- Adresse IP : 10.220.67.1
- Adresse sat : 10.1.220.67
- Le routeur satellite iDirect de série 5000.

III.3.2. Côté client :

1. Mise à jour du routeur :

Pour assurer le bon fonctionnement du routeur, on doit améliorer sa version logicielle afin de corriger les bugs rencontrés dans la version précédente. Pour cela, il suffit de connecter le routeur à un PC avec un câble RG45 et puis lancer NMS iSite pour injecter dans le terminal, en premier le package "cumulative_update" ensuite le package "remote", comme le montre les figures suivantes:

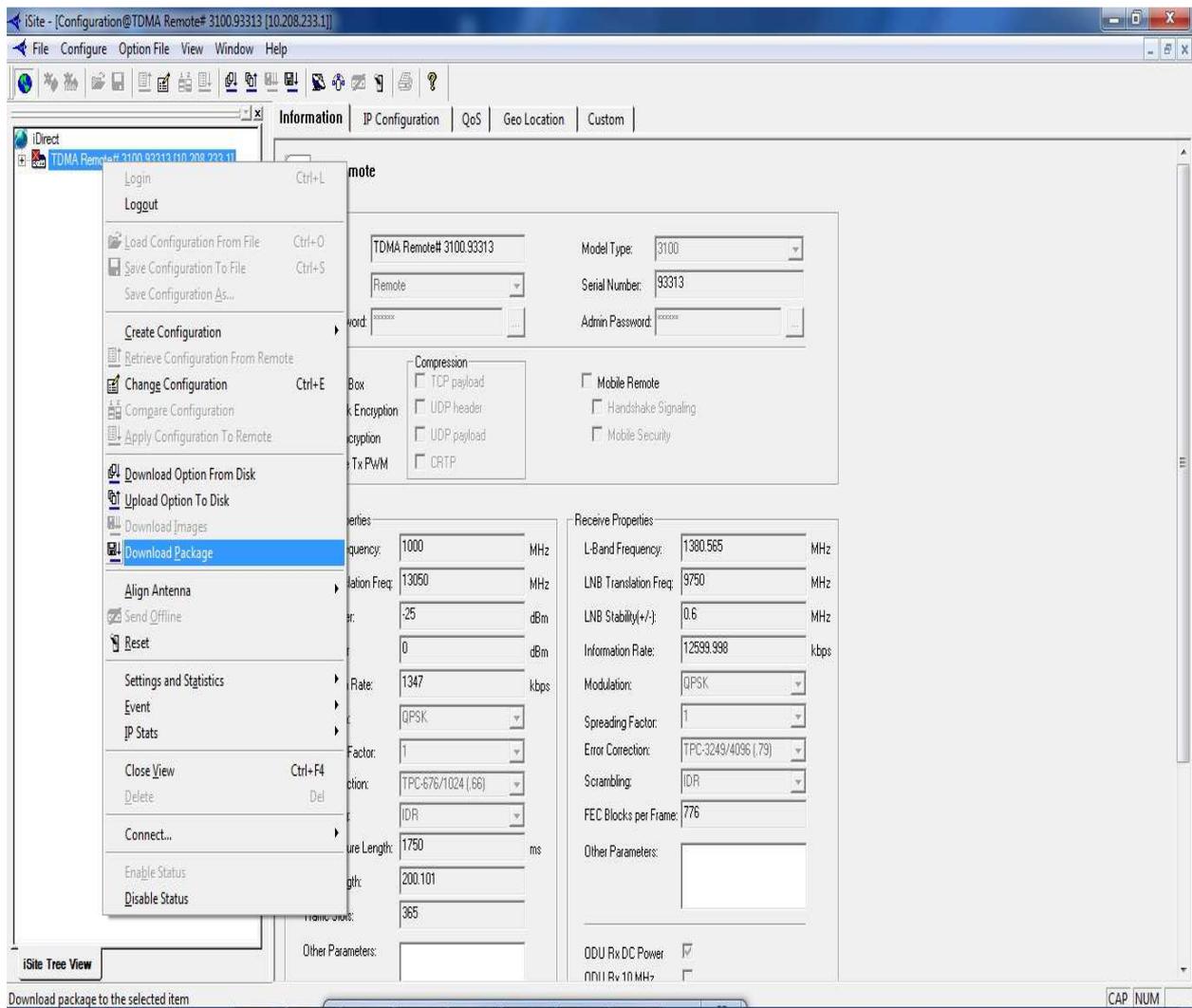


Figure 51: Fenêtre du téléchargement des packages.

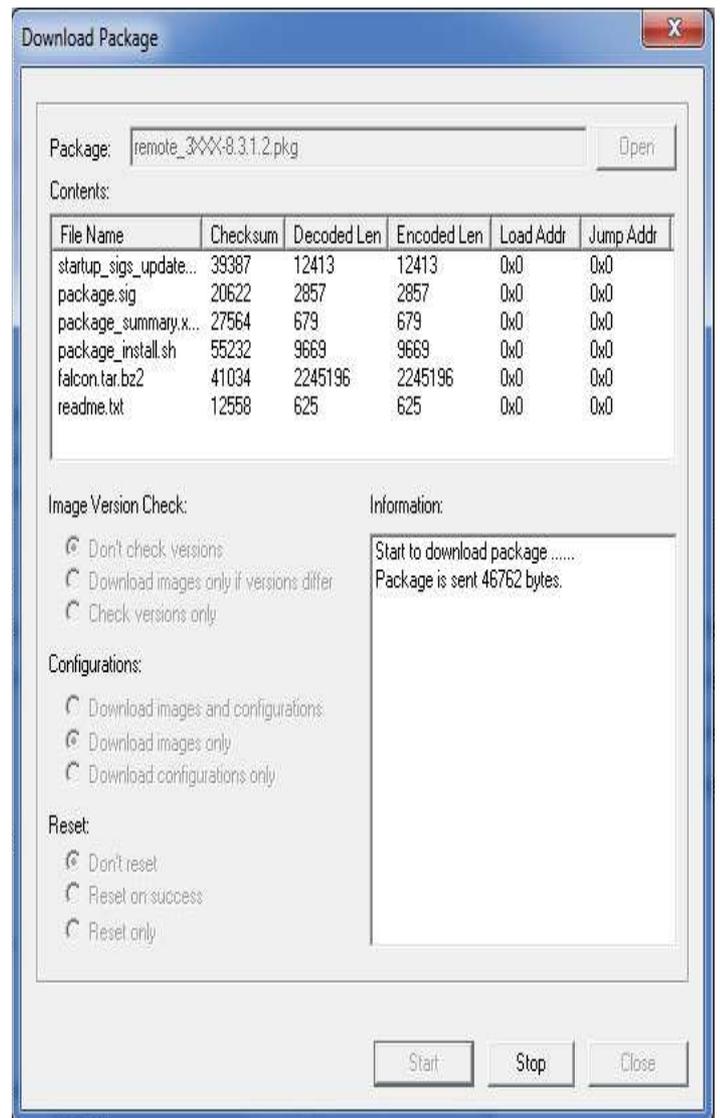
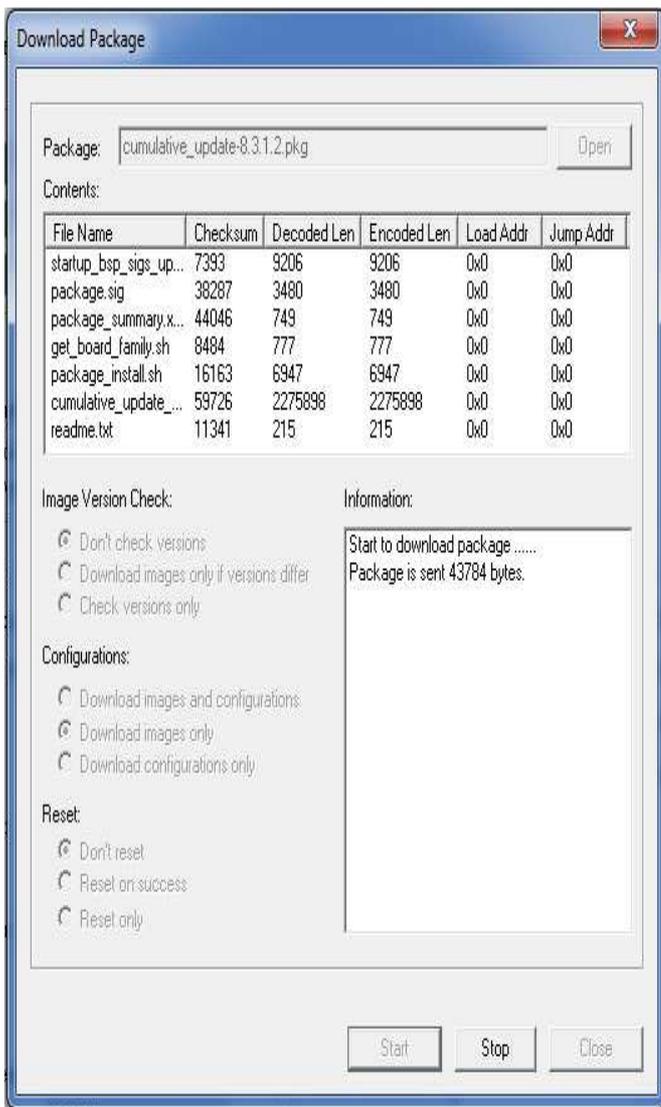


Figure 52: Fenêtres du package cumulative et du package remote.

2. **Injection des fichiers de configuration** : après le téléchargement de "OPTION FILE" redémarrer le routeur pour que les modifications soient prises en compte.

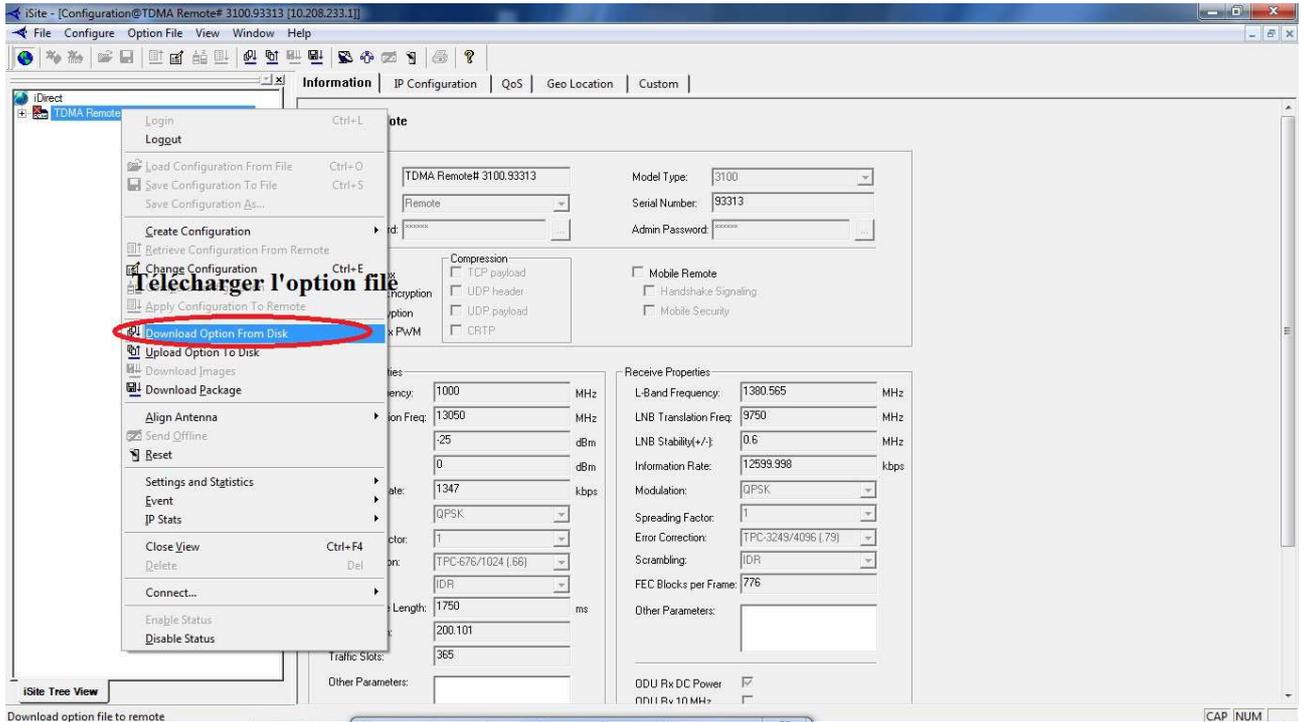


Figure 53: Fenêtre de téléchargement de "OPTION FILE".

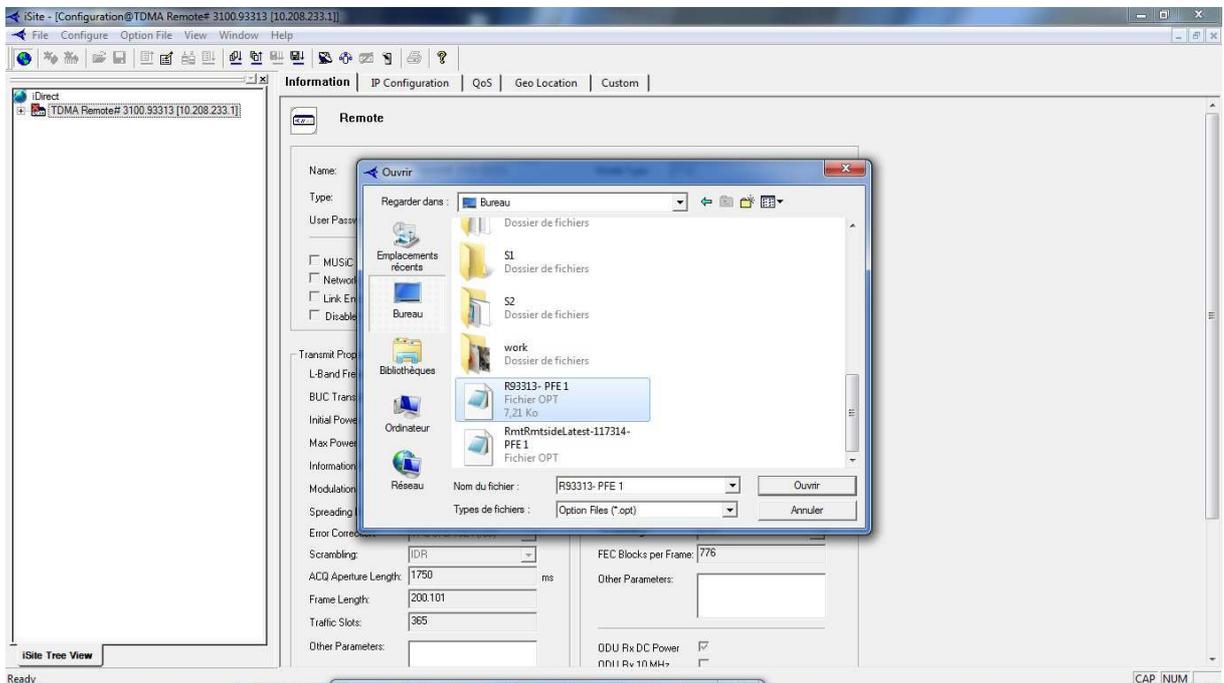


Figure 54: Fenêtre d'injection de "OPTION FILE".

3. Synchronisation du routeur satellite :

- ✚ TX : pour l'émission.
- ✚ RX : pour la réception.
- ✚ NET : synchronisation du terminal avec le HUB.



Figure 55: Routeur synchronisé.

- ### 4. Installation de l'antenne VSAT:
- Dans cette étape nous avons installé l'antenne avec le câblage nécessaire entre les équipements afin de donner au client la possibilité de se connecter au satellite.



Figure 56: Antenne VSAT installée.

5. Pointage de l'antenne VSAT : après l'installation de l'antenne, on procède à son orientation en faisant varier l'azimute (orientation gauche droite de l'antenne) et l'élévation (orientation haut-bas) afin de capter le maximum du signal reçu.

6. Visualisation du signal :

- **En utilisant l'analyseur de spectre (Spectrum Analyzer):**

Connecter le RX In du routeur iDirect au LNB et le RX Out à l'analyseur de spectre. TX n'est pas relié.

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.

Le pointage est fini lorsqu'on obtient une porteuse telle que le montre la figure suivante.

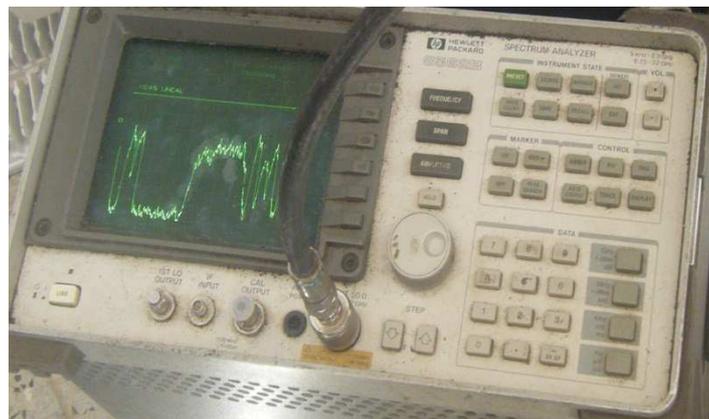


Figure 57: Signal visualisé avec le Spectrum

- **En utilisant iSite :**

Connecter le RX In du routeur iDirect au LNB, puis connecter l'ordinateur au routeur avec un câble RG45.

Détecter le routeur sur le PC avec le logiciel iSite.

Le pointage est fini lorsqu'on obtient un signal de couleur verte.

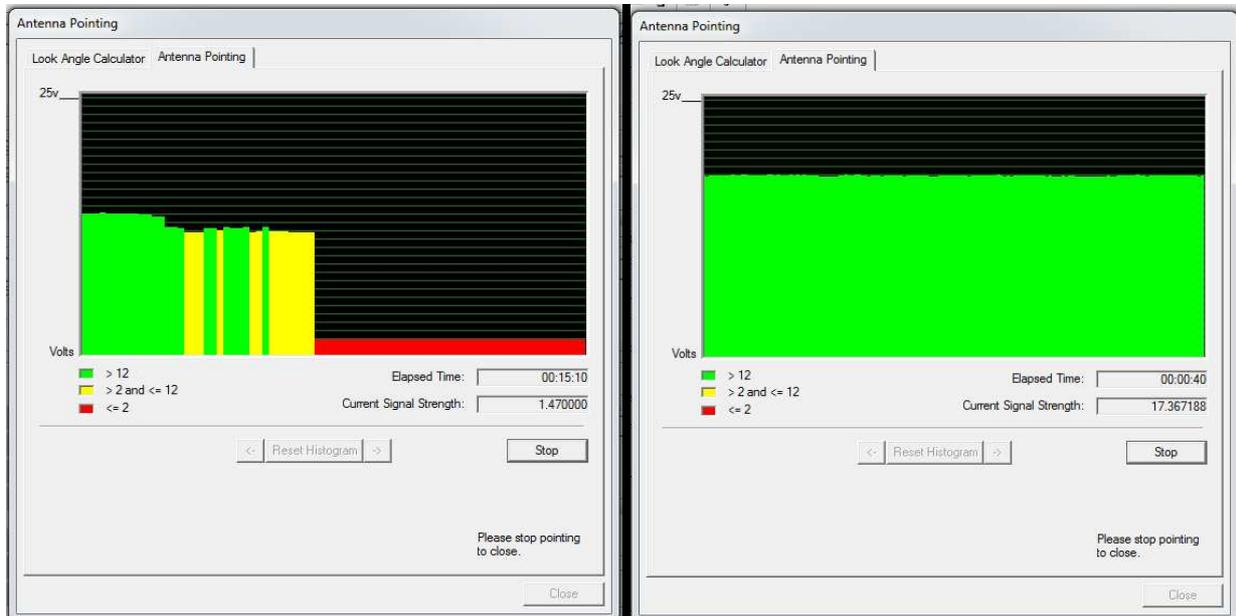


Figure 58: Fenêtre de visualisation du signal avec iSite

Le **rouge** indique que l'antenne n'est pas bien pointée.

Le **jaune** indique qu'elle est moyennement pointée.

Le **vert** indique qu'elle est bien pointée.

III.4. Deuxième partie:

III.4.1. Configuration de la caméra POLYCOM: Après l'interconnexion de tous les équipements (caméra, écran). On configure la caméra polycom.



Figure 59: Interconnexion des équipements



Figure 60: caméra IP

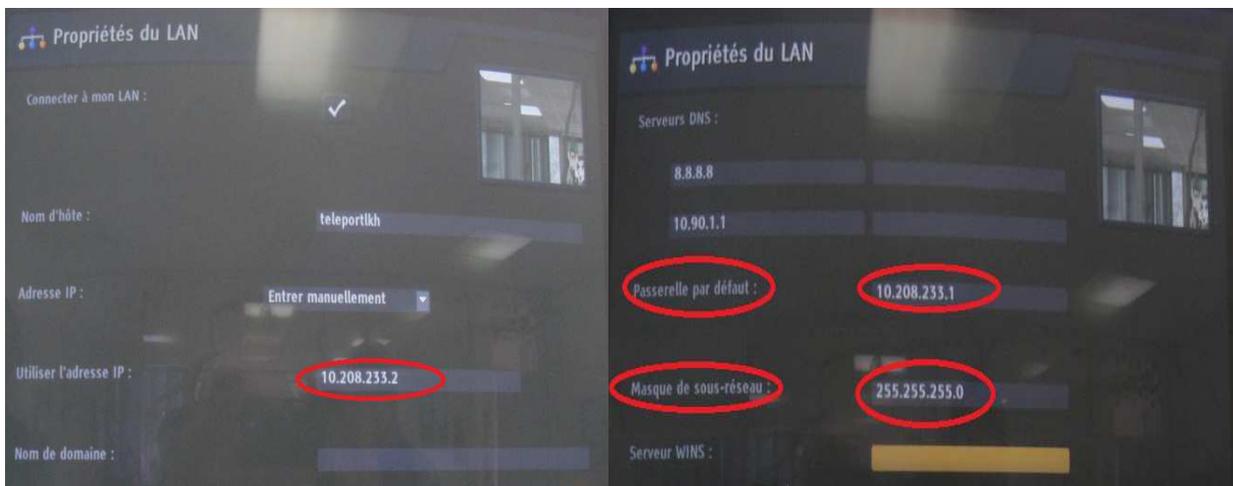


Figure 61: configurer l'adresse, le masque et la passerelle de la caméra.



Figure 62: choix du protocole H323 et configuration de la bande passante.



Figure 63: Interface de la caméra.

III.4.2. Création et configuration de la visioconférence au niveau de la MCU (Codian):

Avant de lancer une visioconférence entre deux interlocuteurs, celle-ci doit d'abord être créée sur le MCU. Une conférence créée sur MCU doit avoir les paramètres suivants:

- Nom de la conférence.
- Adresse IP de la conférence: 192.168.1.53

On peut accéder et contrôler la MCU via l'interface Web, pour ce faire il suffit de taper l'adresse IP de la MCU et le mot de passe de l'administrateur.

Ensuite pour ajouter une nouvelle conférence il suffit de cliquer sur le bouton «Add new conférence».

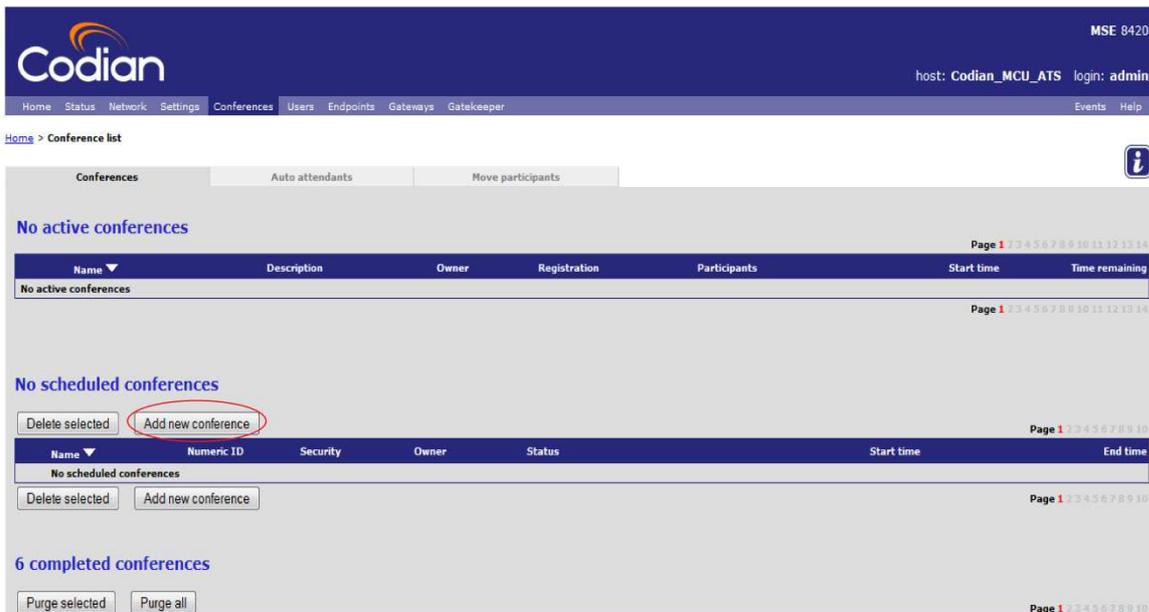


Figure 64: L'ajout d'une nouvelle conférence

La page d'ajout d'une nouvelle conférence s'ouvre

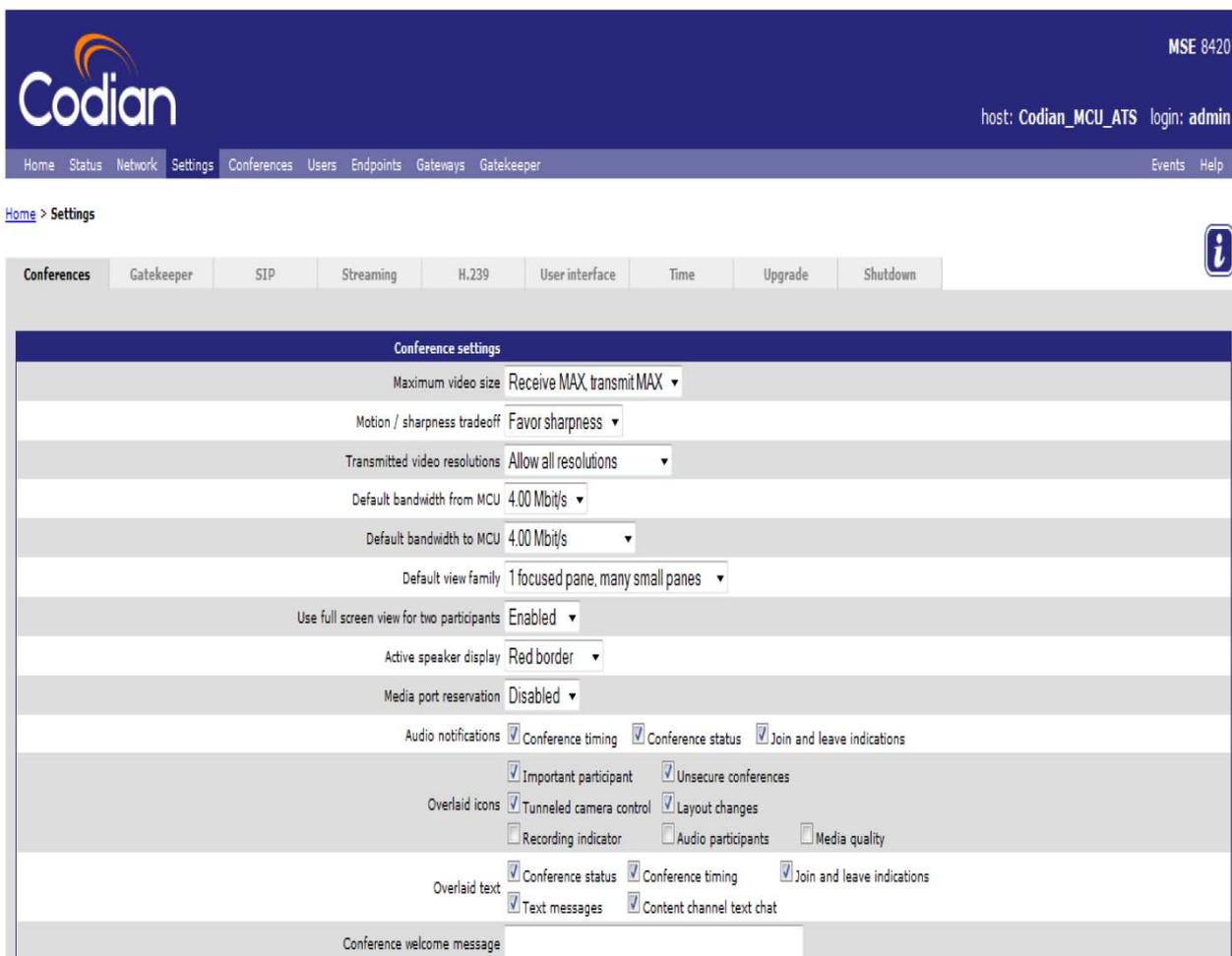


Figure 65: Informations sur la conférence ajoutée

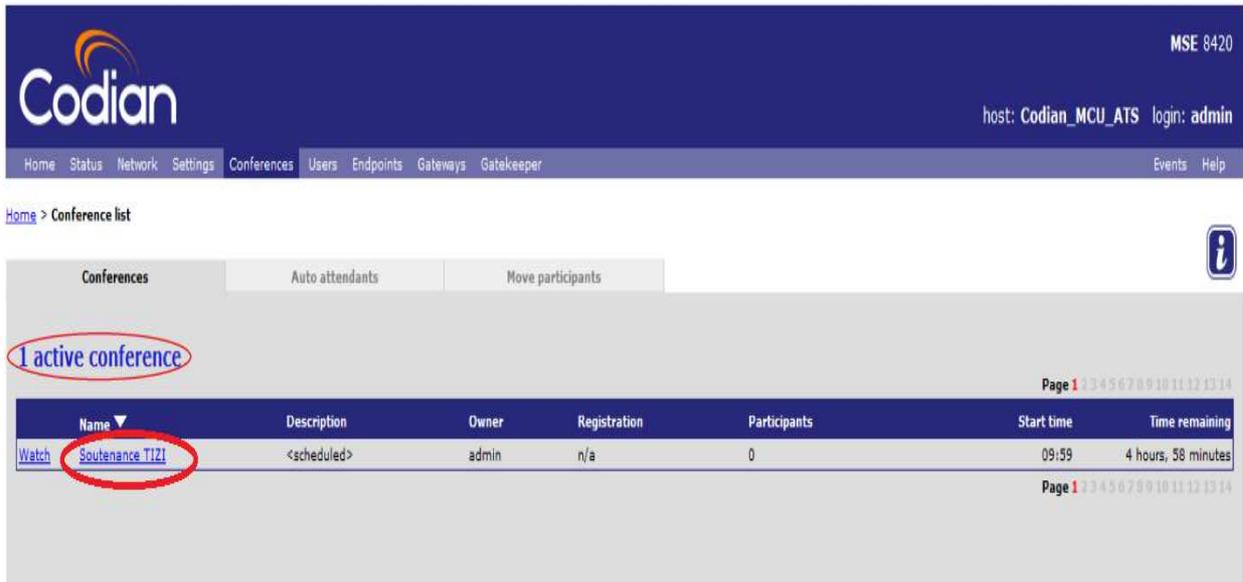


Figure 66: La conférence ajoutée au niveau de MCU.

Utilisation du protocole H.323 avec les différents codecs audio et vidéo.

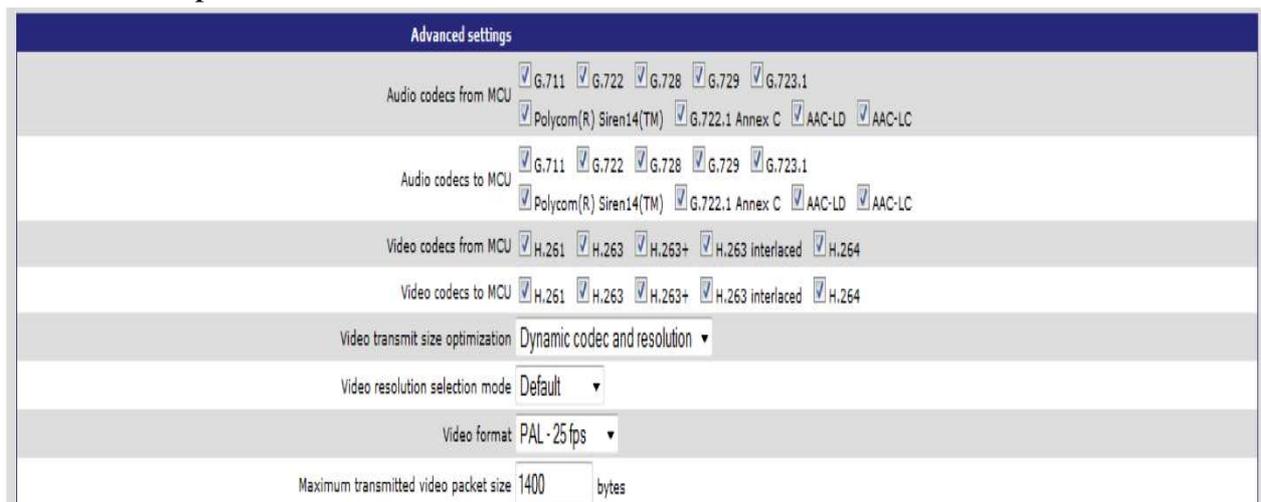


Figure 67: Codecs audio et vidéo utilisés.

Une fois les paramètres généraux de conférence sont établis, les deux interlocuteurs PFE1 et PFE2 peuvent désormais effectuer un appel à la MCU pour participer à la conférence déjà créée et peuvent alors lancer une conversation entre eux.

On introduit l'adresse de la MCU où se trouve la conférence puis on fait un appel à l'aide de la touche "appeler" sur la télécommande de la caméra.

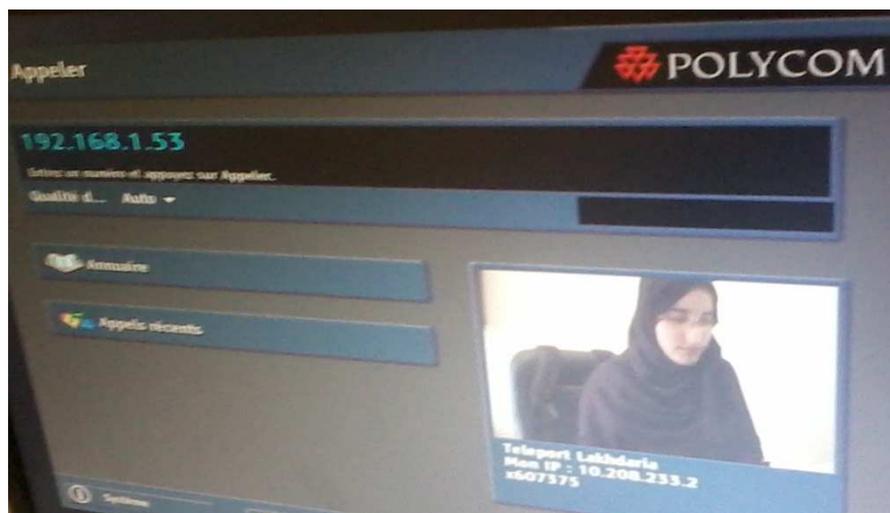


Figure 68: Appelle à la MCU

Ensuite connexion d'un autre utilisateur à la conférence, tel que cet autre utilisateur utilise un POLYCOM virtuel qu'il a installé sur son pc.

La conférence peut être gérée et contrôlée via le MCU, on peut contrôler lequel des interlocuteurs va prendre la parole, lancer des appels aux interlocuteurs et gérer le positionnement de la caméra des interlocuteurs.

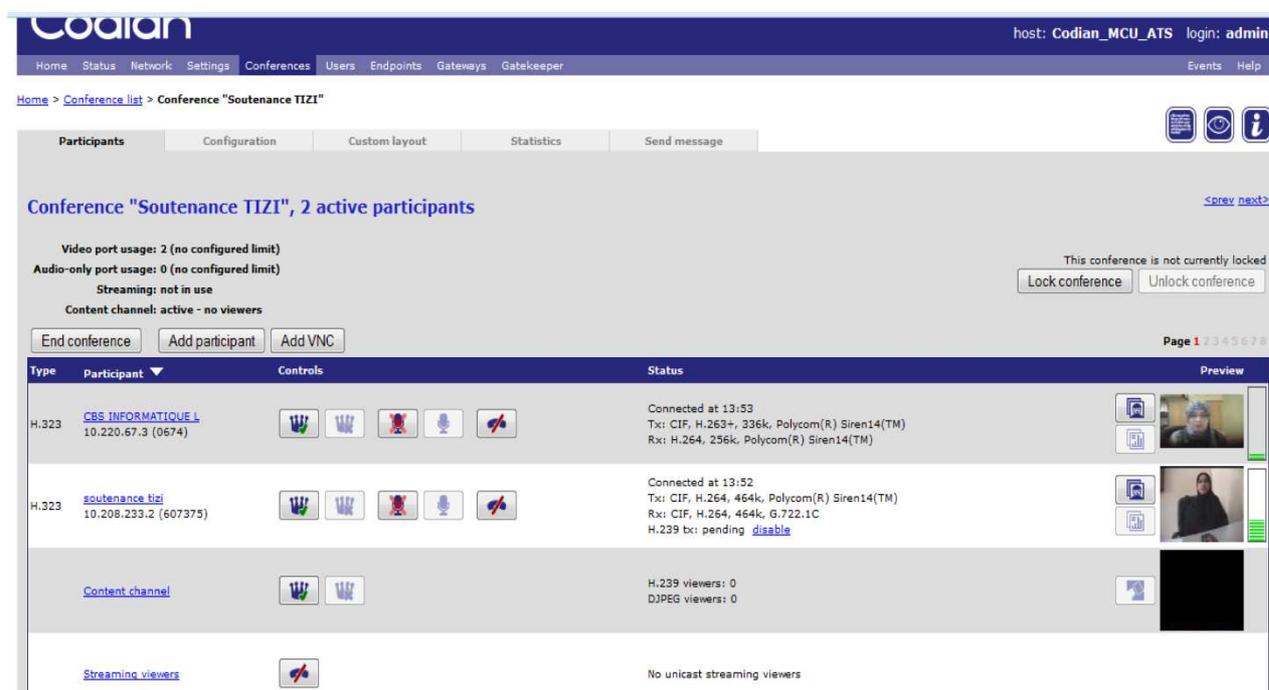


Figure 69: Interface de gestion de la visioconférence sous Codian.

Lors de notre test de conférence nous avons visualisé le graphe de consommation du flux UDP échangé.



Figure 70: graphe de consommation

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons en premier lieu présenté l'environnement de travail et les logiciels dont on avait besoin pour mettre en œuvre et implémenter la partie applicative de notre projet. Par la suite, nous avons présenté les différentes configurations qu'on a faites. Enfin, nous avons testé le fonctionnement de notre réalisation.

Avec ce chapitre, on terminera notre projet qui sert à implémenter un système de visioconférence utilisant la technologie VSAT sous la plateforme iDirect.

Conclusion générale

Ce travail qui nous a été proposé au CTS Lakhdaria nous a permis d'améliorer nos connaissances dans le domaine des télécommunications et de l'informatique en général et d'acquérir des notions pratiques dans le domaine des transmissions.

Au cours du stage, nous avons pu enrichir nos connaissances sur les réseaux satellitaires et sur les différentes plateformes des systèmes de transmission à savoir la plateforme VSAT iDirect.

Ainsi, nous avons découvert les avantages des télécommunications par satellite spécifiquement la visioconférence.

Notre travail s'est soldé par l'implémentation d'un système de visioconférence utilisant la technologie VSAT sous la plateforme iDirect, qui a énormément d'avantages, le plus important est le gain de temps (une conférence de deux heures au lieu d'un déplacement de deux jours).

Nous avons aussi eu la chance d'assister à la réalisation d'un système pour la VoIP, voir ses équipements et leurs configurations.

Espérons que nous avons bien réalisé notre projet et que notre application va attirer d'avantage les entreprises et toute personne souhaitant implémenter un système de visioconférence.

ANNEXE

ACM (Adaptive Codage et Modulation) : consiste à adapter les codes de corrections et les modulations utilisées 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 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.

Amplitude de l'onde : correspond à la hauteur de l'onde.

Asynchronous Transfer Mode: c'est un protocole réseau de niveau 2 à commutation de cellules, qui a pour objectif de [multiplexer](#) différents flots de données sur un même lien utilisant une technique de type [TDM](#).

Azimuth : La coordonnée horizontale utilisée pour aligner l'antenne vers le satellite.

Bande de fréquence: intervalle de fréquences dans lequel une onde électromagnétique peut être transmise ou reçues.

Bande passante: est la différence entre les fréquences supérieures et inférieures d'un canal.

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, il est destiné à être utilisé pour une transmission. Le canal est caractérisé par sa fréquence centrale et la largeur de bande associée.

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 lent. Cette commande d'écoulement est distincte de celle de la liaison de données couche, même si cela peut être fait par des moyens similaires.

3DES: Connue comme Triple DES (Data Encryption Standard) est une norme de cryptage des données. 3DES est juste une adaptation au cryptage DES. Fondamentalement, 3DES est juste 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.

Decibel (Db) : L'unité standard utilisée pour exprimer le ratio de deux niveaux de puissance. Il est utilisé dans les communications pour exprimer, soit un gain ou une perte de puissance entre l'entrée et la sortie des dispositifs.

Down link : est la porteuse du hub au modem distant, via le satellite.

Downstream : est la porteuse du hub au modem distant, via le satellite.

Downstream down link : porteuse du satellite vers le site distant.

Downstream up link: porteuse du hub au satellite.

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.

Élévation : L'inclinaison vers le haut (coordonnée verticale) d'une antenne s, nécessaires pour aligner l'antenne avec le satellite de communications.

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

Fréquence : Le nombre de cycles par seconde du signal donnée, mesurée en hertz.

Fréquence centrale : Fréquence moyenne de la bande passante d'un canal.

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 variance 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.

Interfacility Link (IFL): Le câble qui relie l'unité intérieure avec l'unité extérieure.

Longueur d'onde: est la distance entre les crêtes de deux «vagues» successives.

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 du signal porteuse.

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.

Ondes électromagnétiques: Une onde électromagnétique comporte à la fois un champ électrique et un champ magnétique oscillant à la même fréquence. Ces deux champs, perpendiculaires l'un par rapport à l'autre se propagent dans un milieu selon une direction orthogonale.

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

Puissance: est liée à l'amplitude : plus une onde est haute, plus elle est puissante. L'amplitude d'une onde électromagnétique, et donc son énergie, diminue à force qu'on s'éloigne de la source émettrice.

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.

Signal : le signal est une variation (dans le temps de préférence) d'une grandeur physique de nature quelconque porteuse d'information.

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.

Support de transmissions : Nous entendons par "Supports de transmission" tous les moyens par lesquels on peut conduire un signal de son lieu de production à sa destination avec le moins possible de déperditions, 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](#).

Up link : le flux de signaux montant au satellite.

Up stream : est la porteuse depuis le modem du site distant au Hub, via le satellite.

Up stream down link : porteuse du satellite vers le hub.

Up stream up link: porteuse du site distant au satellite.

VPN : Un système permettant de créer un lien direct entre des ordinateurs distants comme si l'on était connecté en réseau local mais c'est Internet qui est le support de transmission. Il est dit virtuel car il relie deux réseaux "physiques" (réseaux locaux) 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.

VSAT (Very Small Aperture Terminal: terminal à très petite ouverture) : Moyens de transmission de vidéo, voix et données à un satellite. Utilisé dans des applications d'entreprise.

Bibliographie/Webographie :

- 1.** www.memoireonline.com
- 2.** fr.wikipedia.org
- 3.** audec.biz/sites/projets/satellites/foctionnement_satellite.html
- 4.** Les satellites et la technologie VSAT. "Auteurs: Fleury Sébastien, GIROD Jean-Marc, Watanabe Ryo".
- 5.** Satellite Communications Basics "Installation, Operations & Maintenance (IOM), iDS v7.0, June 2007".
- 6.** www.targa-omt/vsat
- 7.** Mémoire de fin d'étude Master2 "Thème : La mise en œuvre d'un système VSAT sous la plateforme iDirect et implémentation d'un système de visioconférence", réalisé par: Aiboud Hocine et Hamdi Djamel. Encadré par M B.Djemah. UMMTO.
- 8.** La communication de données par satellite. DESS TNI Option Administration Réseau et sécurité. En 2004/2005. Réalisé par Allouch Benjamin et Chabal Silvère.
- 9.** Transmission satellite par Clément Follet en Nov 2012.
- 10.** www.arnoldsat.com/français.html
- 11.** Support de cours "Communication de données et réseau" par M B.Djmah. 2008/2009.
- 12.** Thèse doctorat "Mécanismes d'optimisation multi-niveaux pour IP sur satellites de nouvelle génération"
- 13.** Guide de l'Instructeur/Étudiant, Exploitation et Entretien d'iDirect.
- 14.** www.ats.dz
- 15.** www.bcsatellite.com/idirect.html
- 16.** VSAT Network Second Edition. Gérard Maral. École Nationale Supérieure des Télécommunication, Site de Toulouse France
- 17.** www.efort.com/r_tutoriels/H323_EFORT
- 18.** www.efort.com/r_tutoriels/RTP_EFORT
- 19.** www.frameip.com/voip
- 20.** Visioconférence et formation par Jean-Marc ROBINET.