REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET INFORMATIQUE
*DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE*

Mémoire de fin d'études
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Electronique
*Option : Réseaux et Télécommunications*

***Thème :***

# *Implémentation et mise en place d'une plate-forme VoIP sur un support VSAT Cas : Algérie Télécom et Satellite (ATS)*

**Dirigé par :**
Mr. M.TAHANOUT

**Etudié et réalisé par :**
Mlle KHERROUB Sabrina
Mlle AMRANE Tinhinane

**Encadré par** :
Mr AMIROUCHE Fateh (ATS)
Mr KAOUAH Mourad (ATS)

Année universitaire: **2013/2014**

# Remerciements

*Nous remercions Dieu, le Tout Puissant, le Miséricordieux, qui nous a donné l'opportunité de mener à bien ce travail.*

*Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à nos tuteurs de stage Mr. AMIROUCHE Fateh et Mr. KAOUAH Mourad pour tout le temps qu'ils nous ont consacré, leurs directives précieuses, et pour la qualité de leur suivi durant toute la période de notre stage.*

*Nous remercions également tout le personnel d'Algérie Télécom et Satellite pour sa gentillesse et son soutien.*

*Nos profonds remerciements vont à notre encadrant Mr. TAHANOUT qui a accepté d'encadrer nos travaux.*

*Nos plus vifs remerciements s'adressent aussi à tout le cadre professoral et administratif du département d'Électronique de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.*

*Nous exprimons toute notre gratitude aux membres du jury de la commission de suivie de ce travail qui ont su apprécier ce dernier. La pertinence de leurs critiques et suggestions nous ont permis d'être à la hauteur de ce travail.*

*Nos remerciements vont enfin à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail*

# SOMMAIRE

**Introduction**……...……1

**Chapitre – I** : **Organisme d'accueil et généralités sur la VoIP**

1. Introduction..…….……...3

2. Présentation de l'organisme d'accueil …..…….……..3

3. Analyse de l'existant …….……..3

4. La technologie VSAT…….……..4

5. La Solution VSAT d'Algérie Télécom Satellite ……....5

5.1. Présentation de la solution ……5

5.2. La norme DVB-RCS……..……6

6. Généralités ……...6

7. Le réseau Téléphonique Commuté (RTC) ……...7

7.1. Principe du RTC ……7

7.2. Architecture du réseau ……...8

8. Modèle OSI ……10

8.1. Principe de fonctionnement ……10

8.2. Les 7 couches du modèle OSI ……12

8.2.1. La couche physique ……...12

8.2.2. La couche liaison de données ……...12

8.2.3. La couche réseau……12

8.2.4. Couche transport ……...12

8.2.5. La couche session ……13

8.2.6. La couche présentation ……13

8.2.7. La couche application .....….....13

8.3. Critique du modèle OSI ……...13

9. Modèle TCP/IP ……..13

10. Protocoles TCP et UDP ……..14

11. Protocole IP ……15

12. protocole RTP et RTCP ……...15

12.1. Le protocole RTP ……...15

12.2. Le Protocole RTCP ……16

13. Norme relative de la VoIP ……...16

14. Norme d'Itu-t ……...16

14.1. Protocole H.323 ……16

14.2. Protocole SIP ……17

14.2.1. Introduction au SIP ……..17

14.2.2. Architecture et composants de SIP……...17

14.2.3. Protocole de SIP ……...19

14.2.4. Communication et contrôle des sessions ……20

14.2.4.1. Syntaxe de message ……...20

14.2.4.2. Signalisation simple ……...23

14.2.5. Services ……24

14.3. Le Protocole MGCP (Media Gateway Control Protocol) ……..26

15. Protocole SCCP ……...27

16. Le call Manager ……...27

17. Le protocole RSVP ……..27

18. Acheminement des paquets de type voix ……28

19. Notion de qualité de service ……28

20. Les facteurs affectant la qualité de la voix……...29

20.1. Codecs ……....29

20.1.1. G.711 ……30

20.1.2. G.722 ……30

20.1.3. G.722.1……..30

20.1.4. G.723.1 ……30

20.1.5. G.729.1 ……31

20.2. Le délai de transit ……...31

20.3. La gigue ……....31

20.4. Erreur de séquence ……32

21. Avantage de la VoIP ……32

22. Conclusion ……...34

**Chapitre – II : Etude et conception d'une solution VoIP**

1. Introduction ……...……35

2. Solution proposée ……....35

3. Etudes sur les IPBXs ……36

3.1. Asterisk ……37

3.2. SIPx ……..37

3.3. YATE……37

3.4. Tableau comparatif ……..38

4. Etude des différents serveurs de communication Open source (IPBX) ……38

5. IPBX choisi ……....40

5.1. Etude d'Asterisk ……..40

a. Présentation ……..40

b. Caractéristiques ……41

5.2. Architecture d'Asterisk ……41

5.3. Les fonctions du noyau ……42

5.4. Les APIs (Interface de programme d'Applications) ……42

6. Protocoles utilisés……...43

7. Matériaux utilisés ……..43

7.1. IPBX matériel (configuration serveur) ……43

7.2. Passerelles PSTN/VoIP ……...43

7.3. La carte FXS (Foreign Exchange Station) ……..44

7.4. La carte FXO (Foreign Exchange Office) ……...44

8. Support de transmission ……44

8.1. Présentation ……..44

8.2. Topologie ……45

9. Le flux d'appels ……46

10. Conclusion ……...47

**Chapitre – III : Implémentation**

1. Introduction ……...49

2. Plate-forme réalisée ……...49

3. Installation du serveur Asterisk ……49

4. Configuration du serveur Asterisk ……50

4.1. Configuration via Asterisk ……...50

a. Le fichier sip.conf ……50

b. Le fichier extensions.conf ……51

b.1. Les contextes ……..52

b.2. Les extensions ……52

b.3. Les applications ……53

4.2. Configuration via l'interface web d'ASTERISKNOW.……...53

4.2.1. Ajout d'une extension ……54

4.2.2. Ajout de Trunks ……56

4.2.3. Configuration des Trunks et des routes …….57

a. Les Trunks …….57

b. Les routes entrantes ……...58

c. Les routes sortantes ……...59

5. Configuration de la passerelle PSTN/VoIP ……...60

5.1. Configuration du routeur 2801 ……61

6. Configuration des terminaux …….64

6.1. Configuration des Softphone ……...64

6.1.1. Logiciel X-Lite……...64

6.1.2. Configuration de X-Lite ……65

6.2. Configuration des téléphones analogiques avec adaptateur ATA ...67

6.2.1. SIPURA 2100 ……67

6.2.2. Mise à jour du SIPURA SPA-2100 ……...68

6.2.3. Configuration …….70

6.2.4. Mise en marche ……..73

7. Configuration des stations VSAT ……..74

7.1. Premier test ……..75

7.2. Deuxième test ……..77

8. Conclusion …….78

**Conclusion générale**……...……..79

# Table des figures

## CHAPITRE I

Figure 1 : plate-forme existante .....4
Figure 2 : Technologie VSAT .....5
Figure 3 : Principe du RTC .....8
Figure 4 : Architecture du réseau RTC.....9
Figure 5 : Le modèle OSI .....11
Figure 6 : Modèle TCP/IP .....14
Figure 7 : Architecture de SIP .....19
Figure 8 : Structure des messages .....20
Figure 9 : Format des requêtes .....22
Figure 10 : Format des réponses SIP.....23
Figure 11 : Scénario d'appels entre deux agents SIP .....24
Figure 12 : Fonction « Registrar .....25
Figure 13 : Scénario complet d'appel .....26

## CHAPITRE II

Figure 1 : Plate-forme proposé.....36
Figure 2 : Zone de couverture satellite Entelsat AB3 5° West.....45
Figure 3 : La topologie STAR .....46
Figure 4 : Communication VoIP/VoIP et VoIP/PSTN .....47

## CHAPITRE III

Figure 1 : Plate-forme de tests .....49
Figure 2 : Interface graphique ASTERISKNOW .....54
Figure 3 : Extensions disponibles .....55
Figure 4 : Champs obligatoire pour l'ajout d'une extension .....56
Figure 5 : Le menu «  Connectivity » de l'interface graphique d'Asterisk .....57

Figure 6 : Configuration des Trunks .....58
Figure 7 : Champs à configurer pour les «Inbound Routes » .....59
Figure 8 : Champs à configurer pour les « Outbound Routes » .....60
Figure 9 : Page de téléchargement du logiciel X-Lite .....65
Figure 10 : Logiciel X-Lite .....66
Figure 11 : Page des paramètres des comptes .....67
Figure 12 : Connexion de SIPURA .....68
Figure 13 : Les ports de connexion de SIPURA .....69
Figure 14 : Fenêtre principale de l'interface web SIPURA .....69
Figure 15 : Activation du champ mise à niveau à oui .....70
Figure 16 : Fenêtre Ligne1/2 – Sections « Proxy and Registration and Subscriber Information » .....71
Figure 17 : Fenêtre Ligne1/2 - Sections «Audio Configuration and Dial Plan » .....73
Figure 18 : Configuration du boitier ATA .....74
Figure 19 : Configuration VSAT .....75
Figure 20 : Configuration du terminal DVB-RCS .....75
Figure 21 : Premier test .....76
Figure 22 : Deuxième test .....77

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 : Comparaison entre Asterisk, SIPx et YATE .....38
Tableau III.2 : Caractéristiques du routeur 2801.....61

L'idée de transmettre la voix par réseau internet, qui est l'objectif de notre travail, est apparue dans les années 80. Depuis, la voix sur IP (VoIP : Voice over Internet Protocol) a connu un développement important. En effet, la généralisation de la technologie IP devrait permettre dans un avenir proche la mise en œuvre d'une téléphonie sur réseau internet, plus complémentaire que concurrente du réseau téléphonique classique par commutation (PSTN : Public Switched Telephone Network). Les caractéristiques de la téléphonie IP telles que la possibilité d'une plus grande compression du signal de parole ou utilisation optimale du réseau grâce à la transmission de l'information par paquets, en font une application ambitieuse. Toutefois, un matériel de téléphonie IP ne pourra s'imposer que dans la mesure où la qualité de la parole reçue sera suffisante.

La téléphonie sur internet ou téléphonie IP correspond à la téléphonie utilisant la communication par paquets et les technologies liées à l'internet ou extranet.

La principale raison est inhérente à la mise en œuvre de la transmission de la voix par paquets qui utilise mieux les liaisons de télécommunication que la technique de commutation des circuits qui dédie un circuit de bout en bout à chaque communication téléphonique sans tenir compte des temps morts de la conversation. De plus, en téléphonie sur IP, une compression de l'information numérique, qui fait passer la voix numérisée d'un débit standard de 64 Kbits/s à un débit de 10 Kbits/s en général, est pratiquée pour réduire l'occupation spectrale du réseau.

La voix sur IP ne se résume pas à la capacité à établir une connexion vocale entre deux téléphones, mais peut offrir beaucoup de possibilités en ajoutant de nouveaux services à ceux habituellement fournis par le réseau téléphonique classique. L'idée est d'unifier les transports des informations, voix et/ou données, autour du protocole IP. Etant donné l'engouement actuel pour internet et les investissements des opérateurs et des fournisseurs d'accès, la téléphonie IP apparait bien comme une alternative aux réseaux téléphoniques classiques.

En téléphonie classique, la transmission pose peu de problèmes grâce à la commutation de circuits. Un canal est réservé aux deux locuteurs et la qualité du signal est constante. Sur internet, rien de tel, la réservation de ressource n'existe pas. C'est un réseau à commutations de paquets, dit asynchrone en fonctionnant en best-effort, sur lequel tous les trafics ont la même priorité. Donc il ne garantie pas la réception des paquets envoyés.

Algérie Télécom est le leader sur le marché Algérien des télécommunications et connait une forte croissance, offrant une gamme complète de services de voix et de données aux clients résidentiels et professionnels. Cette position s'est construite par une politique d'innovation forte adaptée aux attentes des clients et orientée vers les nouveaux usages. Algérie Télécom, est une société par actions à capitaux publics opérant sur le marché des réseaux et services de communications électroniques.

Sa naissance a été consacrée par la loi 2000/03 du 5 août 2000, relative à la restructuration du secteur des Postes et Télécommunications, qui sépare notamment les activités Postales de celles des Télécommunications. Algérie Télécom est donc régie par

cette loi qui lui confère le statut d'une entreprise publique économique sous la forme juridique d'une société par actions (SPA). Entrée officiellement en activité à partir du 1er janvier 2003, elle s'engage dans le monde des Technologies de l'Information et de la Communication avec trois objectifs:

- Rentabilité
- Efficacité
- Qualité de service

Son ambition est d'avoir un niveau élevé de performance technique, économique, et sociale pour se maintenir durablement leader dans son domaine, dans un environnement devenu concurrentiel. Son souci consiste, aussi, à préserver et développer sa dimension internationale et participer à la promotion de la société de l'information en Algérie.

Algérie Télécom Satellite (ATS) est une filiale de l'opérateur de télécommunication, et œuvre dans tous les domaines d'application satellitaires VSAT, SCPC, interconnexion, Géolocalisation…

L'objectif de notre projet est donc d'étudier la faisabilité et la fiabilité d'un IPBX Open Source tant au niveau financier qu'au niveau technologique. Notre problématique est donc de proposer une solution parallèle à la solution d'Algérie Télécom, dont les coûts s'élèvent à plusieurs millions de dinars. Il sera donc proposé une maquette adaptée aux besoins d'ATS. Cette étude permettra donc de mettre en avant les avantages qu'aura une entreprise comme ATS à déployer une solution IPBX Open Source.

Le présent document est organisé de la manière suivante : dans le premier chapitre, nous ferons une brève présentation de l'organisme d'accueil, une analyse de l'existant et nous étudierons quelques généralités sur la VoIP. Au second chapitre, nous aborderons les solutions possibles en conformité avec les exigences de l'organisme d'accueil ainsi que la solution retenue et les matériaux utilisés. Le dernier chapitre sera consacré à l'implémentation de la solution retenue et aux tests y afférents. Et en conclusion, on a présenté les perspectives suggérées pour l'implémentation de notre solution.

# I. 1. Introduction

Le système de téléphonie a connu une évolution technologique significative afin de répondre aux exigences imposée par les besoins de plus en plus croissants dans ce domaine.

La généralisation des infrastructures IP et la diffusion d'Internet presque dans toutes les entreprises et surtout l'amélioration du débit et de la bande passante, ces dernières années, ont contribué à la révolution de la voix sur IP et à l'extension de ce concept de la théorie vers l'utilisation professionnelle.

Ce premier chapitre vise à présenter, dans sa première partie, l'organisme d'accueil et l'analyse de l'existant. La seconde partie contribue à exposer les généralités sur la VoIP en étudiant les principaux protocoles et codecs responsables de véhiculer la voix sur les réseaux tout en faisant ressortir les avantages et les inconvénients de cette technologie.

# I. 2. Présentation de l'organisme d'accueil

En juillet 2006, l'opérateur historique Algérie Télécom qui a plus de 30 ans d'expérience dans le domaine des satellites lance une nouvelle filiale dénommée : ALGERIE TELECOM SATELLITE (ATS), spécialisée dans les télécommunications par satellites, ce qui a permis le développement de plusieurs services, parmi eux VSAT (Very Small Aperture Terminal) destiné à relier des sites distants. Cette technologie constitue l'activité principale d'Algérie Télécom Satellite qui dispose de compétences pouvant assurer l'accompagnement des entreprises dans le développement de leurs réseaux. ATS offre d'autres services tels que : Thuraya (téléphonie par satellite) et le GPS (Global Positioning System).

L'organisation d'Algérie Télécom Satellite comprend une direction générale composée, de six (06) directions centrales et de sept (07) directions régionales (Alger, Oran, Ouargla, Bechar, Sétif, Constantine et Annaba) ainsi qu'un téléport à Lakhdaria.

# I. 3. Analyse de l'existant

Algérie Télécom Satellite dispose déjà d'une offre de téléphonie sur IP basée sur le PABX propriétaire « Cisco unified Communications Manager » et utilisant un

support satellitaire VSAT (Very Small Aperture Terminal). Cette offre permet à plusieurs sites distants d'une même société de communiquer.

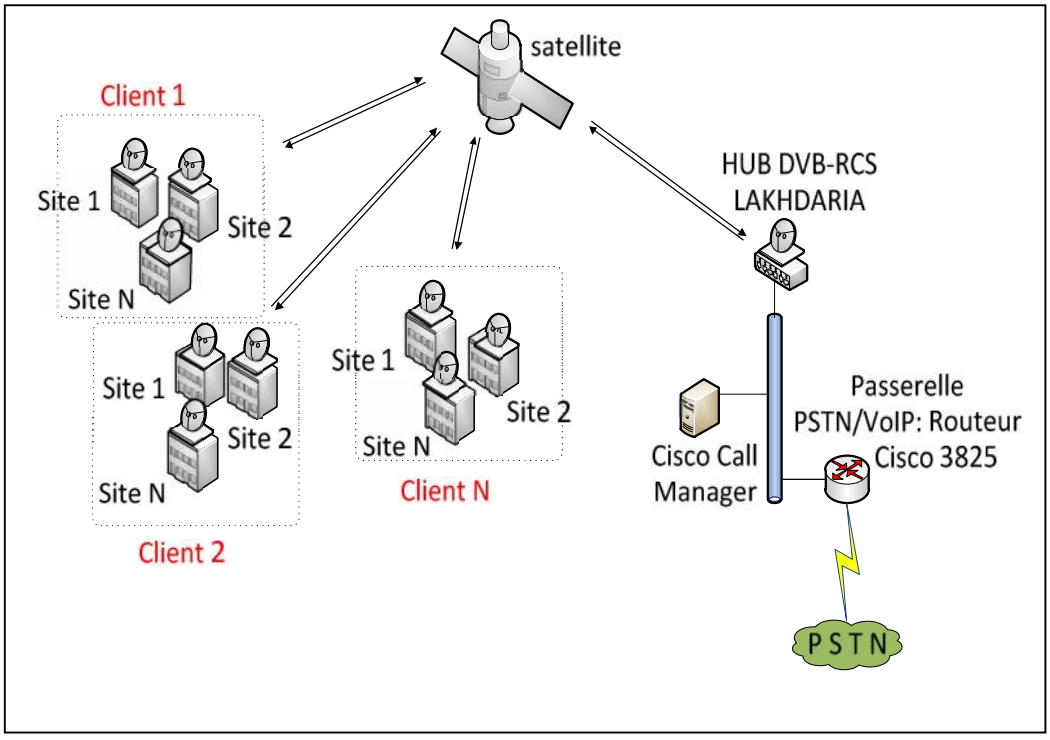


**Figure I.1** : Plate-forme existante

La figure I.1 illustre la plate-forme existante. Le CCM (Cisco unified Communications Manager) est implémenté au sein de téléport de Lakhdaria, de même pour l'interconnexion avec le réseau PSTN (Public Switched Telephone Network). Toute communication entre sites d'un même client passe par le HUB DVB-RCS (Digital Vidéo Broadcast-Return Channel System) de Lakhdaria, c'est la technologie VSAT implémentée selon la norme DVB-RCS qui impose cela.

## I. 4. La technologie VSAT

Le VSAT est un système qui repose sur le principe d'un site principal (le HUB) et d'une multitude de points distants (les stations VSAT).

Le HUB est le point le plus important du réseau, c'est par lui que transitent toutes les données qui circulent sur le réseau. De part son importance, sa structure est conséquente : une antenne entre 5 et 7 mètres de diamètre. C'est aussi lui qui gère tous les accès à la bande passante. Les stations VSAT permettent de connecter un ensemble de ressources au réseau. Dans la mesure où tout est géré par le HUB, les points distants

ne prennent aucune décision sur le réseau, ce qui a permis de réaliser des équipements relativement petits et surtout peu coûteux. Dans la plupart des cas, une antenne d'environ 1 mètre permet d'assurer un débit de plusieurs centaines de Kb/s. Une station VSAT n'est donc pas un investissement important et l'implantation d'un nouveau point dans le réseau ne demande quasiment aucune modification du réseau existant. Ainsi une nouvelle station peut être implantée en quelques heures et ne nécessite pas de gros moyens.

# I. 5. La solution VSAT d'Algérie Télécom Satellite

## I. 5.1. Présentation de la solution

Algérie Télécom Satellite offre une solution VSAT basée sur la norme standard DVB-RCS qui permet une connexion à haut débit avec de multiples services en zone isolée (sites ruraux, montagnes, désert, engin mobile terrestre, aéronautique et maritime… etc.), ou zones démunies d'infrastructures de télécommunication au sol (zones non équipées, zones sinistrées).

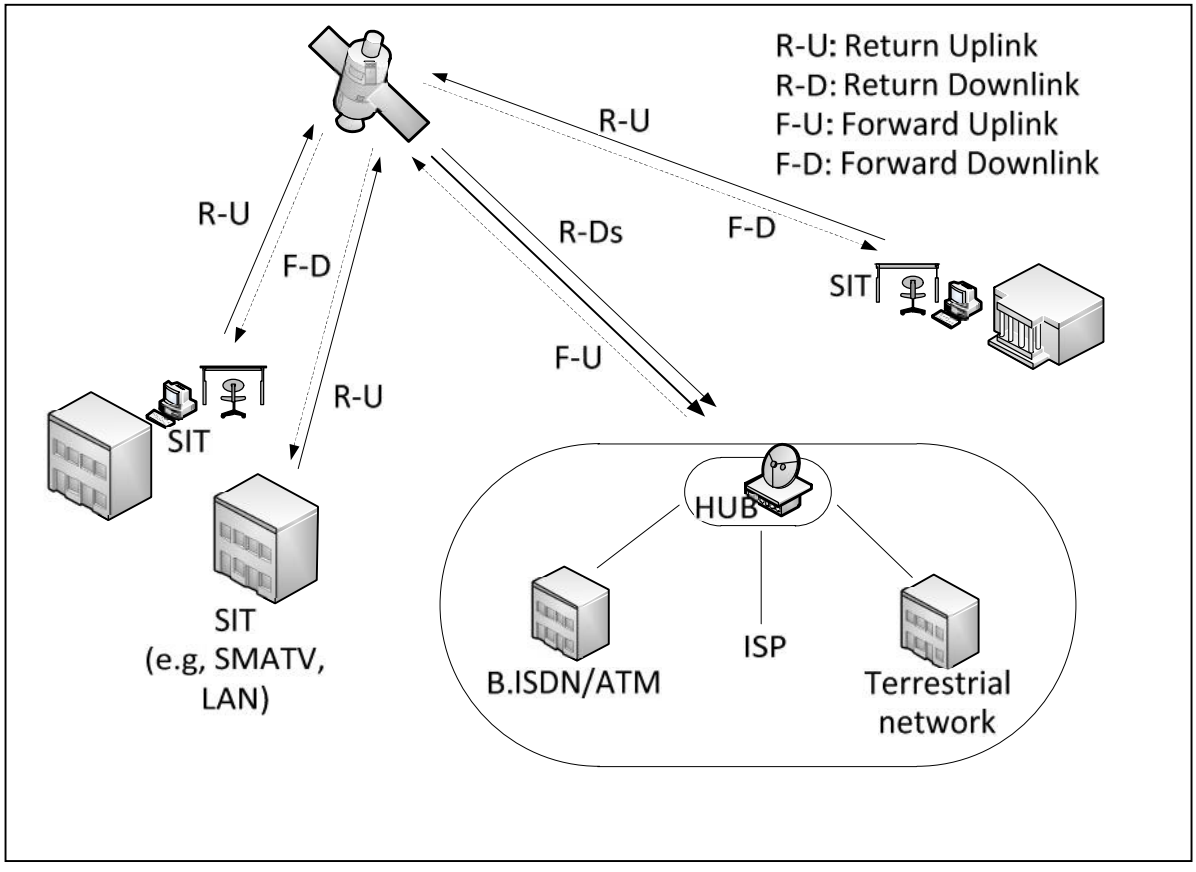


**Figure I.2** : Technologie VSAT

## I. 5.2. La norme DVB-RCS

La norme DVB-RCS (Digital Vidéo Broadcast-Return Channel System), soutenue par l'Européen Télécommunications Standards Institut (ETSI), autorise un service d'accès large bande à travers le satellite.

Cette norme décrit comment le trafic bidirectionnel des données devrait être transmis via le satellite. Suivant le DVB-RCS, le terminal satellite du client peut recevoir une transmission standard de DVB envoyée par la station satellite maîtresse (HUB).

La norme permet de transporter le protocole IP mais prend en compte également de nombreux protocoles de routage (RIP, IGMP) et de transport (RTP, UDP, TCP).

La technologie de transmission utilise la technique de traitement de signal MF-TDMA (Multi-Frequency-Time Division Multiple Access), ce qui permet de partager la capacité du lien entre différents sites clients. La communication se fait entre le terminal et la station centrale (HUB) dans les deux sens avec :

- Une voie descendante (du HUB vers le terminal) jusqu'à 8Mbits/s
- Une voie de retour (du SIT vers le HUB) jusqu'à 2Mbits/s

## I. 6. Généralités

La voix sur IP (Voice over IP) est une technologie de communication vocale en pleine émergence. Elle fait partie d'un tournant dans le monde de la communication. En effet, la convergence du triple play (voix, données et vidéo) fait partie des enjeux principaux des acteurs de la télécommunication aujourd'hui. Plus récemment, l'Internet s'est étendu partiellement dans l'Intranet de chaque organisation, voyant le trafic total basé sur un transport réseau de paquets IP surpasser le trafic traditionnel du réseau voix (réseau à commutation de circuits).

Pour être plus précis et néanmoins schématique, le signal numérique obtenu par numérisation de la voix est découpé en paquets qui sont transmis sur un réseau IP vers une application qui se charge de la transformation inverse (des paquets vers la voix). Au lieu de disposer à la fois d'un réseau informatique et d'un réseau téléphonique commuté (RTC), l'entreprise peut donc, grâce à la VoIP, tout fusionner sur un même réseau. Car par du fait que la téléphonie devient de la "data". Les nouvelles capacités des réseaux à haut débit devraient permettre de transférer de manière fiable des

données en temps réel. Ainsi, les applications de vidéo ou audioconférence ou de téléphonie ont envahi le monde IP qui, jusqu'alors, ne pouvait raisonnablement pas supporter ce genre d'applications (temps de réponse important, gigue-jitter, Cos-Qos,...). Jusque vers le milieu des années 90, les organismes de normalisation ont tenté de transmettre les données de manière toujours plus efficace sur des réseaux conçus pour la téléphonie. A partir de cette date, il y a eu changement. C'est sur les réseaux de données, que l'on s'est évertué à convoyer la parole. Il a donc fallu développer des algorithmes de codage audio plus tolérants et introduire des mécanismes de contrôle de la qualité de service dans les réseaux de données. Faire basculer différents types de données sur un même réseau permet en plus, de simplifier son administration.

Comme toute innovation technologique qui se respecte, la VoIP doit non seulement simplifier le travail mais aussi faire économiser de l'argent. Les entreprises dépensent énormément en communications téléphoniques, or le prix des communications de la ToIP (Téléphonie sur IP) est dérisoire en comparaison. En particulier, plus les interlocuteurs sont éloignés, plus la différence de prix est intéressante. De plus, la téléphonie sur IP utilise jusqu'à dix fois moins de bande passante que la téléphonie traditionnelle. Ceci apporte de grands intérêts pour la voix sur réseau privée. Il semblerait que les entreprises après avoir émis un certain nombre de doutes sur la qualité de services soient désormais convaincues de la plus grande maturité technologique des solutions proposées sur le marché. Qu'il s'agisse d'entreprises mono-site ou multi-sites, les sondages montrent que le phénomène de migration vers les systèmes de téléphonie sur IP en entreprise est actuellement engagé.

# I. 7. Le Réseau Téléphonique Commuté (RTC)

Mais qu'est-ce que le RTC? Le RTC est tout simplement le réseau téléphonique que nous utilisons dans notre vie de tous les jours et qui nous donne accès à de multiples fonctions. En effet outre le fait de pouvoir téléphoner, le RTC nous permet d'utiliser de multiples services tels que la transmission et réception de fax, l'utilisation d'un minitel, accéder à Internet etc. Il représente donc l'un des protocoles de discussion utilisé sur la paire de cuivre boucle locale.

## I. 7.1. Principe du RTC

Le réseau téléphonique public (RTPC, Réseau Téléphonique Public Commuté ou simplement RTC) a essentiellement pour objet le transfert de la voix. Le transport des données n'y est autorisé, en France, que depuis 1964. Utilisant le principe de la commutation de circuits, il met en relation deux abonnés à travers une liaison dédiée pendant tout l'échange.

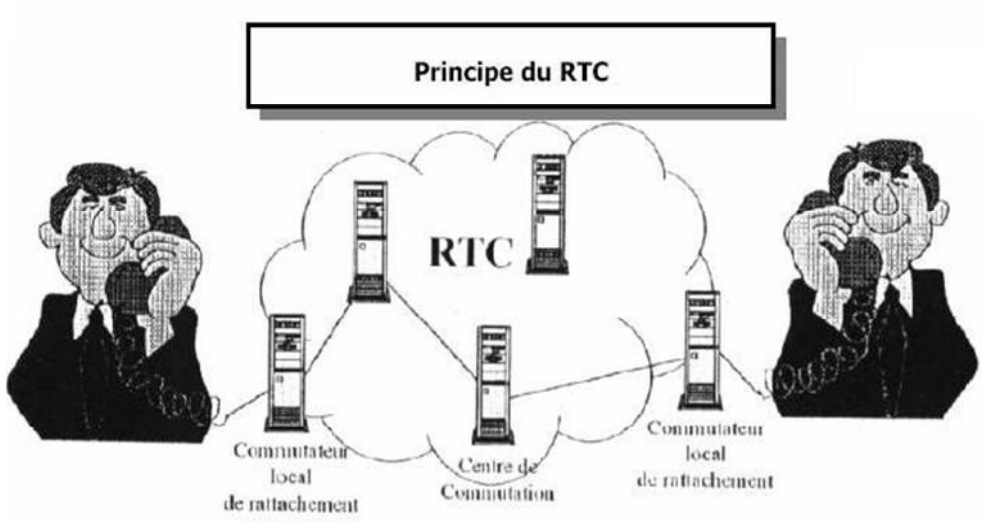


**Figure I.3 :** Principe du RTC

On distingue deux grandes parties dans ce réseau :

- Le réseau capillaire ou de distribution, c'est le raccordement depuis chez l'abonné à un point d'entrée du réseau. Cette partie du réseau est analogique.

- Le réseau de transit, effectue pour sa part le transport des communications entre les nœuds de transit (concentrateurs / commutateurs). Cette portion du réseau est actuellement numérique.

La numérisation offre plusieurs avantages. Puisqu'il ne s'agit que de 0 et de 1, la qualité du signal est préservée, quelle que soit la distance entre les convertisseurs (analogique numérique et numérique analogique). Ce n'est pas le cas des communications analogiques où le signal est pollué à chaque manipulation.

La gestion générale du réseau discerne trois fonctions :

- La distribution
- La commutation
- La transmission

## I. 7.2. Architecture du réseau

Le réseau téléphonique commuté a une organisation hiérarchique à trois niveaux. Il est structuré en zones correspondant à un niveau de concentration.

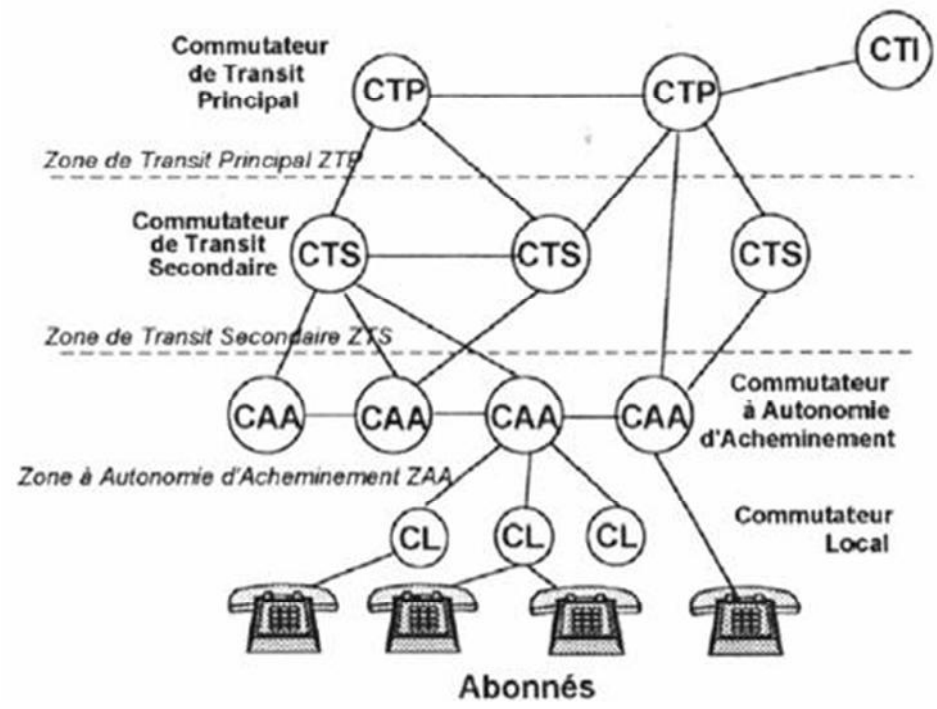


**Figure I.4 :** Architecture du réseau RTC

On distingue :

- Zone à Autonomie d'Acheminement (ZAA), cette zone, la plus basse de la hiérarchie, comporte un ou plusieurs Commutateurs à Autonomie d'Acheminement (CAA) qui eux-mêmes desservent des Commutateurs Locaux (CL). Les commutateurs locaux ne sont que de simples concentrateurs de lignes auxquels sont raccordés les abonnés finals. La ZAA (Zone à Autonomie d'Acheminement) est un réseau étoilé, elle constitue le réseau de desserte;

- Zone de Transit Secondaire (ZTS), cette zone comporte des Commutateurs de Transit Secondaires (CTS). Il n'y a pas d'abonnés reliés aux CTS (Commutateurs de Transit Secondaires). Ils assurent le brassage des circuits lorsqu'un CAA (Commutateur à Autonomie d'Acheminement) ne peut atteindre le CAA destinataire directement (réseau imparfaitement maillé);

- Zone de Transit Principal (ZTP), cette zone assure la commutation des liaisons longues distances. Chaque ZTP (Zone de Transit Principal) comprend un Commutateur de Transit Principal (CTP), L'un des commutateurs de transit principal (CTP) est relié au commutateur international de transit.

# I. 8. Modèle OSI

Au moment de la conception de ce modèle, la prise en compte de l'hétérogénéité des équipements était fondamentale. En effet, ce modèle devait permettre l'interconnexion avec des systèmes hétérogènes pour des raisons historiques et économiques. Il ne devait en outre pas favoriser un fournisseur particulier. Enfin, il devait permettre de s'adapter à l'évolution des flux d'informations à traiter sans remettre en cause les investissements antérieurs. Cette prise en compte de l'hétérogénéité nécessite donc l'adoption de règles communes de communication et de coopération entre les équipements, c'est-à-dire que ce modèle devait logiquement mener à une normalisation internationale des protocoles.

Le modèle OSI n'est pas une véritable architecture de réseau, car il ne précise pas réellement les services et les protocoles à utiliser pour chaque couche. Il décrit plutôt ce que doivent faire les couches. Néanmoins, l'ISO a écrit ses propres normes pour chaque couche, et ceci de manière indépendante au modèle, i.e. comme le fait tout constructeur.

La VoIP est d'abord un système de mise en paquets des données vocales. En effet, lorsque la connexion est établie, la parole codée (par un codec) est ensuite mise sous forme de paquets de données (de 5 ms à 20 ms) puis envoyer de la source jusqu'à la destination par le biais du réseau internet (et de son protocole). Des entêtes sont ajoutés aux paquets de données vocales (DATA) par les différents protocoles employés et augmentent successivement la taille du fichier.

## I. 8.1. Principe de fonctionnement

En matière de téléphonie, il s'agit de transmettre la voix humaine d'un interlocuteur vers un autre en ayant le souci que le dialogue se passe sans rupture et avec un confort d'écoute proche de la conversation en vis-à-vis. Pour ce faire, on considère que le temps de transport de la voix entre un émetteur et un récepteur doit être inférieur à 150 ms, avec une tolérance allant jusqu'à 400 ms, et que l'opération doit s'effectuer en duplex intégral. Plus le temps s'allonge et plus des phénomènes d'écho et de temporisation apparaissent. Dans un processus interactif comme une conversation entre deux personnes, la communication devient vite inaudible si ces délais ne sont pas respectés.

Le modèle OSI n'est pas une véritable architecture de réseau, car il ne précise pas réellement les services et les protocoles à utiliser pour chaque couche. Il décrit plutôt ce que doivent faire les couches. Néanmoins, l'ISO a écrit ses propres normes pour chaque couche, et ceci de manière indépendante au modèle. Le modèle OSI comporte 7 couches :

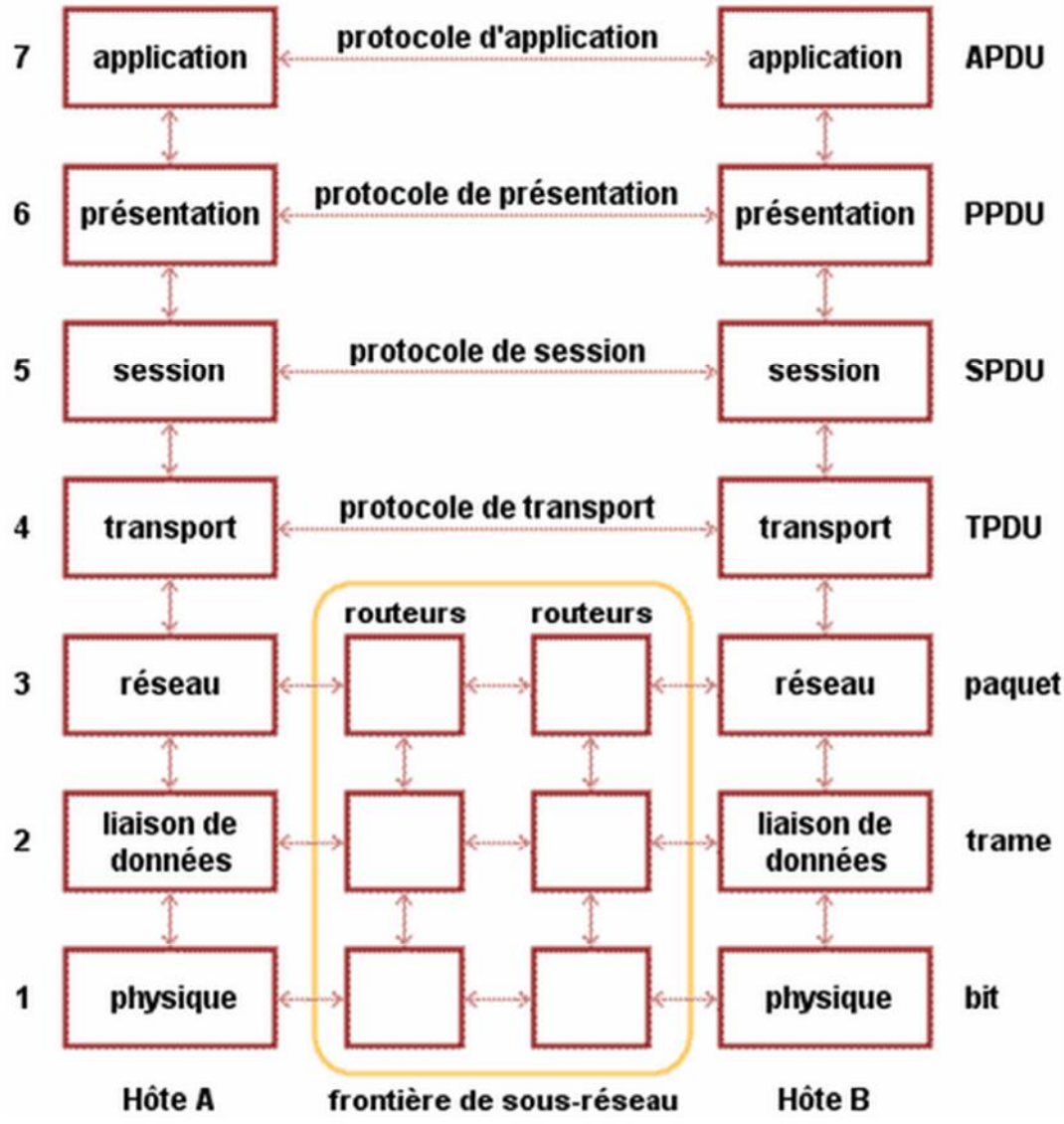


**Figure I.5 :** Le modèle OSI

Les principes qui ont conduit à ces 7 couches sont les suivants :
- Une couche doit être créée lorsqu'un nouveau niveau d'abstraction est nécessaire, chaque couche a des fonctions bien définies,

- Les fonctions de chaque couche doivent être choisies dans l'objectif de la normalisation internationale des protocoles,

- Les frontières entre couches doivent être choisies de manière à minimiser le flux d'information aux interfaces,

- Le nombre de couches doit être tel qu'il n'y ait pas cohabitation de fonctions différentes au sein d'une même couche et que l'architecture ne soit pas difficile à maîtriser.

Les couches basses (1, 2, 3 et 4) sont nécessaires à l'acheminement des informations entre les extrémités concernées et dépendent du support physique. Les couches hautes (5, 6 et 7) sont responsables du traitement de l'information relative à la gestion des échanges entre systèmes informatiques. Par ailleurs, les couches 1 à 3 interviennent entre machines voisines, et non entre les machines d'extrémité qui peuvent être séparées par plusieurs routeurs. Les couches 4 à 7 sont au contraire des couches qui n'interviennent qu'entre hôtes distants.

## I. 8.2. Les 7 couches du modèle OSI :

### I. 8.2.1. La couche physique

La couche physique gère la commutation avec l'interface physique afin de faire transiter ou de récupérer les données sur le support de transmission, qui peut être électrique, mécanique, fonctionnel ou procédural. Ce sont les contraintes matérielles du support utilisé qui décident des objectifs à atteindre pour cette couche : conversion en signaux électriques, taille et forme des connecteurs, dimensions et position des antennes, etc.

### I. 8.2.2. La couche liaison de données

La couche liaison s'occupe de la bonne transmission de l'information entre les nœuds via le support, en assurant la gestion des erreurs de transmission et la synchronisation des données.

### I. 8.2.3. La couche réseau

La couche réseau a en charge de déterminer le choix de la route entre les nœuds afin de transmettre de manière indépendante l'information ou les différents paquets la constituant en prenant en compte en temps réel le trafic. Cette couche assure aussi un certain nombre de contrôles de congestion qui ne sont pas gérés par la couche liaison.

### I. 8.2.4. Couche transport

La couche transport supervise le découpage et le réassemblage de l'information en paquets, contrôlant ainsi la cohérence de la transmission de l'information de l'émetteur vers le destinataire.

## I. 8.2.5. La couche session

La couche session gère une communication complète entre plusieurs nœuds, permettant ainsi d'établir et de maintenir un réel dialogue suivi, pouvant être constitué de temps morts pendant lesquels aucune donnée n'est physiquement transmise.

## I. 8.2.6. La couche présentation

La couche présentation a en charge la représentation des données, c'est-à-dire de structurer et convertir les données échangées ainsi que leur syntaxe afin d'assurer la communication entre des nœuds disparates (différences hardware et/ou software).

## I. 8.2.7. La couche application

La couche application est le point d'accès des applications aux services réseaux. On y trouve toutes les applications de communication via le réseau communément utilisé sur un LAN ou sur internet : application de transfert de fichiers, courrier électroniques, etc.

## I. 8.3. Critique du modèle OSI

Chaque couche garantie à la couche qui lui est supérieure, que le travail qui lui a été confiée a été réalisé sans erreurs.

## I. 9. Modèle TCP/IP :

Le sigle TCP/IP désigne un protocole de communication utilisé sur Internet. Ce protocole définit les règles que les ordinateurs doivent respecter pour communiquer entre eux sur le réseau Internet.

Le modèle TCP/IP comporte les quatre couches suivantes :

- La couche application
- La couche transport
- La couche internet
- La couche d'accès au réseau

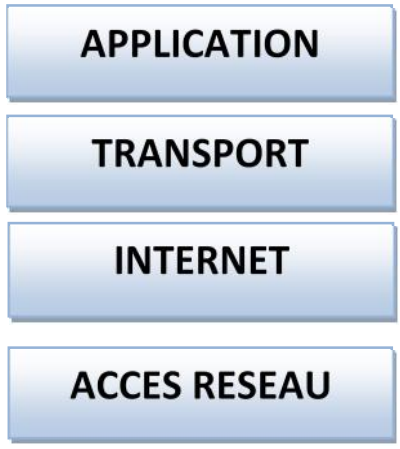


**Figure I.6:** Modèle TCP/IP (à regarder de bas en haut)

Les protocoles du modèle TCP/IP sont les suivants :

## I. 10. Protocoles TCP et UDP

TCP (qui signifie Transmission Control Protocol, soit en français : Protocole de Contrôle de Transmission) est l'un des principaux protocoles de la couche transport du modèle TCP/IP. Il permet au niveau des applications ; de gérer les données en provenance (ou à destination) de la couche inférieure du modèle (c'est-à-dire de protocole IP).

Grâce au protocole TCP, les applications peuvent communiquer de manière sure (grâce au système d'accusé de réception du protocole TCP), indépendamment des couches inférieurs.

Cela signifie que les routeurs (qui travaillent dans la couche Internet) ont pour seul rôle l'acheminement des données sous forme de datagrammes, sans se préoccuper du contrôle des données, car celui-ci est réalisé par la couche transport (plus particulièrement par le protocole TCP).

Les machines dans un tel environnement communiquent en mode connecté, c'est-à-dire que la communication se fait dans les deux sens.

Pour permettre le bon déroulement de la communication, les données sont encapsulées, c'est-à-dire qu'on ajoute aux paquets de données un en-tête qui va permettre de synchroniser les transmissions et d'assurer leur réception.

Une autre particularité de TCP est de pouvoir réguler le débit de données grâce à sa capacité à émettre des messages de taille variable, ces messages sont appelés *segments*.

Le protocole UDP, permet aux applications d'échanger des datagrammes. Ce protocole utilise la notion de port qui permet de distinguer les différentes applications qui s'exécutent sur une machine. En plus du datagramme et de ses données, un message UDP contient à la fois, un numéro de port source et un numéro de port destination. Le protocole fournit un service en mode non connecté et sans reprise sur erreur. Il n'utilise aucun acquittement, ne séquence pas les messages, et ne met en place aucun contrôle de flux. Les messages UDP peuvent être perdus, dupliqués, remis hors séquence ou arriver trop tôt pour être traités lors de leur réception. UDP correspond au niveau transport de l'architecture du modèle TCP/IP, mais c'est un protocole particulièrement simple. Son avantage est un temps d'exécution court qui permet de tenir compte des contraintes de temps réel ou de limitation d'espace mémoire sur un processus, contraintes qui ne permettent pas l'implantation de protocoles beaucoup plus lourd comme TCP. De plus, les mécanismes de TCP prévoient une réduction automatique du débit accordé à l'émetteur en cas de congestion du réseau et une remontée lente vers le débit nominal.

## I. 11. Protocole IP

Le protocole IP (Internet Protocol) a été conçu pour permettre la communication entre systèmes informatiques. Sa principale fonction est d'acheminer les paquets IP à travers l'ensemble des réseaux interconnectés, selon l'interprétation d'une adresse identifiant les équipements. Notons qu'une distinction doit être faite entre le nom, l'adresse et le chemin, qui désignent respectivement le terminal recherché, l'endroit où il se trouve et le chemin pour y accéder. Le protocole IP s'occupe essentiellement des adresse, qui sont transportées dans l'entête de chaque datagrammes et exploitées par les équipements d'interconnexion pour réaliser le routage. C'est à des protocoles de niveau plus élevé que revient la tâche de lier des noms aux adresses. La tâche qui consiste à transcrire l'adresse en termes de chemin revient, quant à elle, au protocole de bas niveau. Ainsi le protocole IP va assurer le traitement individuel et la transmission des paquets IP entre deux modules Internet, en fournissant un entête propre à chaque datagramme, considéré alors comme une entité indépendante. Cet entête contient l'ensemble des informations nécessaires à leur transfert, et dispose de mécanismes permettant l'adressage des services TCP/UDP quelle que soit leur position dans le réseau. En plus de l'adressage et l'acheminement en best effort des paquets, la couche IP réalise le multiplexage de protocoles ainsi que la destruction des datagrammes ayant transité trop longtemps sur le réseau. Cependant, le protocole IP ne garantit pas la réussite de l'acheminement, le contrôle d'erreurs et de flux, ainsi que le séquencement des données.

## I. 12. Protocoles RTP et RTCP

### I. 12.1. Le protocole RTP

On utilise le protocole RTP pour le transport de données. Il rajoute à ce protocole basique des fonctionnalités temporelles dédiées aux transmissions temps

réelles. On trouve notamment dans l'entête des informations sur le type de média transportés, le séquencement et la synchronisation des datagrammes. De telle façon, le récepteur peut déduire de ces informations la gigue produite par le transfert et la corriger par l'usage de tampons. Le récepteur peut aussi repérer les paquets arrivant dans le désordre et bien les replacer dans le tampon.

## I. 12.2. Le protocole RTCP

Le protocole RTCP est complémentaire du protocole RTP dans le sens où il ne sert qu'à transmettre à intervalles des paquets de contrôle contenant des statistiques et des informations sur les sessions ouvertes. On peut notamment l'utiliser pour avertir de conditions de trafic réseau dégradées. Pendant une session, tous les participants émettent des paquets RTCP.

**En résumé :**

Pour faire circuler la voix sur un réseau à commutation de paquets, il faut utiliser un protocole de transport gérant le temps réel comme RTP. Cela est aussi valable pour tout type de données ayant des contraintes de temps réel (comme la vidéoconférence par exemple). Le protocole RTP ne permet pas de garantir une communication sans gigue mais permet juste de réduire ses effets avec l'utilisation conjointe de tampon chez le récepteur. En effet, grâce aux données de l'entête RTP (les champs timestamp et sequence number), il est possible de détecter le retard des paquets ainsi que la perte de ceux-ci. Le protocole RTCP, souvent utilisé conjointement avec RTP, apporte les statistiques sur la qualité du réseau afin de mieux gérer l'envoi des données et ainsi s'adapter.

## I. 13. Normes relatives de VoIP

L'activité d'étalonnage de VoIP est régie par deux corps, à savoir l'Itu-t et l'IETF. Les sous-sections suivantes élaborent sur l'effort d'étalonnage.

## I. 14. Normes d'Itu-t

Le premier exemple de normes liées à la VoIP a été développé par Itu-t par leur série H.323. Cette norme, avec d'autres normes développées par l'Itu-t, sont détaillées ci-dessous :

## I. 14.1. Protocole H.323

H.323 est aujourd'hui le protocole le plus répondu en matière de voix sur IP et ce, même si il laisse peu à peu la place à SIP. Ce protocole a été défini par l'Itu-t. Il

s'agit en fait plus d'un regroupement de plusieurs protocoles qui permettent d'établir des appels avec la VoIP. On peut reconnaître trois types de protocoles pour le H.323 :

- On entend par le terme signalisation tous les échanges de messages destinés à la gestion de la communication. Par exemple, pour la VoIP, les messages indiquant que l'on souhaite appeler quelqu'un, qu'une ligne est occupée, que le récepteur décroche, sont transmis par ces protocoles de signalisation. Le protocole H.225 est chargé de ces communications, il gère notamment l'établissement, le contrôle et la fin d'un appel.
- La négociation de codec sert à choisir un codec commun entre les deux extrémités de la communication. Le codec choisi doit être supporté par tous les participants. Les fabricants n'implémentent pas forcément tous les codecs disponibles sur leurs produits, ce qui peu poser des problèmes d'interopérabilités plus ou moins évités par l'usage du codec G.711. En effet, G.711 est reconnu par la totalité des équipements VoIP. Le protocole H.245 se charge ainsi de négocier le codec entre l'émetteur et le récepteur. Une fois ce choix effectué, il faut aussi choisir le débit pour l'adapter au mieux à la bande passante disponible. Il est aussi possible de réduire dynamiquement le débit d'un codec si la bande passante se dégrade en cours de communication.
- Enfin, le transport d'informations est pris en charge par les protocoles RTP/RTCP décrits dans une partie précédente.

## I. 14.2. Protocole SIP

### I. 14.2.1. Introduction au SIP

SIP est un protocole de signalisation défini par l'IETF (Internet Engineering Task Force) permettant l'établissement, la libération et la modification de sessions multimédia (voix, vidéo, données). Il hérite de certaines fonctionnalités des protocoles HTTP (Hyper Text Transport Protocol) utilisé pour naviguer sur le WEB, et SMTP (Simple Mail Transport Protocol) utilisé pour transmettre des messages électroniques (E-mails). SIP a été étendu afin de supporter de nombreux services tels que la présence, la messagerie instantanée, le transfert d'appel, la conférence, les services complémentaires de téléphonie, etc. SIP supporte une architecture de service constituée des entités serveur d'application / serveur de média / serveur de messagerie.

### I. 14.2.2. Architecture et composants de SIP

SIP définit un ensemble d'éléments. L'agent d'utilisateur SIP est utilisé pour établir ou recevoir l'appel. Il est un téléphone IP ou un logiciel sur un ordinateur. Le serveur SIP fournit des services de contrôle d'appel: localisation, Proxy, redirection et enregistrement.

- **Agent d'utilisateur**

L'agent d'utilisateur est la combinaison d'agent d'utilisateur clients et d'agent d'utilisateur serveurs. L'UACs est un nœud du réseau SIP, il crée les requêtes originaires. L'UACs est un serveur qui peut recevoir les requêtes et renvoyer les réponses. L'UACs peut être implémenté en matériel comme un téléphone IP, une passerelle, ou un logiciel installé sur ordinateur.
Il existe 4 types de serveurs dans réseau SIP qui est un réseau distribué :

- **Serveur de localisation**

Ce serveur qui peut être basé sur un serveur LDAP, une base de donnée ou un fichier texte permet de mémoriser les différents utilisateurs, leurs droits, leurs mots de passe, etc. ainsi que leurs positions actuelles. Il est utilisé par le serveur de redirection ou le serveur Proxy pour obtenir les informations d'utilisateur.

- **Serveur d'enregistrement**

C'est un serveur qui accepte la requête REGISTRER. Il permet à un terminal de pouvoir s'enregistrer au serveur. Les positions actuelles sont stockées dans ce serveur ou transmises au serveur de localisation. Il peut offrir le service de localisation.

- **Serveur de redirection**

Ce serveur permet de rediriger les appels vers la position actuelle d'un utilisateur. Il est chargé de recevoir le message INVITE en provenance de l'agent qui émet un appel, de chercher la position auprès du serveur de localisation et de retransmettre son adresse ou ses adresses s'il en a plusieurs, à l'agent qui a émis l'appel. En effet, SIP introduit la notion de mobilité : l'adresse utilisée pour appeler un utilisateur ne donne aucune information sur la position actuelle de l'utilisateur.

- **Proxy**

Un Proxy rempli la même fonction qu'un serveur de redirection soit la localisation d'un utilisateur, mais par d'autres manières. Le Proxy n'annonce pas au client la localisation d'un utilisateur mais il se charge de retransmettre les messages vers celui-ci. Dans certain cas, il peut aussi être chargé d'effectuer d'autres tâches comme l'authentification, l'autorisation, la gestion des taxes, etc.

On a l'architecture de SIP suivantes:

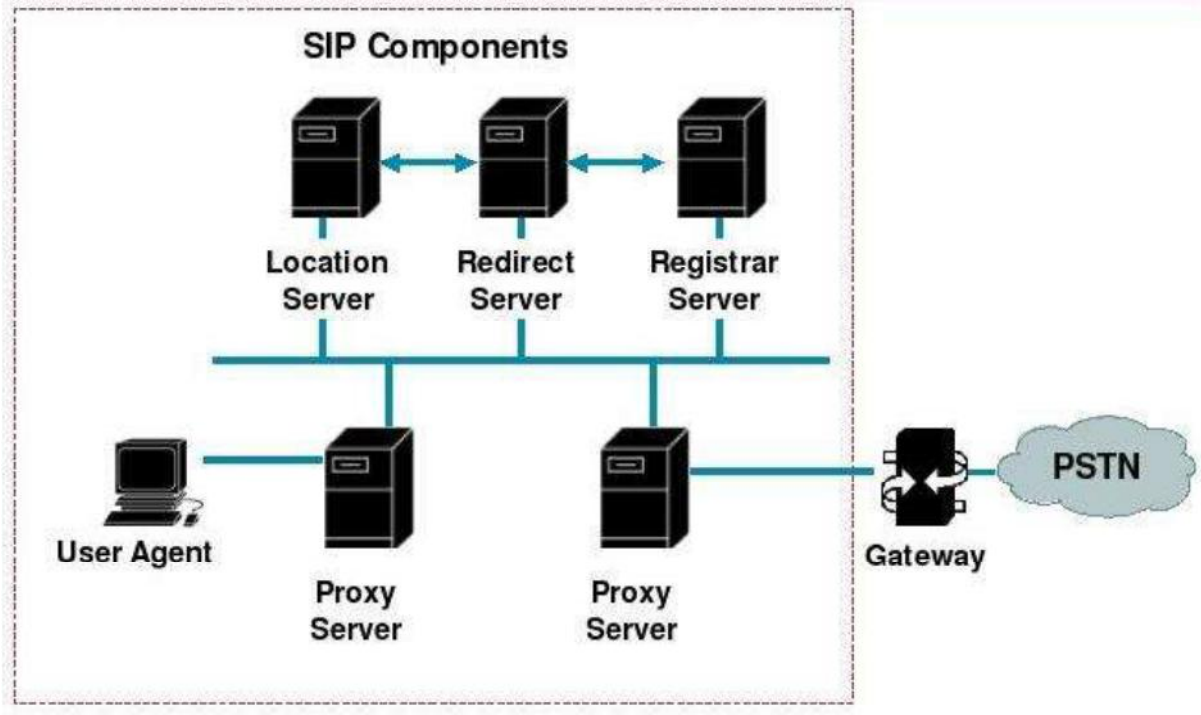


**Figure I.7 :** Architecture de SIP

## I. 14.2.3. Protocoles de SIP

SIP définit un cadre technologique complet pour les communications multimédias, fondé sur les protocoles suivants:

– Le protocole de description de session SDP (Session Description Protocol, RFC 2327).

– Le protocole d'annonce de session SAP (Session Announcement Protocol, RFC 2974).

– Le protocole de transmission de donnée temps réel RTSP (Real time Streaming Protocol).

– Le protocole RSVP pour la réservation de bande passante.

– Le protocole RTP.

SIP permet l'interaction entre des éléments grâce aux messages de signalisation. Les messages peuvent être utilisés pour plusieurs buts :

– Enregistrer un utilisateur avec le système.

– Inviter un utilisateur pour établir une session interactive.

– Négocier les limites et les conditions de session.

– Etablir un canal de média entre deux bouts ou plus.

– Terminer la session.

## I. 14.2.4. Communication et contrôle des sessions

### I. 14.2.4.1. Syntaxe de message

Les messages SIP sont codés en utilisant la syntaxe de message HTTP/1.1 (RFC2068). Il existe deux types de message : les requêtes et les réponses. La structure de message est présentée comme la figure suivante:

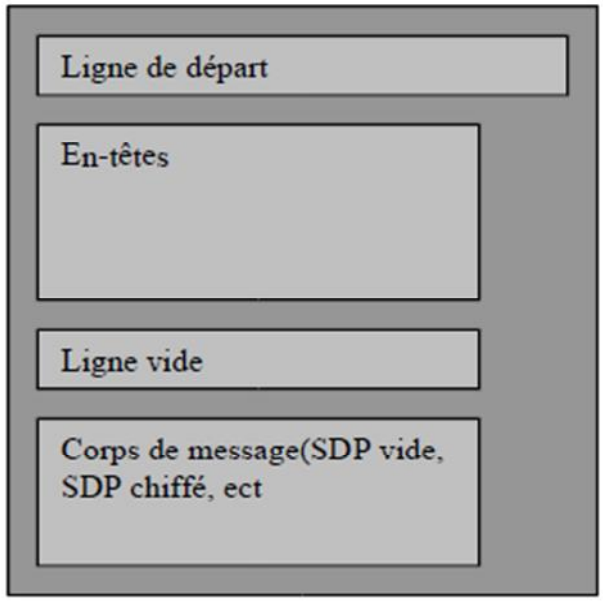


**Figure I.8 :** Structure des messages

Il y a certains champs d'en-têtes qui sont toujours présents dans les requêtes et les réponses, et forment l'en-tête générale (general header) :

• Call-ID: ce champ d'en-tête contient un identificateur globalement unique pour un appel.

• Cseq: il est un identificateur qui sert à rapprocher.

• From: il identifie l'appelant. Il doit être présenté dans toutes les requêtes et les réponses.

•To : ce champ doit être présenté dans toutes les requêtes et en indique la destination. Il est simplement copié dans les réponses.

•Via : le champ Via est utilisé pour enregistrer la route d'une requête, de manière à permettre aux serveurs SIP intermédiaires de faire suivre aux réponses un chemin exactement inverse.

•Encryption: ce champ d'en-tête spécifie que le corps du message, et éventuellement certains en-têtes ont été chiffrés.

•Content-Type: ce champ d'en-tête décrit le type de média contenu dans le corps du message.

•Content-Length : il s'agit du nombre d'octets du corps du message. Les messages de requêtes sont envoyés d'un client SIP à un serveur SIP.

•INVITE: inviter un utilisateur pour un appel.

•ACK: message d'acquittement du message INVITE.

•BYE : fin de communication ou refus d'un appel.

•CANCEL: fin d'une requête ou recherche un utilisateur.

•INFO: information de session en cours.

•OPTION: demander d'informations sur le serveur.

•REGISTRER: enregistrement de la position d'un utilisateur.

•MESSAGE: permettre l'envoi de messages instantanés.

•NOTIFY: envoyer des notifications d'événements.

•PRACK: implémenter le mécanisme spécial de sécurisation des réponses provisoires.

•PREFER: permettre la redirection d'appels.

•SUSCRIBE: demander une notification d'événements.

Le format des requêtes SIP est de la forme suivante :

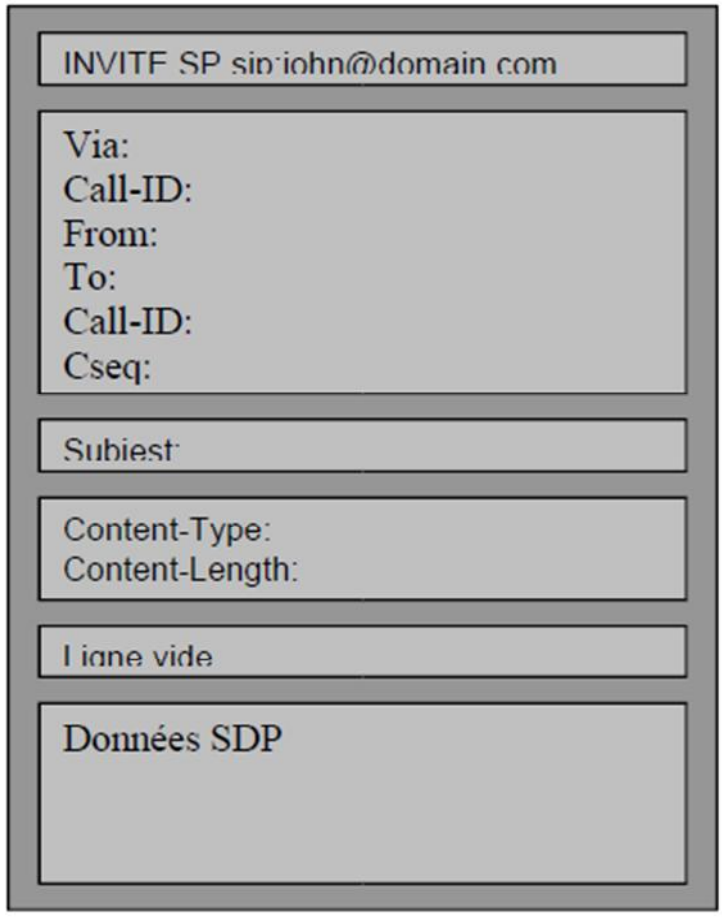


**Figure I.9 :** Format des requêtes

Un serveur SIP répond à une requête SIP au moyen d'une ou plusieurs réponses. Les réponses, dont les codes sont de la forme 2xx, 3xx, 4xx, 5xx et 6xx, sont des réponses finales et terminent la transaction courante. Les répondes en forme 1xx sont des réponses provisoires et ne terminent pas la transaction courante.

1xx – Message d'information.

2xx – Message de succès.

3xx – Message de redirection.

4xx – Message d'erreur sur le client.

5xx – Message d'erreur sur le serveur.

6xx – Destination occupée, non accessible ou refusant la communication.

Le format des réponses SIP est de la forme suivante :

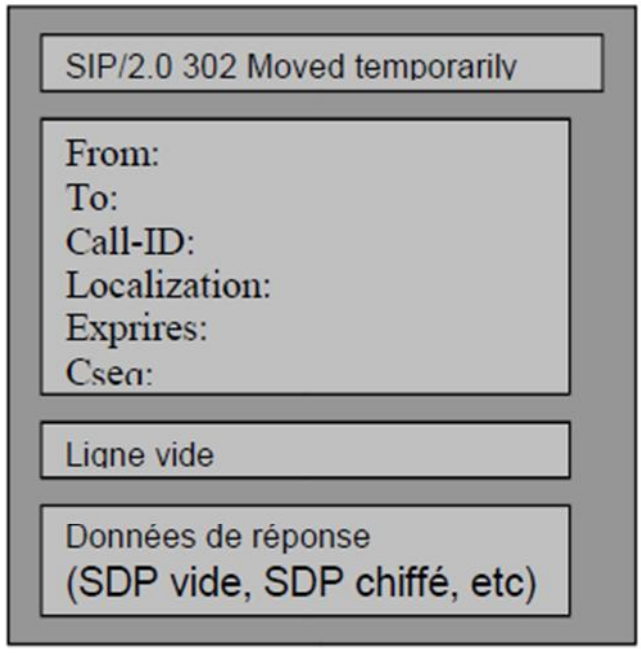


**Figure I.10 :** Format des réponses SIP

## I. 14.2.4.2. Signalisation simple

Pour établir un appel simple entre deux agents avec SIP, on utilise seulement trois requêtes INVITE, ACK, BYE et trois réponses.

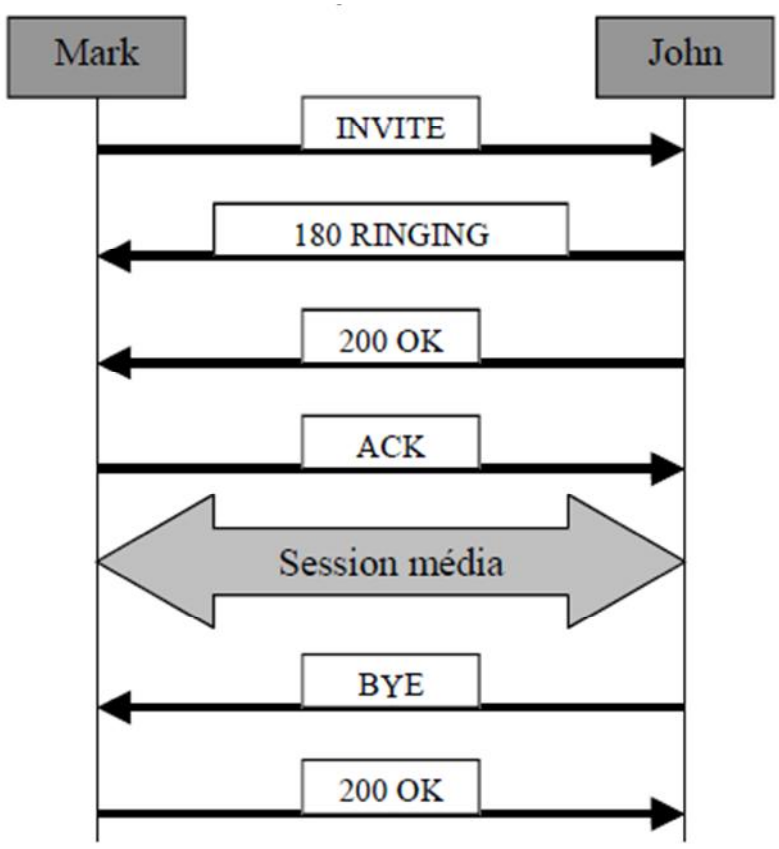


**Figure I.11 :** Scénario d'appels entre deux agents SIP

## I. 14.2.5. Services

SIP définit un ensemble d'éléments qui fournit les services de contrôle de communication. Ce sont : le serveur de localisation, le serveur d'enregistrement, le serveur de redirection et le Proxy. En pratique, un serveur SIP peut être implémenté dans plusieurs fonctions pour les services. Ce serveur peut recevoir et traiter une demande d'enregistrement des terminaux, répondre aux demandes de localisation d'autres serveurs SIP, traiter et facturer les appels des terminaux…

**Localisation et enregistrement**

**Fonction «Registrar»**

Cette fonction traite des messages REGISTER envoyés par les terminaux. Elle mémorise la localisation courante d'un agent d'utilisateur. Elle stocke l'association entre une adresse IP et un agent utilisateur (L'adresse URI SIP). Alors un agent utilisateur peut changer l'adresse IP. Pour faciliter la mobilité des utilisateurs, SIP utilise une adresse multicast pour le serveur d'enregistrement. Un client peut envoyer un message multicast pour enregistrer son adresse IP courante. Cette fonction est comme la fonction de découverture de gatekeeper dans H.323. Les informations d'enregistrement sont utilisées par la fonction de localisation des utilisateurs.

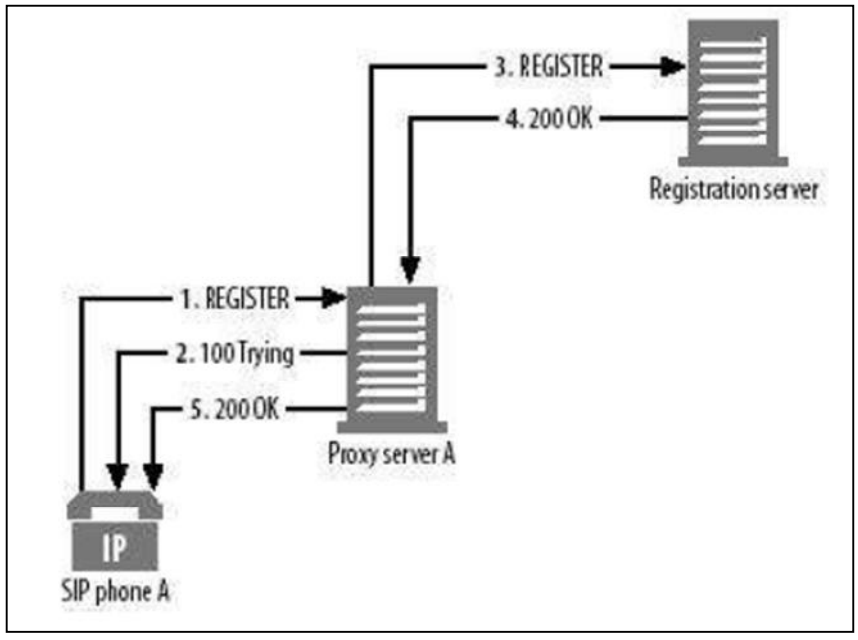


**Figure I.12 :** Fonction « Registrar »

**Localisation des utilisateurs à partir de l'adresse SIP**

L'adresse URI SIP n'indique pas directement l'adresse qui est utilisée pour recevoir les messages SIP. Alors cette fonction est utilisée pour localiser des utilisateurs à partir de l'adresse SIP. Elle consulte la base de donnée qui est mise à jour par la fonction «Registrar» ou par serveur LDAP.

**Serveur de redirection**

Un serveur de redirection peut traduire une adresse destinataire dans une requête INVITE à une autre adresse, ou à plusieurs adresses que le client peut contacter. Il peut aussi indiquer que cette adresse peut être jointe à travers un proxy. Il répond à une requête INVITE par un message de type 3xx. En fait, un serveur de redirection utilise la fonction délocalisation des utilisateurs pour rediriger les appels vers la localisation courante de l'utilisateur appelé. Il est un moyen basique de distribution d'appels.

**Fonction de proxy**

Un proxy est un dispositif qui est comme un serveur d'un côté (il reçoit des requêtes) et comme un client de l'autre (il retransmet des requêtes). Selon la fonction de proxy, on désigne deux types de proxy :

- Un stateless proxy se contente de choisir la destination du message SIP en utilisant l'information de l'en-tête. Il ne conserve aucun état de l'appel ou même de la transaction. Il ne gère pas les retransmissions, il se contente seulement de relayer les messages tels qu'il les reçoit.

- Des stateful proxy sont beaucoup plus utiles parce qu'ils peuvent conserver en mémoire l'état de l'appel et l'état des transactions. Ces proxys peuvent gérer localement une partie de la couche transaction.

Avec les services d'appel, on a un scénario complet d'appel :

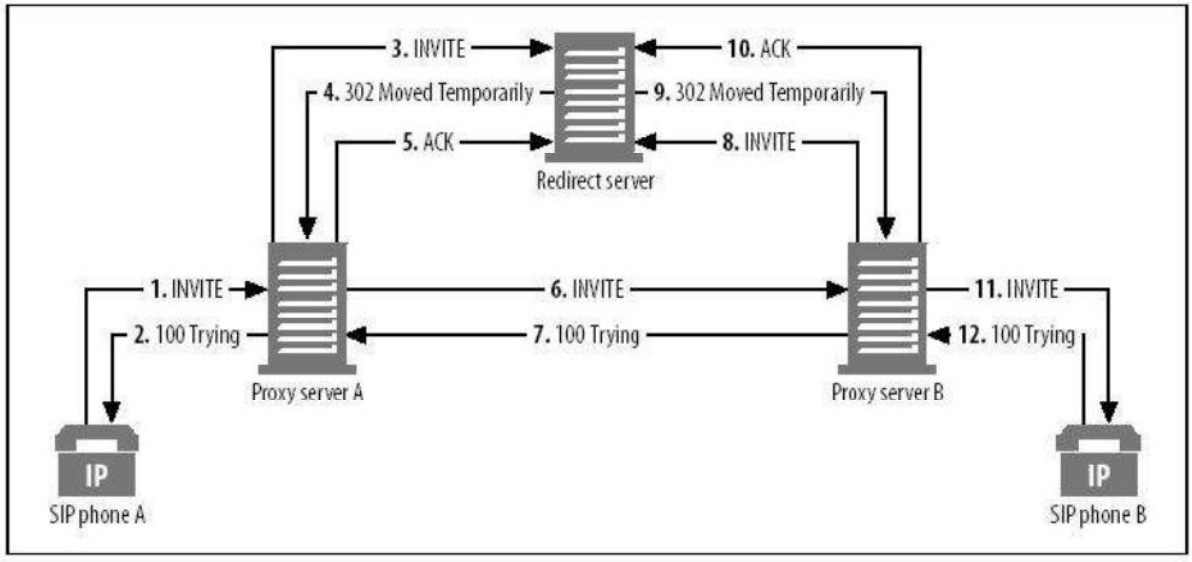


**Figure I.13 :** Scénario complet d'appel

**En résumé**

SIP est donc un protocole dédié à la gestion des sessions de communications. Ce standard est relativement simple et s'articule autour de 3 types d'acteurs : les Users-Agents situé côté client, les proxys dirigeant les Users-Agents vers les autres participants à la session et le Registrar qui stocke les correspondances IP/URL.

Même si SIP et H.323 semblent totalement différents, ils ont quand même de nombreux points communs : protocole de contrôle d'appel et utilisation de terminaux intelligents (les fonctions comme la mise en attente, etc. sont intégrés aux terminaux). Malgré cela, H.323 perd chaque jour du terrain au profit de SIP. H.323 garde quant à lui une meilleure qualité due en partie à la signalisation plus complexe.

## I. 14.3. Le protocole MGCP (Media Gateway Control Protocol)

Le protocole MGCP n'est pas un concurrent de H.323 ou SIP. Au contraire, ce protocole est complémentaire dans les services qu'il offre. Il permet entre autre de piloter les terminaux non intelligents. Pour cela, MGCP utilise un protocole à stimulus. Ce type de signalisation utilise des instructions de bas niveau contrairement aux instructions du RNIS, du SIP et de H.323. Dans un protocole à stimulus, le terminal est contrôlé par le protocole. MGCP est donc un protocole client/serveur car une machine

contrôle les terminaux et H.323 et SIP sont des peer to peer car ils traitent d'égaux à égaux.

## I. 15. Protocole SCCP

Skinny Client Control Protocol (SCCP) est un protocole propriétaire CISCO utilisé pour les échanges entre le Call Manager et les IP PHONES. Le terme SKINNY est utilisé pour indiquer que le protocole SCCP est très simple et requiert de ce fait des ressources processeur limitées.

SCCP s'utilise dans une architecture simple. Il est facile à utiliser contrairement à H323.

Le Cisco Call Manager se comporte en proxy H323 et intègre une majorité des process H323. Il assure la gestion des événements de signalisation pour les appels initialisés en utilisant les protocoles communs tels que H.323, SIP, RNIS et/ou MGCP.

Les messages sont transmis via TCP en utilisant le port 2000.

Ceux-ci comportent au minimum trois champs de quatre octets :

- Un entier représentant la taille du message total.
- Un deuxième champ réservé qui doit toujours être à zéro.
- Un identifiant (MessageId) pour déterminer la nature du message.

Le MessageId permet de définir l'information transmise entre le poste IP et le Call Manager. Lorsque toutes les étapes du protocole de signalisation ont été exécutées, les postes dialoguent entre eux en utilisant RTP.

## I. 16. Le call Manager

Cisco Unified Communications Manager (CUCM), anciennement Cisco Unified Call Manager et Cisco Call Manager (CCM), est un système de traitement d'appels basé sur un logiciel développé par Cisco Systems. CUCM suivi de tous les composants du réseau VoIP actifs; il s'agit notamment de téléphones, des passerelles, des ponts de conférence, des ressources de transcodage, et les boîtes de messagerie vocale entre autre. Call Manager utilise souvent le protocole de contrôle de Skinny client (SCCP) comme un protocole de communication pour signaler les paramètres matériels du système, tels que les téléphones IP. H.323, le protocole Media Gateway contrôle (MGCP) ou Session Initiation Protocol (SIP) est utilisé pour transmettre le signal d'appel à des passerelles.

## I. 17. Le protocole RSVP

RSVP est un protocole de signalisation pour allouer dynamiquement la bande passante aux applications orientées réseaux dans des environnements traditionnellement datagramme. Il est particulièrement utile pour les applications multimédias de type CBR. RSVP est utilisé dans le modèle IntServ mais il peut être utilisé hors de ce contexte (par exemple pour établir des chemins MPLS).

RSVP rend obligatoire la demande de QoS par le récepteur (l'application participante) plutôt que par l'émetteur (l'application source). Le récepteur apprend les spécifications du flux multimédia par un mécanisme hors-bande. Le récepteur peut ainsi faire les réservations qui lui sont appropriées. Cela est très utile dans le cas d'une transmission multicast. En effet, dans le cas où on aurait prévu que la demande de ressources soit faite par l'émetteur, une QoS identique à tous les émetteurs aurait été mise en œuvre et n'aurait pas été adaptée aux besoins du récepteur. D'autre part, certains émetteurs auraient eu tendance à toujours demander la réservation la plus importante qui aurait nui au système dans sa globalité.

RSVP fait des réservations de ressources pour les applications unicast et multicast et s'adapte dynamiquement aux évolutions (participants, changements de routes). Il demande des ressources dans une seule direction et traite l'émetteur et le récepteur de manière différente. Il est utilisé par un « host » pour le compte d'une application, pour demander une QoS au réseau (bande passante garanti, débit crête, …). Il est utilisé par les routeurs pour le contrôle de la QoS et l'établissement et maintient du service demandé.

RSVP peut être utilisé avec RTP/RTCP mais ce n'est pas obligatoire.

## I. 18. Acheminement des paquets de type voix

On l'a vu, pour que la voix soit efficiente, il faut assurer l'acheminement des paquets de type voix sur le réseau IP de façon fiable, c'est-à-dire avec une latence faible et à un intervalle de temps le plus stable possible. Pour ce faire, il est indispensable de pouvoir différencier le type de paquets. IP n'intégrant pas ce service, des protocoles de couche supérieure ont été définis. On distingue deux problématiques dans l'acheminement de flux multimédia :

D'une part, le contrôle de flux ; les signaux de début ou de fin de communication entre autres, et, d'autre part, la nécessité de réserver de la bande passante pour que le flux ne soit pas interrompu étant donné sa criticité.

# I. 19. Notion de qualité de service

Le terme QoS (acronyme de « Quality of Service », en français : « Qualité de Service ») désigne la capacité à fournir un service (notamment un support de communication) conforme à des exigences en matière de temps de réponse et de bande passante. Appliquée aux réseaux à commutation de paquets (réseaux basés sur l'utilisation de routeurs).

La QoS désigne l'aptitude à pouvoir garantir un niveau acceptable de pertes de paquets, définit contractuellement, pour un usage donnée (voix sur IP, vidéoconférence, etc.).

En effet, contrairement aux réseaux à commutation de circuits, tels que les réseaux téléphoniques commutés, où un circuit de communication est dédié pendant toute la durée de la communication, il est impossible sur Internet de prédire le chemin emprunté par les différents paquets. Ainsi, rien ne garantie qu'une communication nécessitant une régularité du débit puisse avoir lieu sans encombre. C'est pour cela qu'il existe des mécanismes, dit mécanismes de QoS, permettant de différencier les différents flux du réseau et réserver une partie de la bande passante pour ceux nécessitant un service continu, sans coupure.

**Niveaux de service** : le terme « niveau de service » (en anglais *Service Level*) définit le niveau d'exigence pour la capacité du réseau à fournir un service point à point ou de bout en bout. Avec un trafic donné on définit généralement trois niveaux de QoS :

- *Meilleur effort* (en anglais « best effort »), ne fournissant aucune différenciation entre plusieurs flux réseaux et ne permettant aucune garantie. Ce niveau de service est ainsi parfois appelé *lack of QoS*. Il correspond à un taux de perte de paquets compris entre 10% et 25%.
- *Service différencié* (en anglais « differenciated service ou soft QoS »), permettant de définir des niveaux de priorité aux différents flux réseau sans toutefois fournir une garantie stricte. Ce niveau a pour taux de perte inférieur à 10%.
- *Service garanti* (en anglais « garanted service ou hard QoS »), consistant à réserver des ressources réseau pour certains types de flux. Le principal mécanisme utilisé pour obtenir un tel niveau de service est RSVP (en anglais « Resource reSerVation protocol, traduit en « protocole de réservation de ressources »). Les pertes de paquets se limitent à quelques %.

# I. 20. Les facteurs affectant la qualité de la voix

## I. 20.1. Codecs

L'objectif d'un codec est la transformation d'un signal analogique vers un signal numérique et vice-versa. Ici, le codec transforme donc le signal de la voix en

données numériques facilement transportables sur un réseau. Après transport, le même codec se charge de retransformer le signal numérique vers un signal analogique.

Il existe une différence majeure permettant de classer les codecs existants dans deux catégories : les codecs sans pertes (‘lossless’) et les codecs avec pertes (‘lossy’).

Dans un codec lossless, tout signal est transformé en binaire et le décodage restitue des données parfaitement identiques à celles données en entrée.

Dans un codec lossy, certaines parties du signal sont écartées et supprimées. Dans l’exemple de la voix, l’oreille humaine rencontre ses limites lorsqu’il s’agit d’écouter des fréquences trop basses ou trop hautes. Les codecs avec pertes (aussi appelés destructeurs) tirent parti de ce phénomène. Les sons dans les fréquences hautes ou basses sont tronqués pour diminuer la quantité d’information à transmettre. L’exploitation des particularités de l’oreille humaine s’appelle la psycho acoustique. Pour la VoIP, plusieurs codecs peuvent servir. Voici leurs détails :

## I. 20.1.1. G.711

Ce codec est le premier à avoir été utilisé dans la VoIP. Même s’il existe maintenant des codecs nettement plus intéressants, celui-ci continue d’être implémenter dans les équipements à des fins de compatibilité entre marques d’équipements différentes. Le principe utilisé est le codage du signal selon une échelle logarithmique. Pour cela deux lois différentes sont utilisées selon les pays. Aux USA et au Japon, il s’agit de la loi μ alors que dans le reste du monde, il s’agit de la loi A. Ces deux lois sont quasiment identiques cependant, ce codec produit un flux d’une taille de 64Kbit/s et le score MOS qu’il a obtenu est de 4,2 ce qui en fait un codec de bonne qualité de restitution. La partie du spectre de fréquence au dessus de 4KHz est cependant éliminée.

## I. 20.1.2. G.722

A la différence du G.711, ce codec transforme le spectre jusqu'à 7KHz ce qui restitue encore mieux la voix. Les débits que ce codec fournit sont 48,56 ou 64Kbit/s. Une des particularités est de pouvoir immédiatement changer de débit. Ceci est fortement appréciable lorsque la qualité du support de transmission se dégrade.

## I. 20.1.3. G.722.1

Dérivé du codec précédent, celui-ci propose des débits encore plus faibles (32 ou 24Kbits/s). Il existe même des versions propriétaires de ce codec fournissant un débit de 16Kbit/s.

## I. 20.1.4. G.723.1

C’est le codec par défaut lors des communications à faible débit. Deux modes sont disponibles. Le premier propose un débit de 6,4Kbit/s et le deuxième un débit de 5,3Kbit/s. Là aussi, le changement de mode peut se faire en pleine communication.

Ce codec est un parfait exemple de codec à perte. Les tonalités DTMF (utilisée par exemple lors d’un appel à un serveur vocal lorsque l’on appuie sur les touches) ne sont

pas correctement retransmises et donc non reconnues. Les scores MOS varient entre 3,7 et 3,9.

## I. 20.1.5. G.729

Ce codec est avec G.723 un des plus utilisés en VoIP. A l'instar de ce dernier, il ne convient pas pour des transmissions autres que la voix et ne retransmet pas correctement les tonalités DTMF. Le score MOS obtenu est 4.0.

## I. 20.2. Le délai de transit

Le délai de transit (ou *end-to-end Delay* dans la dénomination anglo-saxonne) est un des paramètres critiques influençant fortement la QoS d'un service de voix IP. C'est ce que va mettre en moyenne un paquet IP contenant un échantillon de voix pour traverser l'infrastructure entre deux interlocuteurs. Ce temps de transit comporte quatre composantes :

- Le délai d'échantillonnage
- Le délai de propagation
- Le délai de transport
- Le délai de buffers de gigue

## I. 20.3. La gigue

La gigue est la variance statique du délai de transmission. En d'autres termes, elle mesure la variation temporelle entre le moment où deux paquets auraient dû arriver et le moment de leur arrivée effective. Cette irrégularité d'arrivée des paquets est due à de multiples raisons dont : l'encapsulation des paquets IP dans des protocoles supportés, la charge du réseau à un instant donné, la variation des chemins empruntés dans le réseau, etc.

Pour compenser la gigue, on utilise généralement des mémoires tampons (buffer de gigue) qui permettent de lisser l'irrégularité des paquets. Malheureusement ces paquets présentent l'inconvénient de rallonger d'autant le temps de traversée global du système. Leur taille doit donc être soigneusement définie, et si possible de manière dynamique aux conditions du réseau.

La dégradation de la qualité de service due à la présence de gigue, se traduit en fait, par une combinaison des deux facteurs cités précédemment : le délai et la perte des paquets ; puisque d'une part on introduit un délai supplémentaire de traitement (buffer de gigue) lorsque l'on décide d'attendre les paquets qui arrivent en retard, et

que d'autre part on finit tout de même par prendre certains paquets lorsque ceux-ci ont un retard qui dépasse le délai maximum autorisé par le buffer.

## I. 20.4. Erreur de séquence

Des switchs congestionnés peuvent entrainer des déviations de chemins des paquets pour arriver à la même destination. Les paquets arrivent alors en désordre provoquant un discours déformé.

## I. 21. Avantages de la VoIP

**Réduction des coûts opérationnels**

- Moyennant un déploiement de qualité, la voix sur IP au sein de l'entreprise permet de réaliser des économies de câblage et de frais de maintenance liés à ce dernier.
- La téléphonie sur IP hérite des caractéristiques de déploiement des réseaux informatique sur laquelle elle repose (« multipoint » et « multiplexé ») :
- Vous pouvez connecter à un réseau informatique plusieurs serveurs et ordinateurs simultanément, et la prise sur laquelle est connectée l'équipement n'a finalement pas d'importance. Ainsi, et tout à l'inverse des centraux (PABX) classiques et de leur câblage dédié « point-à-point », vous pouvez donc lorsque vous optez pour un central VoIP, installer un poste téléphonique sur n'importe quelle prise réseau. C'est le poste téléphonique, en collaboration avec le central, qui défini sa configuration (numéro d'extension), et non le câble sur lequel il est connecté. Cela apporte une grande souplesse lors du déploiement de nouveaux postes ou lors de déplacements de postes. Le poste téléphonique suit simplement la personne.
- Il est courant d'étendre un réseau informatique moderne en plaçant le nouveau matériel là où le plus de connexions seront nécessaires, évitant ainsi la mise en place d'une multitude de longs câbles dédiés à un seul accès, courant en parallèle vers une aile, un second bâtiment ou une annexe. Un seul câble entre les ailes ou les bâtiments suffit. L'économie de câblage et de frais d'installation est donc substantielle dans de telles situations, surtout lorsque le câblage est déjà en place ou du moins prévu pour l'informatique.

**Réduction des coûts de communication**

- Vers les réseaux téléphoniques publics : au niveau national, le déploiement des technologies IP permet aux opérateurs de réduire leurs propres coûts, favorise leur apparition et ainsi la concurrence. De nombreux opérateurs, historiques ou émergeants, disposent maintenant de points de connexion accessibles sur internet via les protocoles VoIP, et proposent des tarifs vers tous réseaux nationaux beaucoup plus avantageux que les opérateurs dits « terrestres ». Les centraux VoIP s'intègrent nativement avec les services de ces opérateurs. Par ailleurs, comme ces opérateurs peuvent directement s'interconnecter via le

réseau internet, sans contrainte de distance ou de frontière, l'économie est encore plus marquée pour les destinations internationales.

- Le cas échéant, entre les différents sites de l'entreprise et les télétravailleurs : les offres d'accès internet large bande tendent de plus en plus vers des forfaits fixes, virtuellement illimités, et proposent des débits de plus en plus importants pour un prix de plus en plus bas. Comme expliqué plus haut, les communications sur IP demandent relativement peu de bande passante. Il est donc possible de mettre en place son propre réseau privé de communication entre plusieurs sites de l'entreprise, et/ou domiciles de télétravailleurs, en passant par le réseau internet. Les communications entre ces derniers sont alors gratuites. Seule une connexion internet, généralement déjà présente et au prix fixe et sans surprise, est nécessaire.
- Les centraux VoIP proposent des passerelles standardisées avec pratiquement toutes les interfaces existantes vers les réseaux publiques : lignes analogiques classiques résidentielles, lignes numériques ISDN2 (BRA) ou ISDN30 (PRA) professionnelles, ou encore réseaux mobiles (« Simbox »). La plupart des centraux VoIP, telles que ceux que nous proposons, sont capables de déterminer au cas par cas le chemin le plus économique pour joindre un correspondant (« least cost routing »). L'utilisation d'une Simbox permet ainsi de réaliser automatiquement des économies très importantes pour les appels vers les réseaux mobiles, tout particulièrement en présence d'abonnements de flotte.

**Réduction des coûts d'abonnement**

- L'utilisation de la téléphonie sur IP permet d'optimiser l'utilisation de votre connexion internet, et donc mieux en rentabiliser le coût. En effet, la capacité d'une connexion internet large bande n'est souvent au maximum exploitée que de façon ponctuelle. Moyennant la mise en place de mécanismes de priorité afin de garantir une bonne qualité de communication durant ces pics d'utilisation ponctuelle, l'excédent de capacité peut être exploité.
- De même, l'utilisation d'une solution VoIP pour émettre ou recevoir des appels permet, selon les besoins et selon la fiabilité de l'opérateur choisi, de supprimer une partie ou l'ensemble des frais fixes liés aux abonnements mensuels de lignes téléphonique.

**Flexibilité et productivité accrue**

- Grâce à l'utilisation de « softphones » installés sur leur ordinateur portable, les collaborateurs restent joignables sur leur extension interne, même en déplacement ou à domicile, sans frais supplémentaire dès qu'ils disposent d'une connexion internet.
- Grâce à la messagerie unifiée, les utilisateurs peuvent recevoir leurs messages vocaux et fax directement dans leur boite email. De même ils peuvent directement émettre des fax depuis leur pc, même à distance.

**Intégration avec l'informatique (« CTI »)**

- Les solutions natives VoIP tenant plus de l'informatique que de l'électronique comme on la connait dans les solutions de téléphonie classiques, le flux des communications peut être intégré aux processus de traitement des données : nous proposons non seulement des intégrations courantes standardisées (« voicemail2email », « fax2email », panel opérateur pour réceptionniste ou call center, client CTI avec liaison sur une base de données clients, « click2call », génération de statistiques, logiciels d'audit ou de refacturation, …), mais sommes également en mesure de réaliser toute intégration spécifique sur mesure (campagnes d'appels, campagnes de fax, impression sélective, actions de télémarketing et menus interactifs dynamiques, archivage massif de communications ou fax sur un serveur de l'entreprise, …).
- Pour la même raison, l'administration et la programmation du central ne nécessite pas un équipement spécifique et ne demande pas de faire systématiquement appel à un technicien. Un simple ordinateur connecté au réseau est suffisant car le programme administration consiste en un site web hébergé sur le serveur. L'administrateur peut à volonté reprogrammer le central pour l'adapter aux modifications de la société. Ceci peut même être fait à distance, que ce soit pour enclencher manuellement un répondeur oublié la veille d'un jour férié, ou pour reprogrammer complètement un central situé sur un autre site.

**Systèmes ouverts et indépendance**

- La grande majorité des centraux VoIP récentes se basent sur le protocole standard et non propriétaire SIP. Il est donc possible de connecter au central des téléphones ou passerelles d'une multitude de fabricants et fournisseurs, actuels ou futurs. L'entreprise qui choisit un système VoIP a ainsi l'assurance de ne pas être implicitement liée à un fournisseur de matériel et de pouvoir en changer si le besoin s'en fait sentir.

Les centraux développés par Wipecom sont en outre basées sur le logiciel Open Source Asterisk®, référence incontestée depuis plus de dix années dans ce domaine. Une multitude de sociétés tierces fournissent des produits et services compatibles avec ce logiciel, et sont capables d'en assurer le support. Au delà du fournisseur de matériel, l'entreprise peut changer de prestataire sans perdre son investissement.

# I. 22. Conclusion

On conclue dans ce chapitre que la raison d'utiliser la VoIP est principalement la possibilité d'envoyer l'information sous forme de paquets, ce qui nous permet de combiner les différents types d'informations sur le même réseau de transport, par le biais d'un certain nombre de protocoles qui définissent l'architecture correspondant à ce réseau. La notion de la qualité de service nous indique le seuil de la perte provoquée par le délai supplémentaire introduit lors de la congestion du buffer, ce qu'on appelle aussi la gigue.

# II. 1. Introduction

Pour réaliser une infrastructure de téléphonie, il faut avoir recours à de nombreux éléments matériels et logiciels, parfois incompatibles ensemble, la prudence s'impose donc et ce, avant d'effectuer les investissements nécessaire.

Concevoir une plate-forme VoIP basée sur un IPBX logiciel Open Source comme solution à notre problématique nous pousse à étudier les différents IPBX existants et à en choisir le plus avantageux.

Ce chapitre est consacré essentiellement à l'étude, la conception et la représentation de notre solution qui portera sur l'IPBX choisi et les matériaux utilisés.

# II. 2. Solution proposée

L'utilisation d'un support VSAT nous pousse à placer notre IPBX à LAKHDARIA, où se trouve le HUB central DVB-RCS qui est le centre de toutes communications entre différents sites.

La figure II.1 illustre l'architecture de notre proposition. Comme on peut le voir, notre IPBX est implémenté parallèlement au CCM, de cette manière on aura un partage des clients entre les deux IPBX. Un client pilote pourra ainsi être déclaré sur notre IPBX alors que d'autres clients sont déclarés sur le CCM.

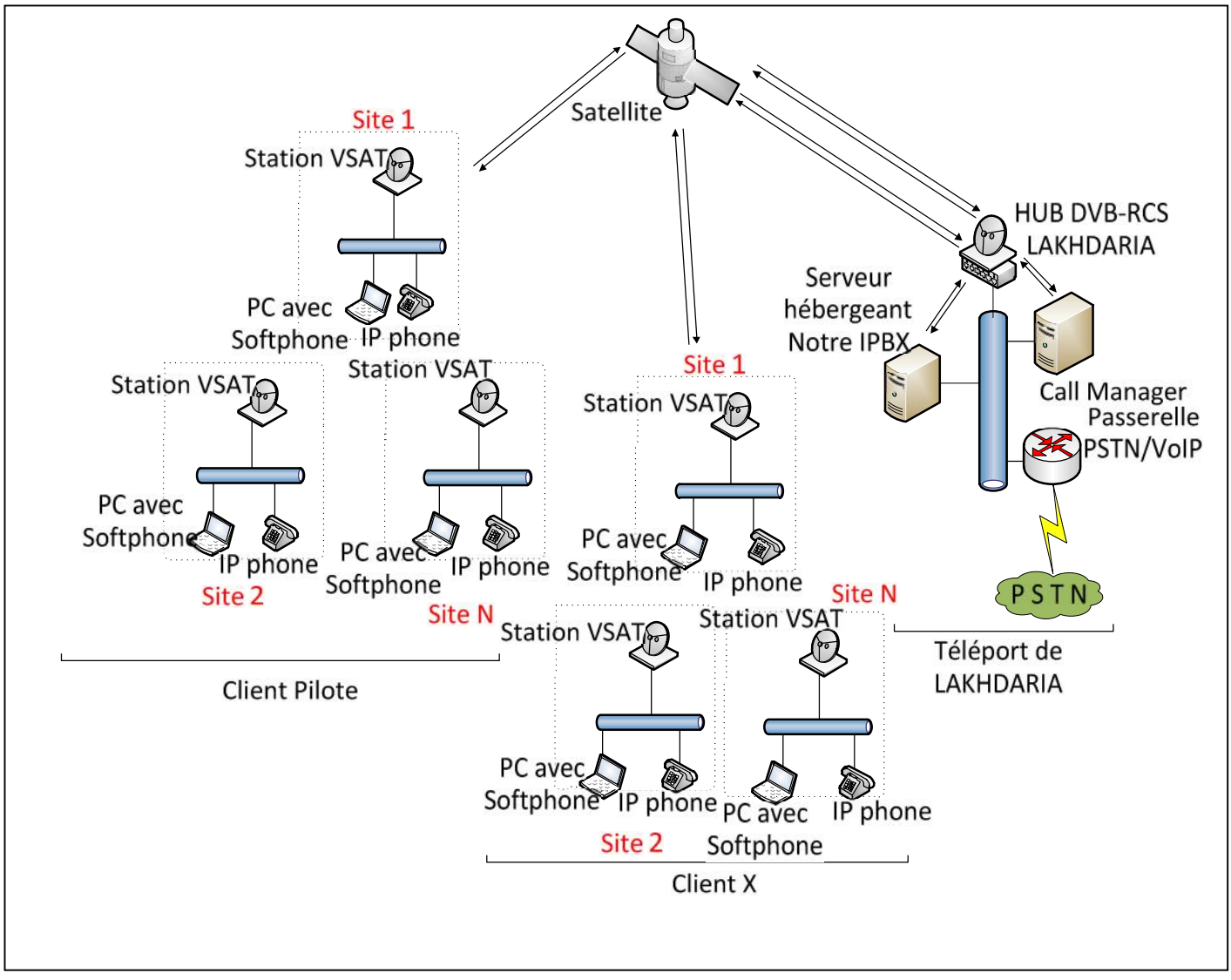


**Figure II.1** : Plate-forme Proposée

L'interconnexion au réseau PSTN est mise en place au niveau de téléport de LAKHDARIA ; de cette manière tout utilisateur de notre réseau peut appeler et recevoir des appels de l'extérieur.

## II. 3. Etude sur les IPBXs

Cet équipement IPBX est ce qu'on appelle un autocommutateur. Il permet de créer au sein d'une structure (entreprise, administration…) un réseau téléphonique fonctionnel permettant d'interconnecter chacun des utilisateurs de ce réseau.

Vu le nombre d'IPBX existant sur le marché, notre étude portera sur les plus célèbres, à savoir : **Asterisk**, **SIPx** et **YATE**.

## II. 3.1. Asterisk

Asterisk fût le premier projet d'IPBX Open Source à voir le jour, il est aujourd'hui le projet le plus abouti et celui qui possède la plus grande communauté de développement.

Il est compatible avec la majorité des softphones et avec plusieurs hardphones du marché et s'interface avec le réseau public. Le plan de numérotation est totalement paramétrable. De plus Asterisk emploie des protocoles standards SIP et RTP, le standard IAX qui lui permet de s'intégrer au sein de toute architecture. Asterisk peut inter-opérer avec quasiment tous les équipements standards de téléphonie, il offre la possibilité de téléphoner depuis l'extérieur du réseau.

**Nous retenons Asterisk comme un choix possible.**

## II. 3.2. SIPx

SIPx est un logiciel complet et sérieux d'IPBX, il possède les mêmes possibilités qu'un PABX traditionnel. Souvent comparé à Asterisk, il est son meilleur concurrent et il intègre un grand nombre de fonctions.

**Nous retenons SIPx comme un autre choix possible.**

## II. 3.3. YATE

YATE est un logiciel d'origine roumaine dont l'acronyme signifie : Yet Another Telephony Engine. Développé pour fonctionner sous Windows, il a été porté sur les systèmes Linux.

YATE peut être utilisé à la fois en tant que client ou serveur. Le mode client est un softphone. Il peut réaliser la fonction de passerelle entre le réseau public et le réseau IP ou entre un PC et un téléphone. YATE utilise le protocole RTP pour le transport des données mais aussi IAX.

On retiendra une faible documentation existante sur YATE et la non-conformité avec le protocole SIP.

**Nous pensons donc qu'il ne faut pas retenir YATE pour la réalisation de notre projet.**

## II. 3.4. Tableau comparatif

| | SIPx | YATE | Asterisk |
|---|---|---|---|
| **Utilisation de SIP et RTP** | OUI | OUI | OUI |
| **Compatibilité Softphone** | OUI | OUI | OUI |
| **Numérotation à 4 chiffres** | OUI | OUI | OUI |
| **Documentation** | OUI | FAIBLE | OUI |
| **Protocoles supportés** | SIP | SIP (basé sur une pile SIP propre à YATE) | SIP, IAX, H.323, SCCP,… |

**Tableau II.1** : Comparaison entre Asterisk, SIPx et YATE

## II. 4. Étude des différents serveurs de communication Open Source (IPBX)

Dans l'industrie des télécommunications, on désigne par PABX IP (PBX IP ou encore IPBX) un autocommutateur téléphonique privé utilisant le protocole internet (IP) pour gérer les appels téléphoniques d'une entreprise, en interne sur son réseau local (LAN). Couplé à des technologies de voix sur IP, les communications téléphoniques peuvent être acheminées sur le réseau étendu (WAN) de l'entreprise.

Cette étude a pour objet la comparaison des différents IPBX Open Source existants. Elle permet de voir et de comparer les caractéristiques de ces IPBX afin d'en retenir un que nous utiliserons pour réaliser une maquette. Cette étude doit pouvoir démontrer quel est l'IPBX le plus adapté à notre étude.

Pour commencer voici les caractéristiques communes à tous ces IPBX :

- **service de nommage par alias** : Associe un alias à un numéro de téléphone. Cette fonction fait parti du serveur de communication et est configurée via la page web du serveur de configuration ou ligne de commande
- **Configuration et management par page Web** : Le serveur de configuration est utilisé pour configurer les téléphones, les Gateways, les utilisateurs et les fonctions du système. On peut aussi visualiser et contrôler l'état du système.
- **Contrôle des appels** : Cette fonction du serveur proxy d'authentification autorise ou non un utilisateur ou un téléphone à appeler le numéro demandé. Pour cela, elle contrôle le numéro demandé ainsi que les droits de l'utilisateur.
- **Call pick up** : En utilisant un préfixe spécial, un téléphone peut répondre à un appel d'un autre téléphone qui est en train de sonner.

- **Mise en attente** : Un téléphone peut transférer un appel vers le service de mise en attente qui joue une musique d'attente. Un autre téléphone peut rapatrier cet appel en utilisant un préfixe spécial.
- **Importation de fichiers CSV** : Le serveur de configuration peut importer des fichiers CSV afin de simplifier l'ajout d'un grand nombre de téléphones et d'utilisateurs.
- **Transfert d'appel** : Les utilisateurs peuvent, via l'interface Web du serveur SIPX, désigner un téléphone vers lequel seront transférer leurs appels.
- **Groupes d'appels (hunt groups)** : Permet de créer un numéro qui regroupe des téléphones à faire sonner de manière séquentielle ou parallèle.
- **Indication de nouveaux messages** : Apporte une indication visuelle sur l'écran des téléphones de la présence de nouveaux messages sur la boite vocale.

➢ **Fonctionnalités dédiées aux utilisateurs**

- **Transfert d'appel** : Le transfert d'appel parallèle ou série est possible vers des numéros internes ou externes.
- **Mise en attente** : Les appels peuvent être mis en attente puis récupérés.
- **Présentation du numéro** : Le numéro de l'appelant s'affiche sur l'écran du téléphone.
- **Conférence** : La conférence entre plusieurs utilisateurs est possible.
- **Indication de nouveaux messages** : Apporte une indication visuelle sur l'écran des téléphones de la présence de nouveaux messages sur la boite vocale.
- **Double appel** : Plusieurs appels peuvent être gérés en même temps sur une même ligne. L'utilisateur bascule entre les appels.
- **Appel multi postes** : Un même appel peut faire sonner simultanément plusieurs postes. Celui qui décroche en premier prend l'appel.
- **Contrôle de numérotation** : Permet de détecter quand un utilisateur a terminé de numéroter.

➢ **Fonctionnalités de la messagerie vocale**

- **Portail Web** : La messagerie peut être accédée en utilisant un navigateur Internet ou en utilisant son téléphone. Chaque utilisateur possède son propre espace sur la messagerie.
- **Listes de diffusion** : Les messages peuvent être transférés vers des listes de diffusion que l'utilisateur a définie.
- **Notification par courriel** : Les messages peuvent être transférés vers une ou plusieurs boites de courrier électronique. Les utilisateurs peuvent configurer les adresses de destination.

- **Création de répertoires personnels** : Les messages peuvent être organisés dans des répertoires créés par l'utilisateur. Les messages effacés sont supprimés automatiquement par le système après un nombre de jours défini.
- **Annonce d'accueil** : Les utilisateurs peuvent personnaliser l'annonce d'accueil de leur messagerie.
- **Messagerie directe** : Il est possible d'être directement transféré vers la messagerie du destinataire en utilisant un préfixe spécial.

## II. 5. IPBX choisi

Au terme de nos recherches, seuls deux IPBX Open Source semblent intéressants : Asterisk et SIPx. Après analyse et débat, on préconise Asterisk pour implémenter notre solution, il a de plus larges possibilités protocolaires ; de plus, Asterisk possède une interface d'administration globale qui facilité sa configuration et reste l'IPBX le plus utilisé.

Asterisk est un IPBX (autocommutateur téléphonique IP) Open Source. Il a été créé en 1999 par Mark Spencer et a été le support de lancement de la société Digium. Il permet à des terminaux ToIP de communiquer entre eux en utilisant différents protocoles de communications, comme SIP, IAX, … Il implémente les services téléphoniques traditionnels (renvois et transfert d'appels, Ne Pas Déranger, boîte vocales, …) et les services avancés (messagerie unifiée, centre d'appel, …). Il permet en outre de passer du monde IP vers les réseaux téléphoniques publics (RTC / 2G-3G) par l'adjonction de cartes ou de boîtiers passerelles.

Asterisk peut aussi être couplé à une base de données, type MySQL, afin de stocker les utilisateurs et les leurs profils.

### II. 5.1. Etude d'Asterisk

#### a) Présentation

Asterisk a été créé par Mark Spencer qui est aussi le fondateur de la société DIGIUM.

Il y a encore quelques temps, personne n'avait entendu parler d'Asterisk. Seul un cercle très fermé de puristes de la VoIP le connaissait. Aujourd'hui, Asterisk est prononcé par toutes les langues.

Asterisk est le projet IPBX Open Source qui possède la plus grosse communauté de développeurs. Il est facile de trouver sur Internet des packages ajoutant des fonctionnalités ou de télécharger des fichiers de configuration. La documentation y est aussi très présente.

Asterisk est compatible avec les protocoles VoIP du moment à savoir H323, MGCP, SIP et aussi IAX2 (Inter Asterisk Exchange). Ce dernier assure à Asterisk le transport de la voix et des données à travers un réseau IP en surmontant les problèmes souvent associés aux autres protocoles tels que SIP, à savoir les problèmes classiques rencontrés avec les NAT. Le point faible d'IAX est qu'il est jeune et non standardisé.

En plus d'être compatible avec l'essentiel des protocoles VoIP, Asterisk est connu pour supporter également tout type d'équipement VoIP. Il supporte aussi les protocoles TDM et peut s'intégrer au sein de tout type d'entreprise, quelque soit l'infrastructure.

### b) Caractéristiques

Asterisk possède toutes les fonctionnalités que l'on attend d'un IPBX.

- Auto redémarrage lors d'une coupure : Le démarrage d'Asterisk lance tous les processus associés ainsi que toutes les dépendances.
- DND : Do Not Disturb, cela permet à un interlocuteur de ne pas être dérangé ce qui met le téléphone directement sur messagerie.
- FAX : Possibilité d'envoyer et de recevoir des Fax.
- Text-To-Speech : Système de synthèse de la parole : ce module permet donc de lire un texte. Il ne prend en compte que la langue anglaise pour le moment.
- SMS Messaging : Capable d'envoyer et recevoir des SMS.

Asterisk possède un grand nombre de fonctionnalités. Certaines font très « gadgets », mais les autres apportent un véritable plus par rapport à de la simple téléphonie. Cela montre que le projet a été beaucoup travaillé.

- **Interface SOAP** : Le serveur de configuration fournit une API SOAP pour une intégration aisée dans un intranet d'entreprise.
- **Planification de sauvegardes** : Le serveur de configuration apporte une solution automatisée de sauvegarde de la configuration du serveur et des messages de la boite vocale.
- **Sécurité du système** : SIPX est sécurisé grâce à un accès en SSL des pages Web. La signalisation Secure SIP est utilisée pour enregistrer, de manière sécurisée, les téléphones.

## II. 5.2. Architecture d'Asterisk

Asterisk est conçu pour un maximum de flexibilité. Pour cela des API (Application Programming Interface ou interface de programmation) spécifiques sont définies autour d'un noyau central de communication. Le noyau s'occupe des interconnexions internes du PABX IP, sans tenir compte des protocoles codecs et du

matériel utilisés, ce qui autorise Asterisk à utiliser tout le matériel et les technologies appropriés déjà existants ou futurs.

## II. 5.3. Les Fonctions du noyau

- **Commutateur (PBX Switching)** : connecte de façon transparente les appels arrivants sur diverses interfaces matériels et logiciels.

- **Lanceur d'applications (Applications Launcher)** : lance les applications qui fournissent des services aux usagers, comme la messagerie vocale, la lecture de fichiers audio et le listage de répertoires.

- **Transcodeur de codecs (Codec Translator)** : utilise des modules de codecs pour l'encodage et le décodage de différents formats de compression audio utilisés dans l'industrie téléphonique. Un certain nombre de codecs sont disponibles pour palier aux divers besoins et arriver au meilleur équilibre entre la qualité audio et l'utilisation de la bande passante.

- **Planificateur et manager I/O (Scheduler and I/O Manager)** : gère la planification des tâches de bas niveau et la gestion du système pour une performance optimales sous toutes les conditions de charges.

## II. 5.4. Les APIs (Interface de programmation d'Applications)

Quatre (04) APIs sont définies pour le chargement des modules, facilitant ainsi l'abstraction du noyau pour le matériel et les protocoles utilisés. En utilisant ce système de chargement de module, le noyau d'Asterisk n'a pas à se soucier des détails sur la connexion des appels, les codecs utilisés… etc.

- **L'API Channel (Channel API)** : gère le type de connexion sur lequel l'appel arrive, que se soit un lien de type VoIP, RNIS, analogique ou toutes autres technologies. Des modules dynamiques sont chargés pour s'occuper des détails de connexions des couches de bas niveau.
- **L'API application (Application API)** : autorise le lancement de différents modules de tâches pour exécuter de nombreuses fonctions : conférence, annuaire, messagerie vocale, transmission de données intégrées et toutes autres tâches qu'un PABX peut accomplir par ces modules distincts.

- **L'API transcodeur de codec (Codec Translator API)** : charge les modules de codecs pour supporter divers formats d'encodage et décodage audio comme le GSM.

- **L'API format de fichier (File Format API)** : permet la lecture et l'écriture de plusieurs formats de fichier pour le stockage des données dans le système de fichiers.

## II. 6. Protocole utilisé

On préconise l'utilisation du protocole SIP pour implémenter notre solution, il présente beaucoup plus d'avantage que les autres protocoles, vu qu'il est relativement simple avec une syntaxe similaire à d'autres protocoles familiers comme « http » basé sur un système de requête/réponse. Au niveau sécurité, SIP propose un système de transport sécurisé et encrypté, utilisé pour garantir une communication entre l'appelant et le domaine de l'appelé.

SIP a été quelque peu laissé de côté, il ne semblait pas pouvoir rivaliser avec le géant H.323. Cependant il a gagné en popularité actuellement au vu de sa capacité de transporter bien plus que la voix sur IP, notamment de la vidéo, de la musique, et n'importe quel type de multimédia en temps réel.-

## II. 7. Matériaux utilisés

### II. 7.1. IPBX matériel (configuration serveur)

Il s'agit en fait d'un ordinateur ou plus exactement d'un serveur (Dell, HP, IBM, Supermicro…) qui va héberger l'IPBX logiciel (Asterisk ou autre) et matériel (système d'exploitation, mémoire, carte de communication VoIP, carte réseau, disque dur, processeur …)

ATS dispose d'un serveur HP proliant DL380 G5 pour héberger notre IPBX logiciel Open Source (Asterisk), avec les caractéristiques suivantes :

- Type de processeur : processeur Intel®Xeon® 5060 bicœur a 3.20 GHz.
- Mémoire cache : 2Mo.
- Mémoire en standard : 6Go de RAM.
- Nombre de disque durs : 1disque dur de 146 Go.

### II. 7.2. Passerelle PSTN/VoIP

Les passerelles (GATEWAYS) sont des équipements qui permettent d'interconnecter deux réseaux de différentes natures (dans notre cas un réseau

téléphonique classique PSTN et un réseau basé sur IP). Il existe sur le marché plusieurs types de passerelles de différents fournisseurs. ATS dispose déjà d'une Gateway PSTN/VoIP implémentée à sa structure, de marque Cisco et de type Routeur 3825 déjà configurée et fonctionnelle. D'une capacité 2*E1 (2Mbites/s), il peut gérer un trafic de 60 appels simultanés.

## II. 7.3. La carte FXS (Foreign Exchange Station)

Permet de connecter directement sur le routeur un téléphone standard, un fax ou un équipement équivalent. La connectique est de type RJ11, ce type de carte fournit l'alimentation électrique pour la sonnerie.

## II. 7.4. La carte FXO (Foreign Exchange Office)

Elle est équivalente à une interface téléphonique standard et permet de connecter le routeur au réseau téléphonique commuté (PSTN) ou à un IPBX. La connectique est la même que la carte FXS(RJ11), celle-ci ne fournit pas de courant de sonnerie.

## II. 8. Support de transmission

### II. 8.1. Présentation

Opter pour un support satellitaire n'était pas un choix mais une exigence de l'organisme d'accueil. Dans cette portion du chapitre on présente, la topologie VSAT (Very Small Aperture Terminal) qui est associée à notre solution.

La solution VSAT DVB-RCS utilise le satellite *Eutelsat AB3 5° West* dont la zone de couverture est illustrée dans la figure II.2. Les stations VSAT nécessitent un terminal DVB-RCS (Terminal 4100/5100) et une antenne d'un diamètre de 1.2m à 1.8m.

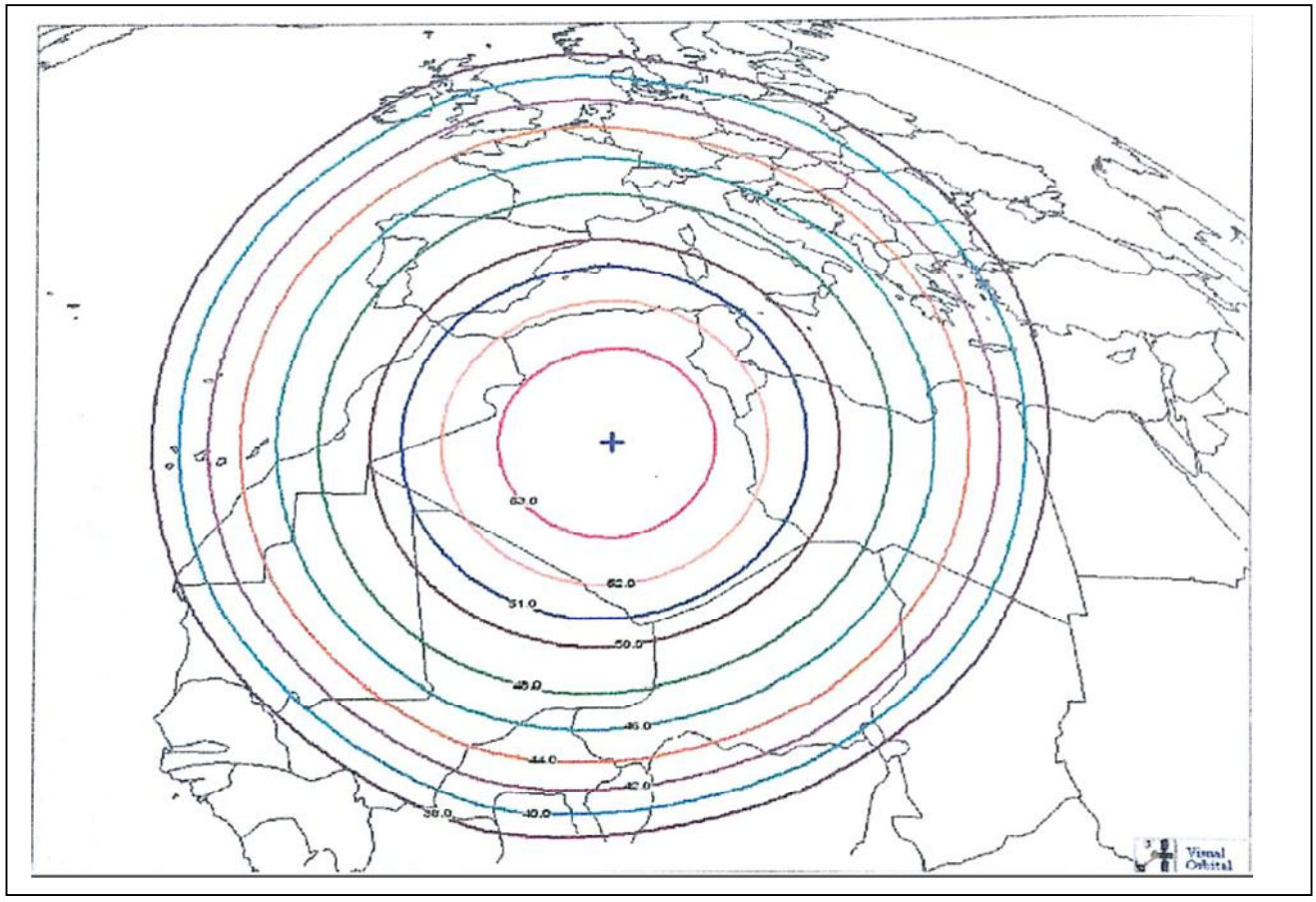


**Figure II.2** : Zone de couverture satellite Eutelsat AB3 5° West

## III. 8.2. Topologie

La topologie utilisée par la norme DVB-RCS est appelée 'STAR', c'est par le HUB DVB-RCS que transite tout type de flux (signalisation/données) à l'inverse de la topologie en 'MESH' où le HUB I-Direct ne s'occupe que de la partie signalisation, ensuite il met en relation les stations VSAT, celles-ci communiqueront alors sans passer par le HUB. Pour notre part on a utilisé la topologie STAR en raison de non disponibilité des terminaux I-Direct.

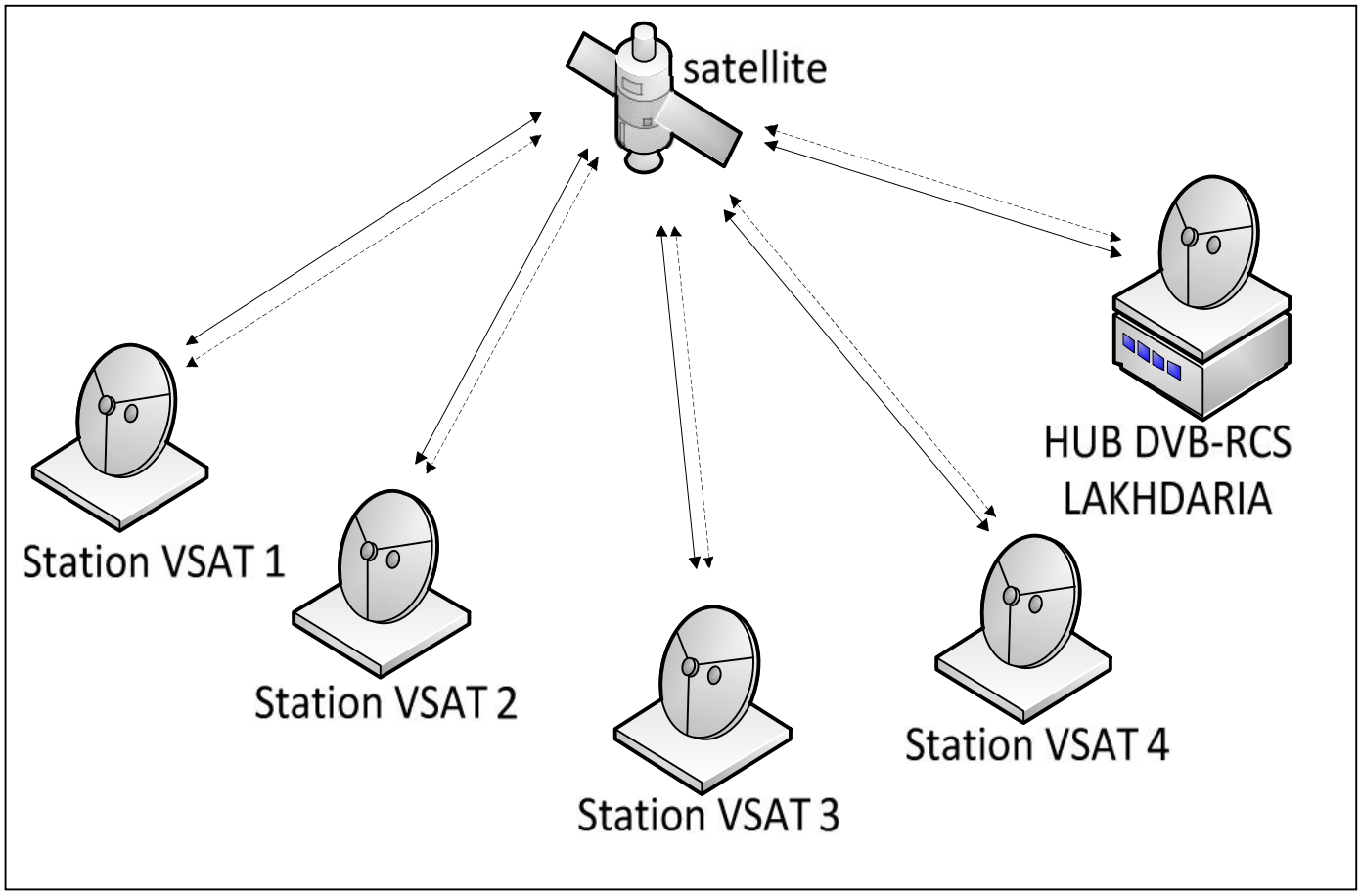


**Figure II.3** : La topologie STAR

## II. 9. Le flux d'appels

La figure II.4 montre les flux de données passant pendant une communication. Pour la mise en relation de deux clients, il y a deux étapes cruciales : la signalisation et le transport de voix.

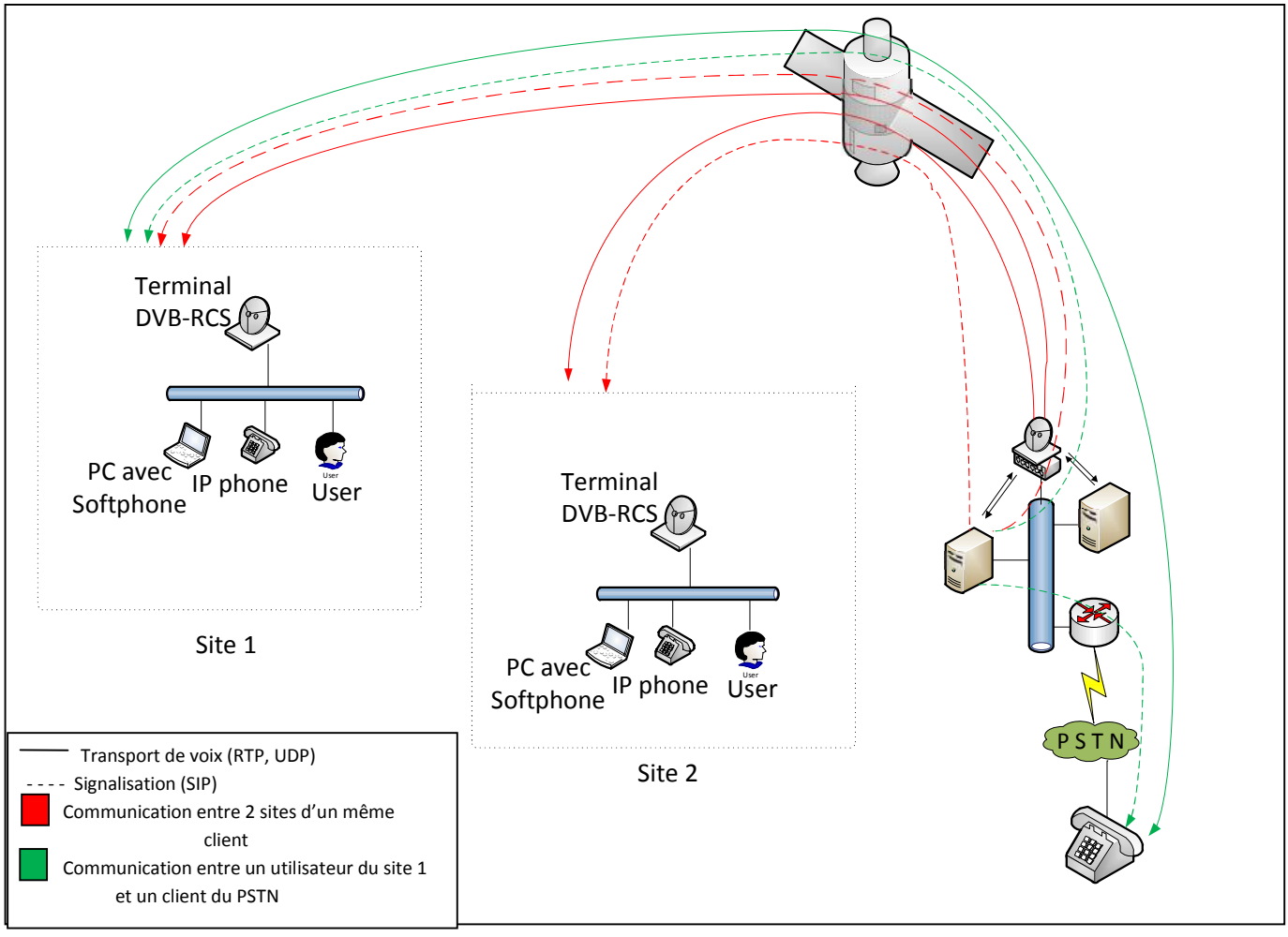


**Figure II.4** : Communication VoIP/VoIP et VoIP/PSTN

La signalisation est très importante dans une communication sur IP, les messages de signalisation sont ceux que l'on envoie pour la mise en relation de deux clients, et qui indiquent que la ligne est occupée, que le téléphone sonne… Cette signalisation se fait à base d'un mécanisme de requête/réponse qui doit passer par le serveur Asterisk alors que le transport de la voix ce nécessite aucun passage par le serveur. En effet, les flux RTP sont échangés directement entre les deux stations.

## II. 10. Conclusion

Selon l'évolution actuelle, tôt ou tard, les entreprises opteront pour une offre de téléphonie IP. Deux solutions sont à envisager pour le fournisseur :

- La première, qui est la plus simple et la plus coûteuse, consiste à implémenter une autre plate-forme totalement indépendante de la solution existante.
- La deuxième, concerne l'implémentation de la plate-forme parallèlement à la solution existante, c'est ce choix que nous avons développé dans ce chapitre de notre projet, et qui consiste à réaliser une plate-forme de téléphonie IP basée sur

une solution Open Source nommée Asterisk. Cette plate-forme permettra d'établir des communications entre un appelant et un appelé suivant différents protocoles.

## III. 1. Introduction

Après l'étude fonctionnelle et technique que nous avons réalisée pour la conception de notre plate-forme, nous allons maintenant passer à la phase d'implémentation de la solution choisie.

Pour assurer une bonne installation**,** nous avons opté pour la solution Virtualbox basée sur Asterisk. Elle est composée de plusieurs éléments majeurs que nous développons dans le présent chapitre.

Ce chapitre porte aussi sur des tests que nous avons effectués sur la plateforme réalisée en incluant les configurations des différents équipements qui la constituent.

## III. 2. PLATE-FORME REALISEE

La figure III.1 montre la plate-forme réalisée au sein de l'organisme d'accueil afin d'accomplir les tests nécessaires. Elle comporte deux sites : le premier est le site d'ATS et le deuxième c'est la passerelle PSTN.

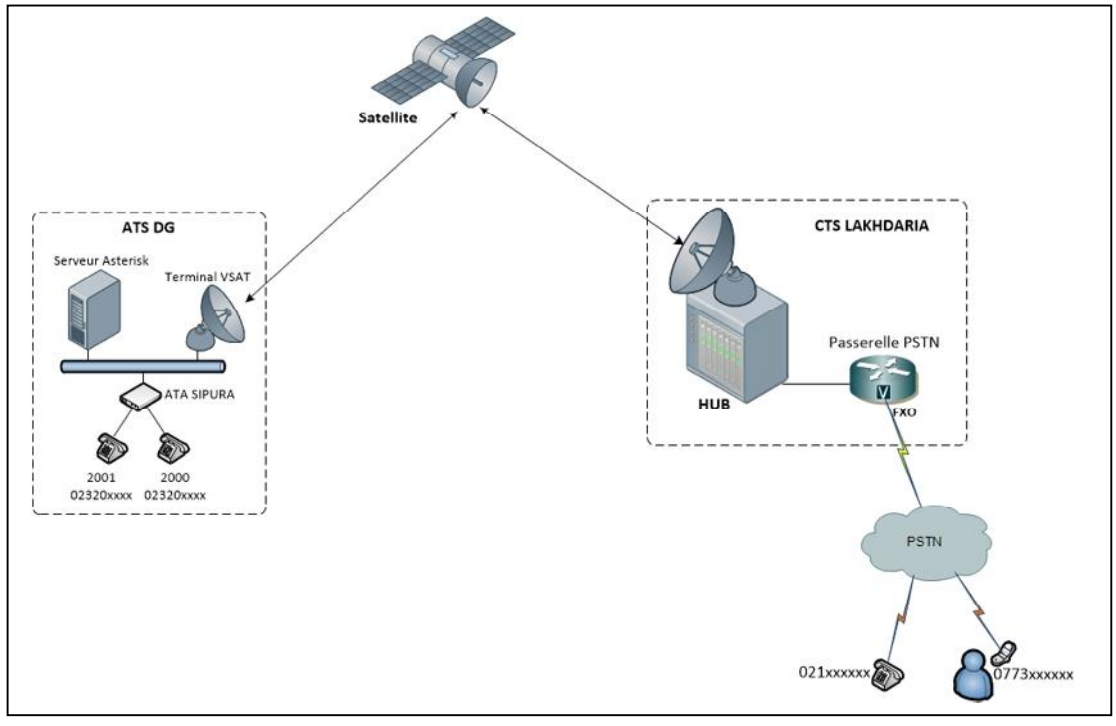


**Figure III.1 : Plate-forme de tests**

## III. 3. Installation du serveur Asterisk

Plusieurs versions d'Asterisk existent sur internet, on peut par exemple installer notre IPBX Asterisk directement sur une distribution LINUX mais pour faciliter l'installation et la configuration de notre serveur, on opte pour la solution « ASTERISKNOW ».

Virtualbox est une distribution Linux, comprenant un ensemble d'éléments permettant de créer facilement un IPBX. L'élément principal est le logiciel Asterisk, entouré d'un ensemble d'autres logiciels (MySQL, Apache,…) pour le gérer.

La force d'ASTERISKNOW réside dans la simplicité de son installation. Il suffit de télécharger le fichier ISO de la distribution à partir du site : http://www.asterisknow.org/ puis graver l'image ISO sur un CD et enfin lancer l'installation.

Une fois l'installation terminée, il faudra affecter l'adresse IP 10.0.2.15 à notre serveur.

## III. 4. Configuration du serveur Asterisk

Pour la configuration d'Asterisk, deux offres s'offrent à nous : la première, c'est d'utiliser l'interface graphique « ASTERISKNOW » accessible par HTTP, la seconde c'est de configurer Asterisk directement en modifiant ses fichiers de configuration tels que le fichier « sip.conf » ou « extensions.conf ». Pour notre part, nous avons choisi la première option pour la simplicité de son utilisation. Mais pour bien comprendre le fonctionnement d'Asterisk, on ne peut négliger la deuxième option ; c'est pour cela qu'on va voir dans un premier temps, l'ajout de client SIP directement sur Asterisk sans passer par l'interface ASTERISKNOW.

### III. 4.1. Configuration via Asterisk

Pour l'ajout d'un client SIP sous Asterisk, au moins deux fichiers doivent être modifiés :

#### a) Le fichier sip.conf

Le fichier sip.conf contient plusieurs sections : une section [general] et autant de sections qu'il y a de clients SIP.

La section [general] contient les paramètres valables pour tous les clients SIP :

```
[general]
Context=default        ; contexte par défaut des clients SIP (en lien avec extensions.conf)
Srvlookup=yes          ; permet de faire des appels basés sur des noms DNS
Port=5060              ; port SIP
Disallow= all          ; désactivation de tous les codecs
Allow=gsm              ; autorisation du codec GSM
Allow= alaw            ; autorisation du codec G711 alaw
Allow=ulaw             ; autorisation du codec G711 ulaw
```

Les autres sections concernent les clients SIP :

Pour mettre au clair l'ajout d'utilisateurs sur le fichier « sip.conf » voici un exemple où on va ajouter un utilisateur :

```
[1000]
username=1000                ; nom de l'extension
type=friend                  ; user pour appel entrant ; peer pour appel sortant ; friend pour les deux
                             ; types d'appel
yes|no|milliseconds          ; permet de vérifier qu'un client est joignable :
qualify=yes                  ; yes signifie un check toutes les 2000 ms (2 secondes)
Secret=3615                  ; mot de passe pour l'authentification du client
nat=no                       ; le client n'est pas derrière un firewall qui natte
host=dynamic                 ; le client s'enregistre lui-même (dynamic|hostname|address IP)
directmedia=no               ; le client ne fait pas de SIP-reinvite (up-date|yes|no) et le flux RTP
                             ; passe par Asterisk
context=appels_ entrants     ; contexte du client 1000
```

**Remarque** : si directmedia=yes, cela signifie que les flux RTP circulent directement entre les téléphones SIP et ne passent pas par Asterisk.

### b) Le fichier extensions.conf

Le fichier « extensions.conf » est toujours composé de sections appelées des contextes.

Le contexte « general » est un contexte spécial défini en début de plan ; il permet de définir des informations qui seront valables dans l'ensemble du plan.

Le contexte « globals » est également un contexte spécial défini en début de plan ; il permet de définir des variables globales au plan, ceci permet d'en apporter une meilleure lisibilité :

```
[general]
static=yes                ; concerne la commande save diaplan
writprotect=no            ; si static=yes et write protect=no, possibilité de sauvegarder le
                          ; diaplan depuis la CLI (la CLI est la console d'affichage des événements d'Asterisk)
autofallthrough=yes       ; permet de raccrocher automatiquement après l'appel
[globals]
VAR=SIP/1001
EMAIL_VAR=directeur@societe.com
```

Par la suite, ces variables pourront être utilisées sous la forme ${VAR}, ${EMAIL_VAR}.

### b.1) les contextes

Chaque contexte définit une portion d'appels qui est ainsi cloisonnée ; ce qui se passe dans cette portion est indépendant des autres portions.

Par exemple :

Le contexte appels_entrants concerne exclusivement le traitement des appels entrants :

```
[appels_entrants]
exten=>2409, 1, Answer ()
exten=>2409, 2, Dial (${VAR})
```

### b.2) Les extensions

Chaque contexte contient une ou plusieurs extensions ou instructions. La syntaxe d'une extension est la suivante :

```
exten=>numéro de l'appel, numéro de priorité, application ( )
```

- numéro de l'appel : c'est l'extension ;
- numéro de priorité : une extension peut inclure plusieurs étapes donc il faut donner des priorités ;
- application ( ) : c'est la fonction qui est déclenchée lorsque l'extension est appelée.

Le terme « extension » signifie « instruction » mais également « poste ».

### b.3) les applications

Les applications ou fonctions font partie intégrante d'Asterisk et sont livrées lors de l'installation de celui-ci.

Voici quelques applications souvent utilisées :

- **Answer ()**

Répond à un canal qui sonne. On l'utilise très souvent comme première application pour une extension.

- **Dial ()**

Application fondamentale qui fait sonner l'extension passée en paramètre.

- **Congestion ()**

Permet de signaler qu'un canal est encombré jusqu'au raccrochage ; cette application ne diffuse pas la tonalité d'encombrement. Il faut pour cela utiliser l'application Playtones (congestion), où congestion est le fichier son joué. L'application Busy () est similaire.

- **Voicemail ()**

Permet d'appeler la boite vocale de l'appelé, l'appelant peut alors laisser un message.

- **Hangup ()**

Permet de raccrocher le canal en cours. Cela permet de libérer un canal proprement.

## III. 4.2. Configuration via l'interface web d'ASTERISKNOW

L'interface web est disponible en se connectant par HTTP via n'importe quel navigateur web à l'adresse *http://10.0.2.15/*.

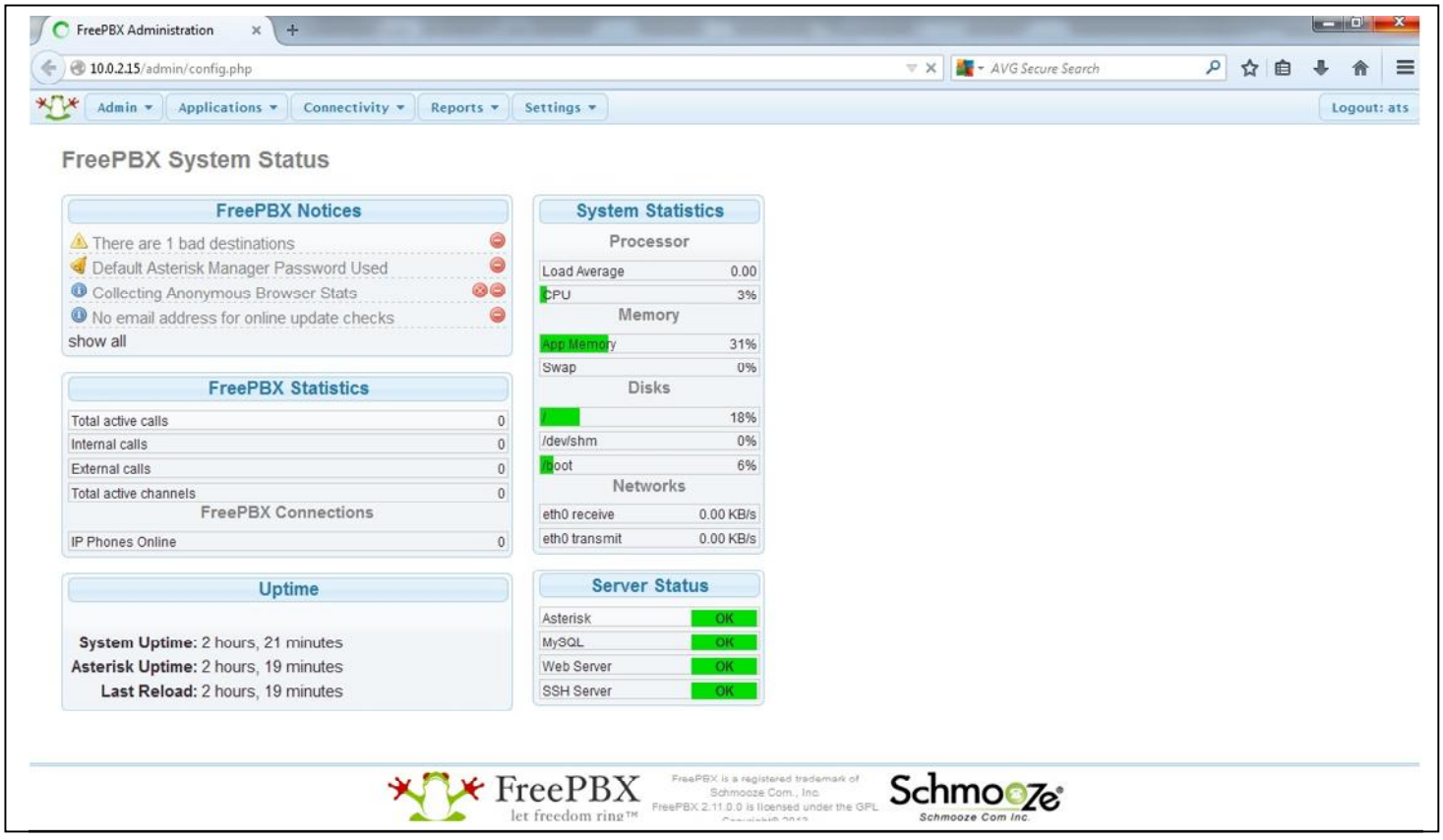


**Figure III.2 : Interface graphique ASTERISKNOW**

**Remarque** : pour avoir accès à la partie Administration, il faut cliquer en haut et à droite sur user mode « switch » et se loguer avec le login/password : maint/password.

### III. 4.2.1. Ajout d'une extension

Dans un premier temps, nous avons crée deux (02) extensions SIP avec les noms suivants : 2000 et 2001.

Pour l'ajout d'un client (extension), il faut aller dans le menu : http://10.0.2.15/admin/config.php?display=extensions.

Arrivé à cette page, on peut voir dans la figure III.3, en (1), le menu d'ajout d'une nouvelle extension et en (2) les extensions déjà créées.

Une extension doit être déclarée pour chaque poste téléphonique que l'on souhaite installer sur notre réseau. C'est de cette manière que chaque poste peut être joint. Il existe plusieurs types d'extensions, celles-ci varient en fonction du protocole utilisé, sous ASTERISKNOW on peut compter SIP, IAX2, ZAP, et l'extension CUSTOM :

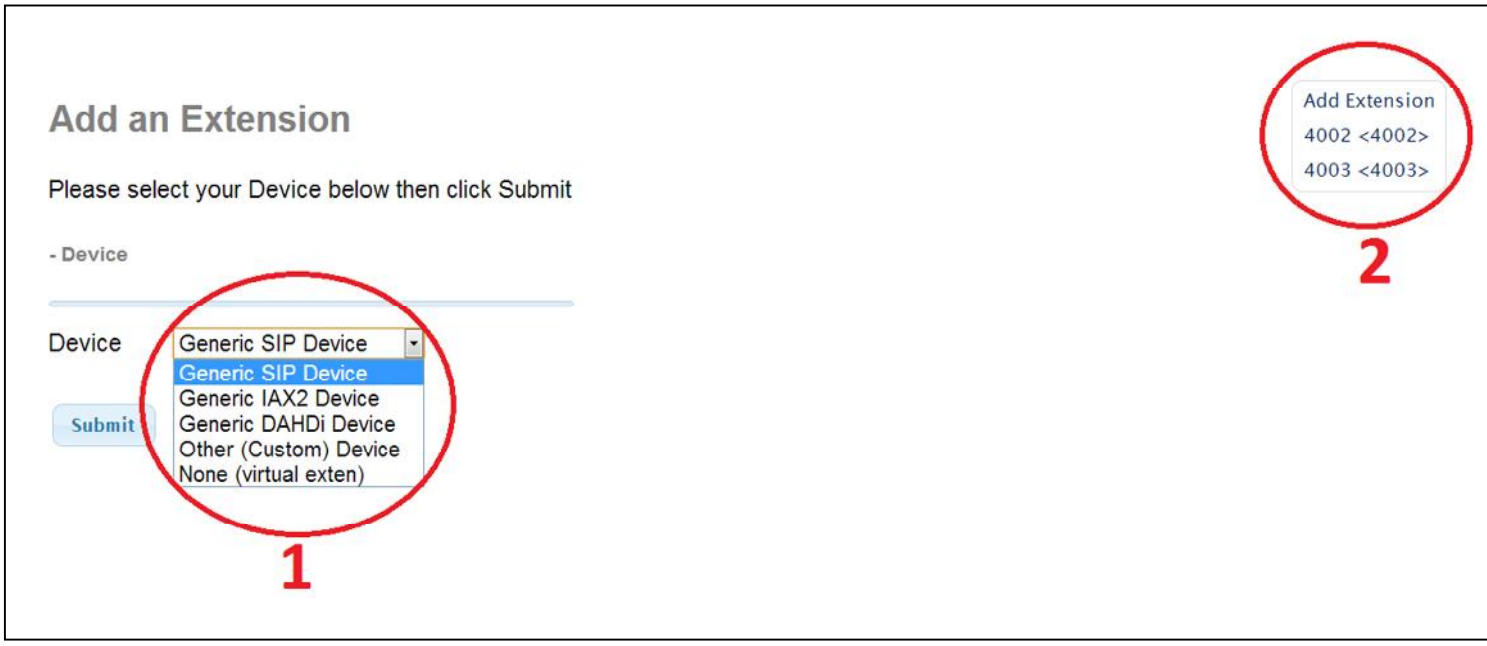


**Figure III.3 : Extensions disponibles**

- Generic SIP Device : il s'agit du type d'extension utilisée lorsqu'on souhaite connecter un client SIP à notre serveur.
- Generic IAX2 Device : il s'agit du type d'extension utilisée lorsqu''on souhaite connecter un client IAX à notre serveur.
- Generic DAHDi Device : ce type d'extension est utilisée lorsque l'IPBX Asterisk est pourvu d'une carte possédant des cartes FXO (Foreign Exchange Office) ou FXS (Foreign Exchange Station).
- Other CUSTOM Device : sera utilisée lorsqu'on souhaite installer une extension qui n'est pas de type SIP, IAX2 ou ZAP. C'est le cas notamment d'un client H.323.

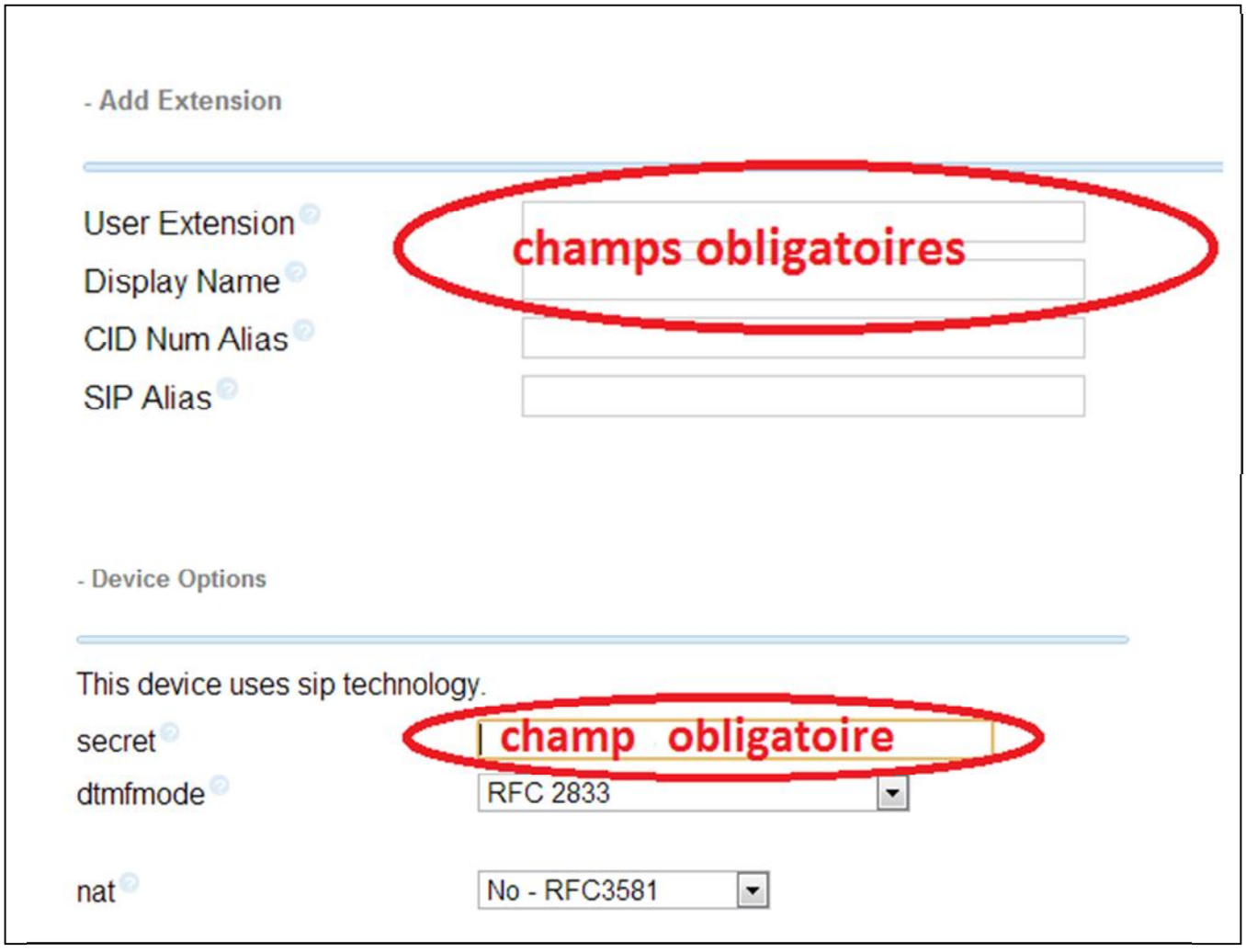


**Figure III.4 :** Champs obligatoires pour l'ajout d'une extension

- User Extension : Numéro de téléphone interne de l'extension.
- Display Name : Nom de l'extension, qui apparaîtra lorsqu'un appel est émis, peut être effacé si l'appel passe par une ligne d'un opérateur téléphonique.
- Secret : Mot de passe de l'extension.

### III. 4.2.2. Ajout de Trunks

Un Trunk représente un accès du serveur vers l'extérieur, vers notre passerelle PSTN/VoIP. Nous utilisons ici des Trunks SIP.

Dans la configuration du Trunk, on donne l'adresse de la passerelle à laquelle on veut se connecter, la liste des codecs autorisés et le type du serveur externe (peer ou friend). Le type « friend » est la méthode de connexion la plus simple.

### III. 4.2.3. Configuration des Trunks et des routes

#### a) Les Trunks

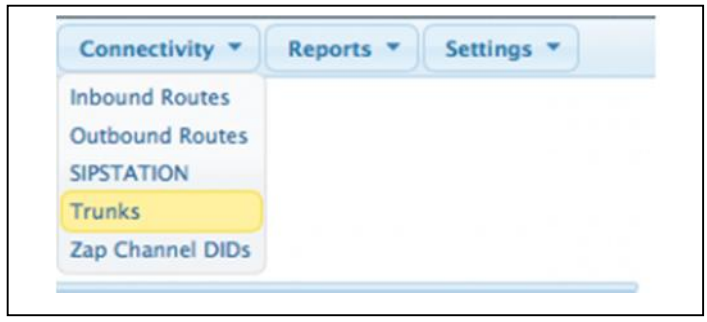


**Figure III.5 :** Le menu « Connectivity » de l'interface graphique d'Asterisk

Les Trunks se trouvent dans le menu «Connectivity » dans l'interface Web de l'administrateur Asterisk. Pour obtenir les paramètres du Trunk, il faut juste se connecter à l'interface d'Asterisk en tant qu'administrateur pour gérer le PBX. Une fois dans l'administrateur du PBX cliquer sur « Connectivity » dans le menu principal en haut, puis dans la procédure dans le menu déroulant, cliquez sur «Trunks ».

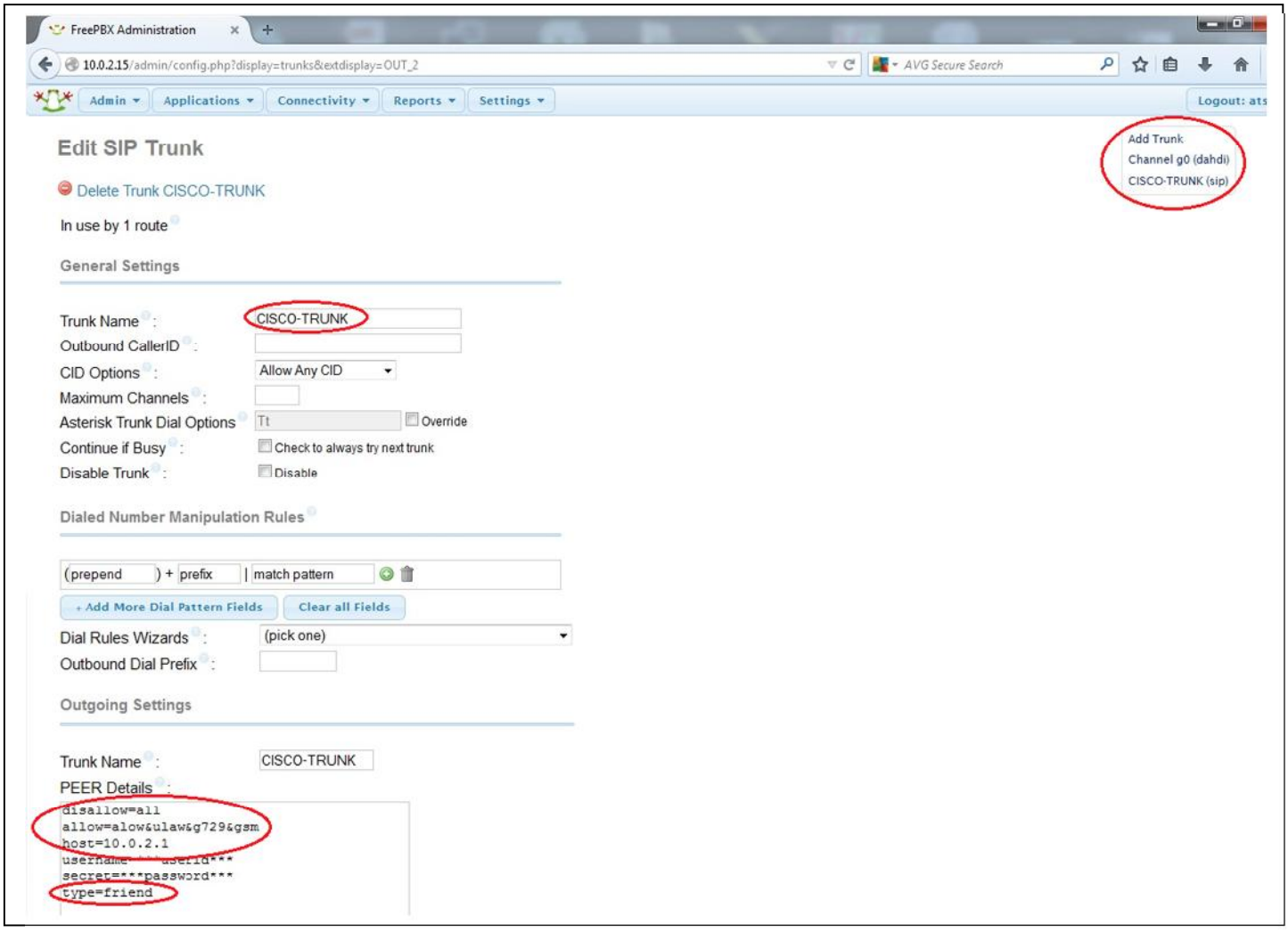


**Figure III.6 :** Configuration des Trunks

- Trunk Name : choisir un nom descriptif ;
- Add Trunk : pour ajouter des Trunks et la liste des Trunks déjà crées ;
- PEER Details : c'est les détails de configuration des Trunks.

### b) Les routes entrantes

Les « Inbound Routes » (routes entrantes) sont situées dans le menu « Connectivity » dans l'interface Web de l'administrateur Asterisk. Pour y accéder, il suffit de cliquer sur le menu « Connectivity » puis choisir « Inboud Routes »

La figure qui suit montre les champs à configurer pour être en mesure d'utiliser une route d'arrivée pour recevoir les appels entrants vers un numéro de téléphone sur notre PBX :

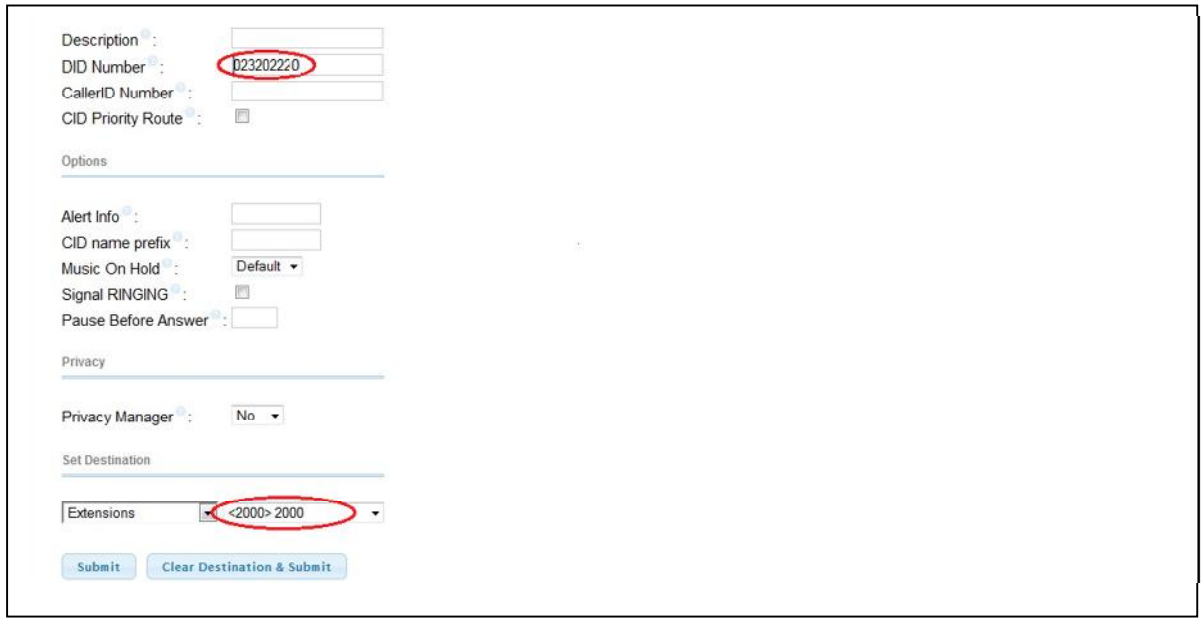


**Figure III.7 :** Champs à configurer pour les « Inbound Routes »

- DID Number : représente le numéro de téléphone sur lequel on souhaite recevoir des appels
- Extensions : représente l'une des extensions déjà créer auparavant et qui recevra les appels.

Puis cliquer sur « Submit » pour enregistrer la configuration.

### c) Les routes sortantes

Les « Outbound Routes » (routes sortrantes) sont situées dans le menu « Connectivity » dans l'interface Web de l'administrateur Asterisk. Pour y accéder, il suffit de cliquer sur le menu « Connectivity » puis choisir « Outboud Routes ».

La figure suivante montre les champs à configurer pour être en mesure d'utiliser une route de sortie pour émettre des appels sortants vers différents numéros de téléphone:

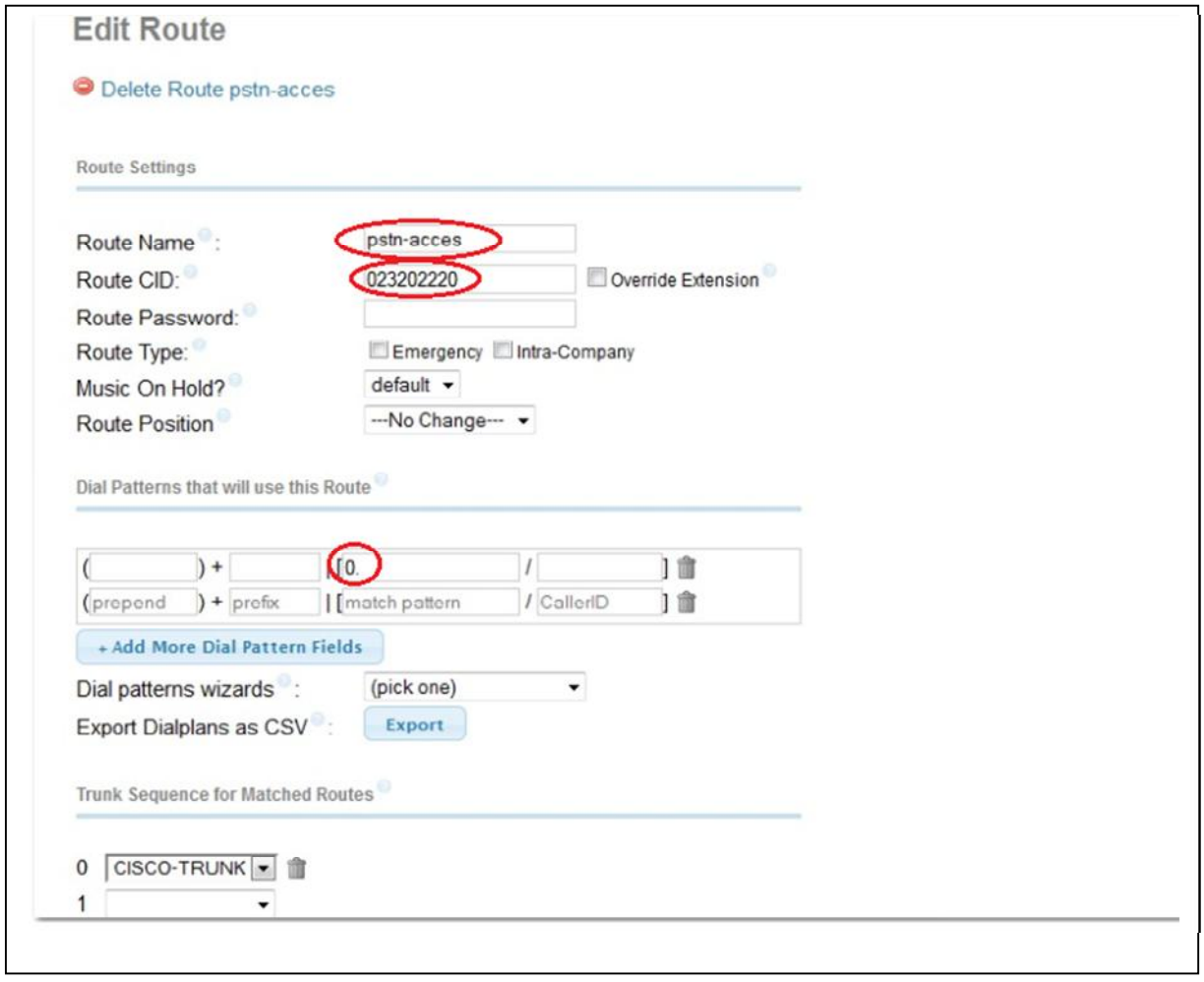


**Figure III.8 :** Champs à configurer pour les « Outbound Routes »

- Route Name : choisir un nom descriptif pour la voie;
- Route CID : c'est le numéro avec lequel on va appeler ;
- Dial Patterns : pour notre cas on a mis « 0. » pour indiquer que tous les numéros commençant par un 0 peuvent être appelés.

## III. 5. Configuration de la passerelle PSTN/VoIP

Pour effectuer nos tests, ATS a mis à notre disposition une passerelle Cisco type Routeur 2801 équipé de deux cartes FXS dont voici les caractéristiques :

| GENERAL | |
|---|---|
| Type de périphérique | Routeur |
| Type de châssis | Ordinateur de bureau- modulaire- IU |
| Technologie de connectivité | Filaire |
| Protocole de liaison de données | Ethernet, Fast Ethernet |
| Protocole réseau/ transport | IP |
| Caractéristiques | Protection par firewall, chiffrement matériel, prise en charge VPN, prise en charge de MPLS, filtrage de l'URL |
| **TELEPHONIE IP** | |
| Codecs vocaux | G711, G723.1, G728, G729, G729ab, G726 |
| Caractéristiques de la téléphonie IP | Annulation d'écho (G. 168) |
| **EXTENSION/CONNECTIVITE** | |
| INTERFACES | 2x10 Base –T/100 Base-TX- RJ- 45<br>USB : 1x<br>Gestion : 1 x console<br>2 cartes FXS (RJ-11) |

**Tableau III.1** : Caractéristiques du routeur 2801

### III. 5.1. Configuration du routeur 2801

Le routeur est accessible par Telnet en entrant la commande suivante sous l'exécuteur de commande de Windows : telnet 10.0.0.1

```
CME-TEST#show run            <<<<<<<<<<   affiche la configuration du routeur   >>>>>>>>>

Building configuration...
Current configuration : 7837 bytes
!
version 15.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
!
!
!
no ip domain lookup
ip cef
no ipv6 cef
!
!
multilink bundle-name authenticated
!
!
!
!
!

voice-card 0
!
voice-card 2
!
voice-card 3
!
!
!
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.106.3.1      <<<<<<<<<< route par default vers le terminal VSAT >>>>>>>>>>
!
interface GigabitEthernet0/0
 ip address 10.0.2.1 255.255.255.0       <<<<<<<<<< Adresse IP de la passerelle PSTN >>>>>>>>>>
 duplex auto
 speed auto
!
interface GigabitEthernet0/1
 no ip address
 shutdown
 duplex auto
```

```
speed auto
!
voice-port 0/0/0
!
voice-port 0/0/1
!
 dial-peer voice 2000 voip          <<<<<<<<<< configuration VoIP Trunk vers serveur Asterisk >>>>>>>>>
 destination-pattern 2...           <<<<<<<<<< numéro interne (les points représente un digit)  >>>>>>>>>
 session protocol sipv2             <<<<<<<<<<      signalisation avec protocole SIP         >>>>>>>>>
 session target ipv4:10.0.2.15      <<<<<<<<<<      adresse IP du serveur Asterisk           >>>>>>>>>
 session transport udp
!
!
dial-peer voice 10 pots             <<<<<<<<< configuration appels vers PSTN via le port 0/0/0 >>>>>>>>>
 destination-pattern 0T
 port 0/0/0
 forward-digits all
!
dial-peer voice 11 pots             <<<<<<<<< configuration appels vers PSTN via le port 0/0/1 >>>>>>>>>
 destination-pattern .T
 port 0/0/1
 forward-digits all
!
!
!
!
!
!
line con 0
 exec-timeout 0 0
 login local
line aux 0
line 2
 no activation-character
 no exec
 transport preferred none
 transport output pad telnet rlogin lapb-ta mop udptn v120 ssh
 stopbits 1
line 67
 no activation-character
 no exec
 transport preferred none
transport input all
 transport output pad telnet rlogin lapb-ta mop udptn v120 ssh
```

```
stopbits 1
 flowcontrol software
line vty 0 4
 login local
 transport input all
!
scheduler allocate 20000 1000
!
end
```

## III. 6. Configuration des terminaux

### III. 6.1. Configuration des Softphone

#### III. 6.1.1. Logiciel X-Lite

X-Lite nous donne accès au monde de softphones. Combinant appels vocaux et vidéo dans une interface conviviale, X-Lite nous aide à la transition de façon transparente d'un environnement téléphonique traditionnel au monde de la Voix sur IP.

Ayant une simple conversation vocale avec un associé d'affaires, ou une discussion en profondeur avec un collègue sur la vidéo, nous verrons bientôt pourquoi avoir un softphone sur notre ordinateur de bureau ou ordinateur portable est l'expérience ultime de communication.

**Remarque** : pour télécharger X-Lite, il faudrait cliquer sur le lien suivant : http://www.counterpath.com/x-lite-download.html

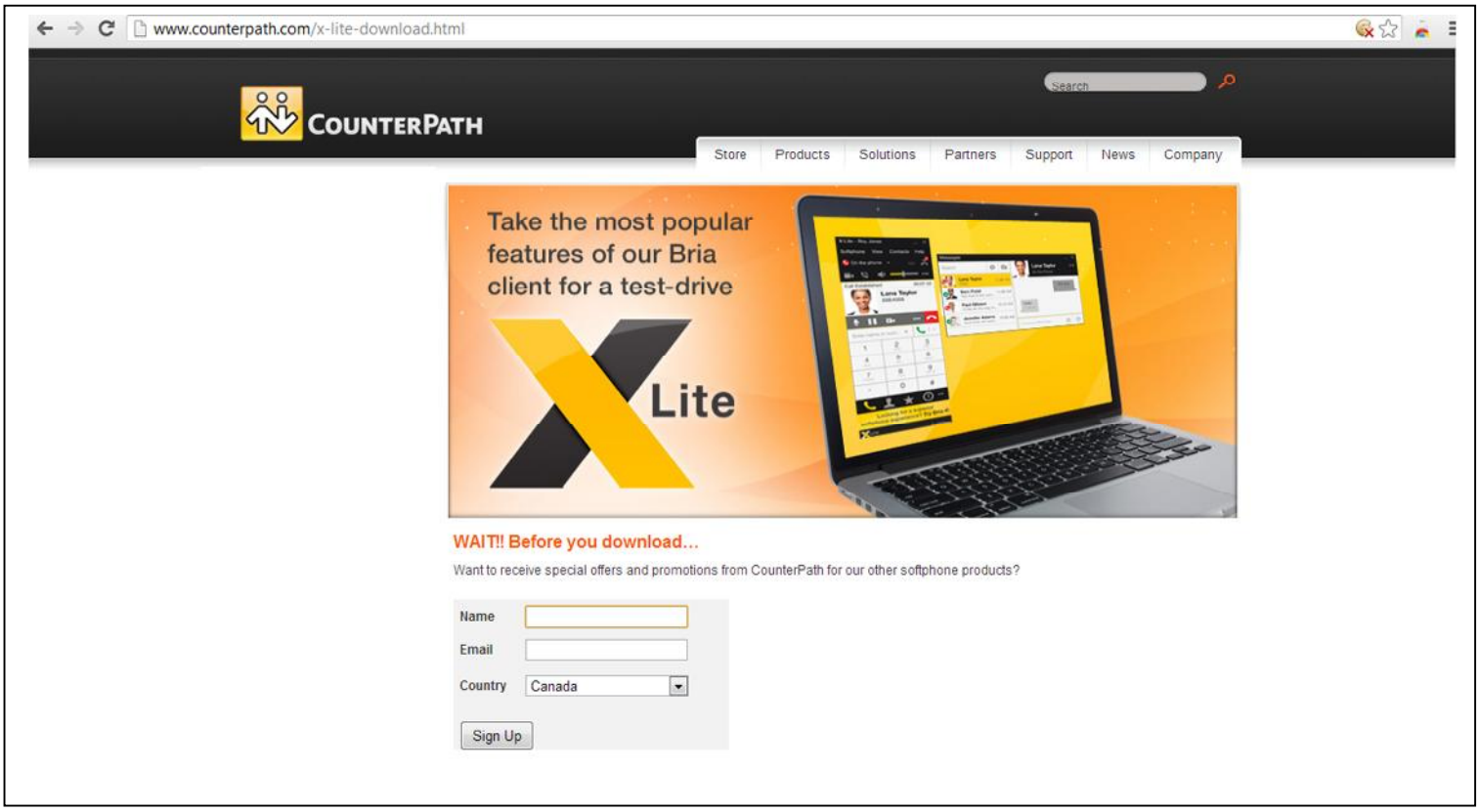


**Figure III.9** : Page de téléchargement du logiciel X-Lite

### III. 6.1.2. Configuration de X-Lite

Après avoir téléchargé le logiciel X-Lite, nous avons procédé à la configuration des comptes comme suit :

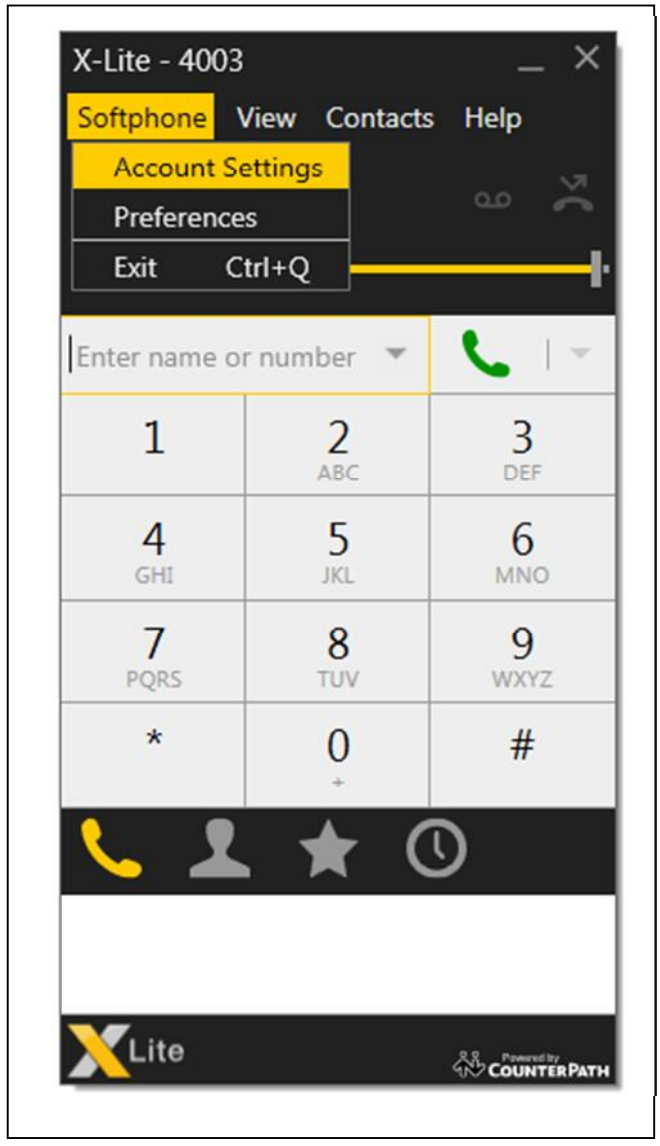


**Figure III.10** : Logiciel X-Lite

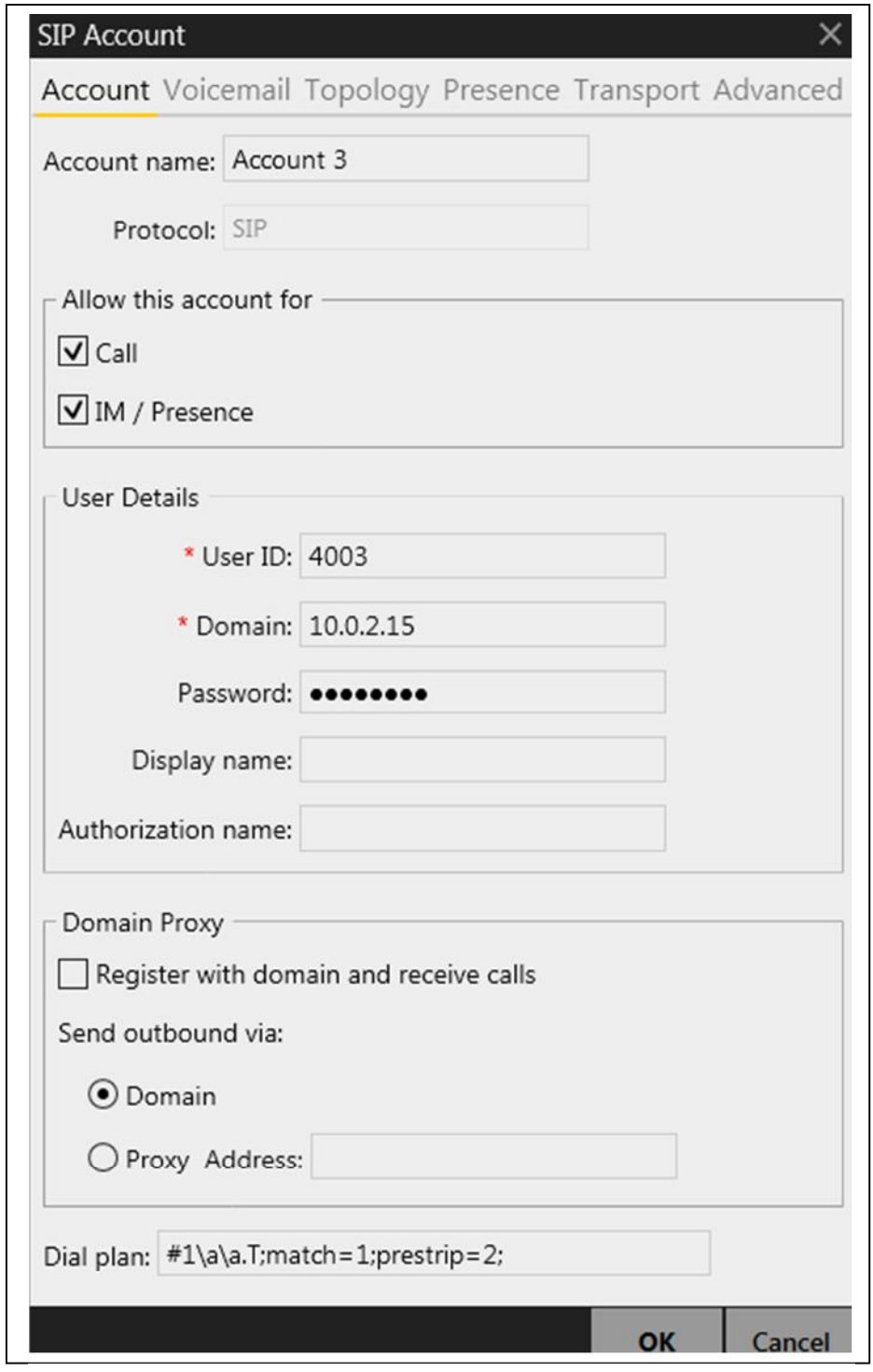


**Figure III.11** : Page des paramètres des comptes

### III. 6.2. Configuration des téléphones analogiques avec adaptateur ATA

#### III. 6.2.1. SIPURA 2100 :

Le SPA-2100 relie les téléphones et les télécopieurs standards avec les réseaux de données IP. Les fournisseurs de services de téléphonie IP et les utilisateurs en

entreprise peuvent offrir des services traditionnels et améliorés de communication via la connexion haut débit de clients à l'Internet ou un réseau local (LAN). Le SPA-2100 dispose de deux POTS (Plain Old Telephone Service de ports) pour la connexion à des téléphones analogiques existants, télécopieurs, PBX et clés plates-formes de communication du système. Le SPA-2100 inclut une interface Ethernet pour la connexion à domicile ou au bureau PC (LAN) ainsi que d'une connexion Ethernet au modem haut débit ou un routeur (WAN), comme le montre la figure suivante :

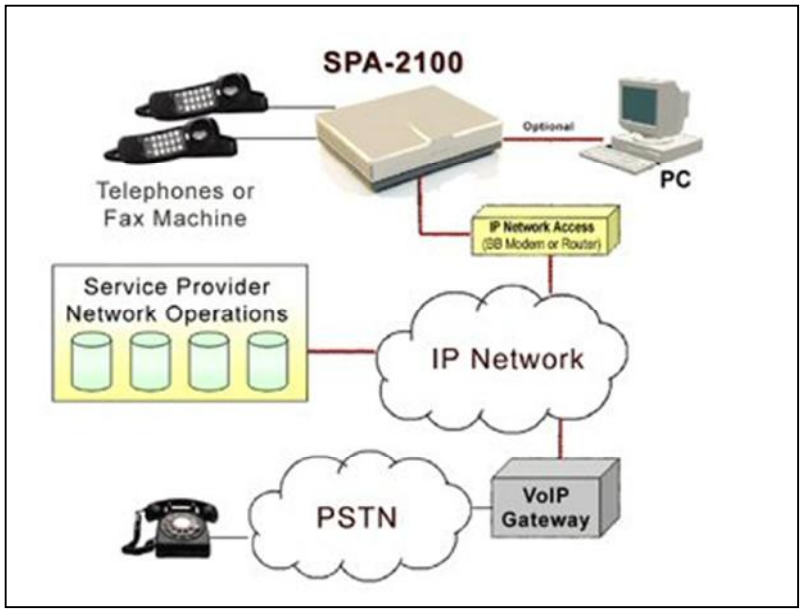


**Figure III.12** : Connexions de SIPURA

### III. 6.2.2. Mise à jour du SIPURA SPA-2100 :

Pour que le SPA-2100 soit mis à jour correctement, il faut d'abord configurer la mise à niveau en activant le champ « Upgrade enable » à « OUI »

a) A partir d'un PC connecté au port PC (LAN) sur le SPA-2100, se connecter au Web du périphérique avec l'interface en entrant http://192.168.0.1 dans le navigateur et en modifiant les paramètres de la carte en utilisant l'adresse IP 192.168.0.20;

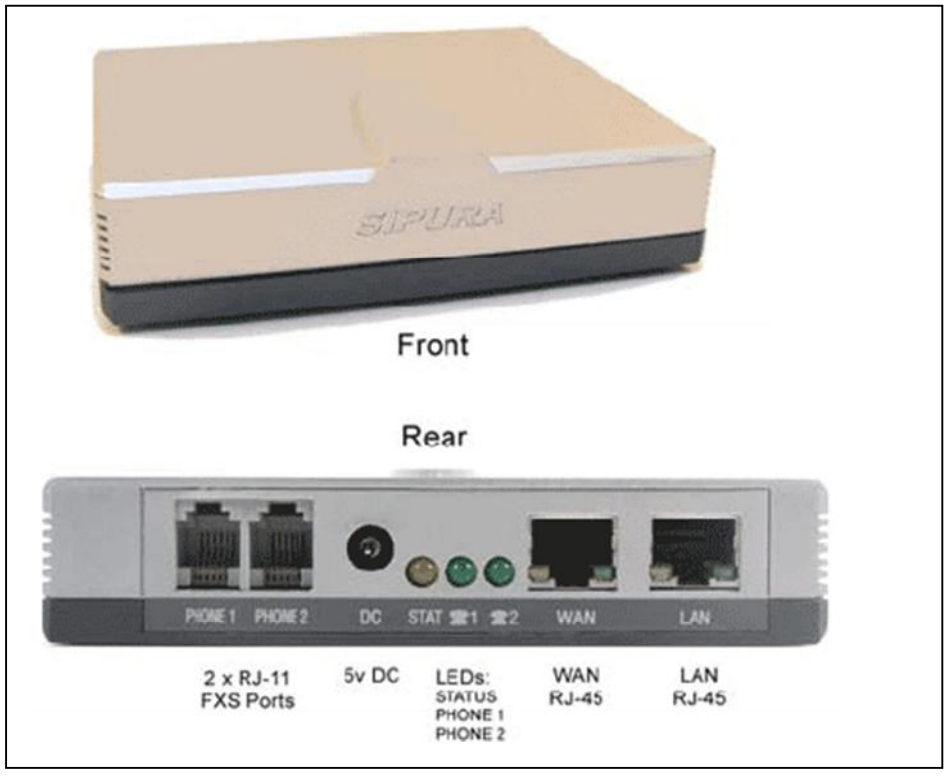


**Figure III.13** : Les ports de connexion de SIPURA

b) Cliquer sur le lien « Admin Login » puis cliquer sur le lien « Advanced » ;




**Figure III.14** : Fenêtre principale de l'interface web SIPURA

c) Cliquer sur l'onglet « Provisioning », la page de provisionnement s'affiche activer le champ « Upgrade Enable » à OUI.




**Figure III.15** : Activation du champ mise à niveau à oui

d) Cliquer sur le bouton « Submit All Changes » en bas de la page pour enregistrer les paramètres.

### III. 6.2.3. Configuration :

a) Cliquez sur l'onglet Ligne 1 ou Ligne 2, et dans la section « NAT Settings » mettre le champ « NAT Keep Alive Enable » à NON ;

| Field | Value |
|---|---|
| NAT Keep Alive Enable | no |

b) Dans la section « Proxy and Registration », définir le champ proxy, dans notre cas on a mis la valeur 10.0.2.15

| Field | Value |
|---|---|
| Proxy | byod1.net2phone.com |

Pour garantir que les appels entrants sont terminés avec succès, vérifier que le champ "Register" sur l'onglet Ligne1/Ligne 2 est réglée sur OUI.

c) Dans la section « Proxy and Registration » de l'onglet Ligne1/Ligne2, définir les valeurs comme indiqué ci-dessous:

| Field | Value |
|---|---|
| Use Outbound Proxy | no |
| Use OB Proxy In Dialog | no |
| Make Call Without Reg | yes |
| Ans Call Without Reg | Yes |
| DNS SRV Auto Prefix | no |




**Figure III.16** : Fenêtre Ligne1/2 – Sections « Proxy and Registration and Subscriber Information »

d) Dans la section « Subscriber Information », entrer le nom d'affichage «Display Name » comme indiqué dans le tableau ci-dessous, selon ce qu'on a en service : sortant uniquement ou entrant/sortant.

| Service Type | Field | Display Name Value |
|---|---|---|
| **OUTBOUND SERVICE ONLY** | Display Name (Line 1) | **NO_DID1** |
| | Display Name (Line 2) | **NO_DID2** |
| **INBOUND SERVICE** | Display Name (Line 1) | Enter the telephone number configured on Line 1. |
| | Display Name (Line 2) | Enter the telephone number configured on Line 2. |

e) Dans le champ « User ID » saisir le numéro de compte. Dans le champ « Password » entre le PIN. On doit avoir deux comptes différents pour les deux lignes.

f) Sélectionner « NO » dans le menu déroulant « Use Auth ID »

g) Dans la section « Audio Configuration », comme indiqué dans l'écran de la fenêtre Ligne 1/2 sur la page suivante, modifier les paramètres suivants, et dans la section « Preferred Codec » choisir le G729a dans la liste :

| Field | Value |
|---|---|
| **Use Pref Codec Only** | **no** |
| **G729a Enable** | **yes** |
| **G723 Enable** | **yes** |
| **G726-16 Enable** | **no** |
| **G726-24 Enable** | **no** |
| **G726-32 Enable** | **no** |
| **G726-40 Enable** | **no** |
| **DTMF Process INFO** | **no** |
| **DTMF Process AVT** | **yes** |
| **DTMF Tx Method** | **AVT** |

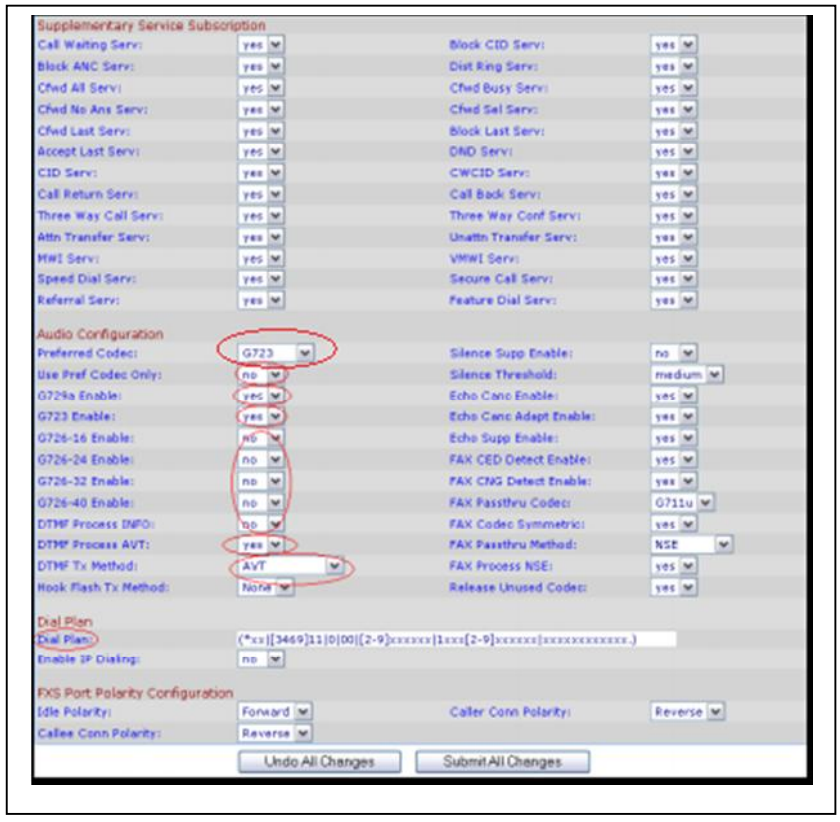


**Figure III.17** : Fenêtre Ligne1/2 - Sections «Audio Configuration and Dial Plan »

h) Cliquer sur le bouton «Submit All Changes » pour enregistrer les paramètres.

### III. 6.2.4. Mise en marche :

- On branche notre câble au port « WAN » du SPA-2100, puis on remodifie les paramètres de la carte en fixant l'adresse IP à l'adresse 10.0.2.20 ;
- On branche les deux téléphones aux ports « PHONE1/2 » ;
- Après avoir obtenu la tonalité, on pourra effectuer des appels.

Pour la configuration d'un boitier ATA, il faut connecter un ordinateur à l'ATA et ce, à l'aide d'un câble Ethernet (sur le port PC) et se connecter au boitier par http. La figure qui suit montre les paramètres à entrer :




**Figure III.18** : Configuration du boitier ATA

## III. 7. Configuration des stations VSAT

Pour la configuration d'une station VSAT, il faut suivre les étapes suivantes :

1. Déclarer l'adresse MAC du terminal DVB-RCS sur le HUB DVB-RCS central ;
2. Diriger la parabole vers le satellite (Figure III.19) ;
3. Définir les adresses IP pour le terminal DVB-RCS (Figures III.20) accessible par http ;
    - SIT Ethernet I/F IP Adresse : adresse IP du terminal (10.106.3.1),
    - SIT Ethernet I/F IP Mask : masque sous-réseau (255.0.0.0),
    - SIT Ethernet I/F OAM IP Adresse : l'adresse IP qu'utilise la station pour communiquer avec le HUB central. En effet, le terminal DVB-RCS possède deux adresses : l'une pour communiquer avec son réseau local et l'autre est destinée à communiquer avec le HUB.
4. Définir les bandes de fréquences utilisées (ceci définira la bande passante).

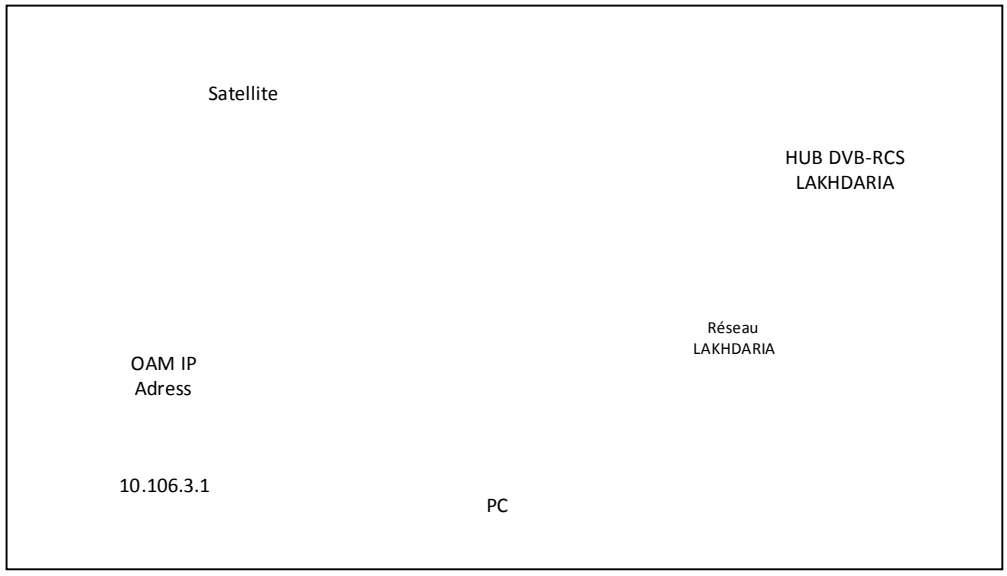


**Figure III.19** : Configuration VSAT

La figure qui suit illustre l'interface graphique du terminal DVB-RCS accessible par HTTPS à l'adresse 10.106.3.1 depuis un navigateur internet.

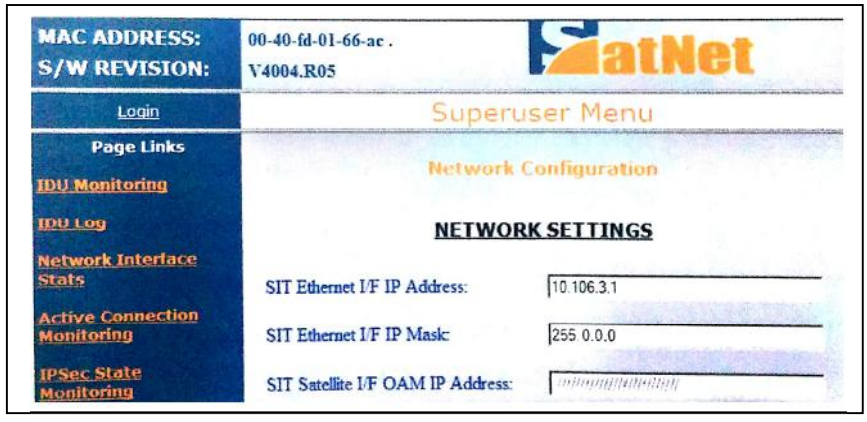


**Figure III.20** : Configuration du terminal DVB-RCS

## III. 7.1. Premier test

Lors de nos tests, on a utilisé le logiciel PRTG (permet de visualiser graphiquement et avec historique l'occupation de la bande passante). On l'installera sur un simple ordinateur et on relèvera les données sur une des stations. Pour notre part, on a choisi la station du 1$^{er}$ site (10.106.3.1). Le graphe qui suit, montre la consommation de bande passante lors d'un appel échangé entre les deux sites. Ces données sont importantes à relever au vu du coût en bande passante générée par la VoIP :

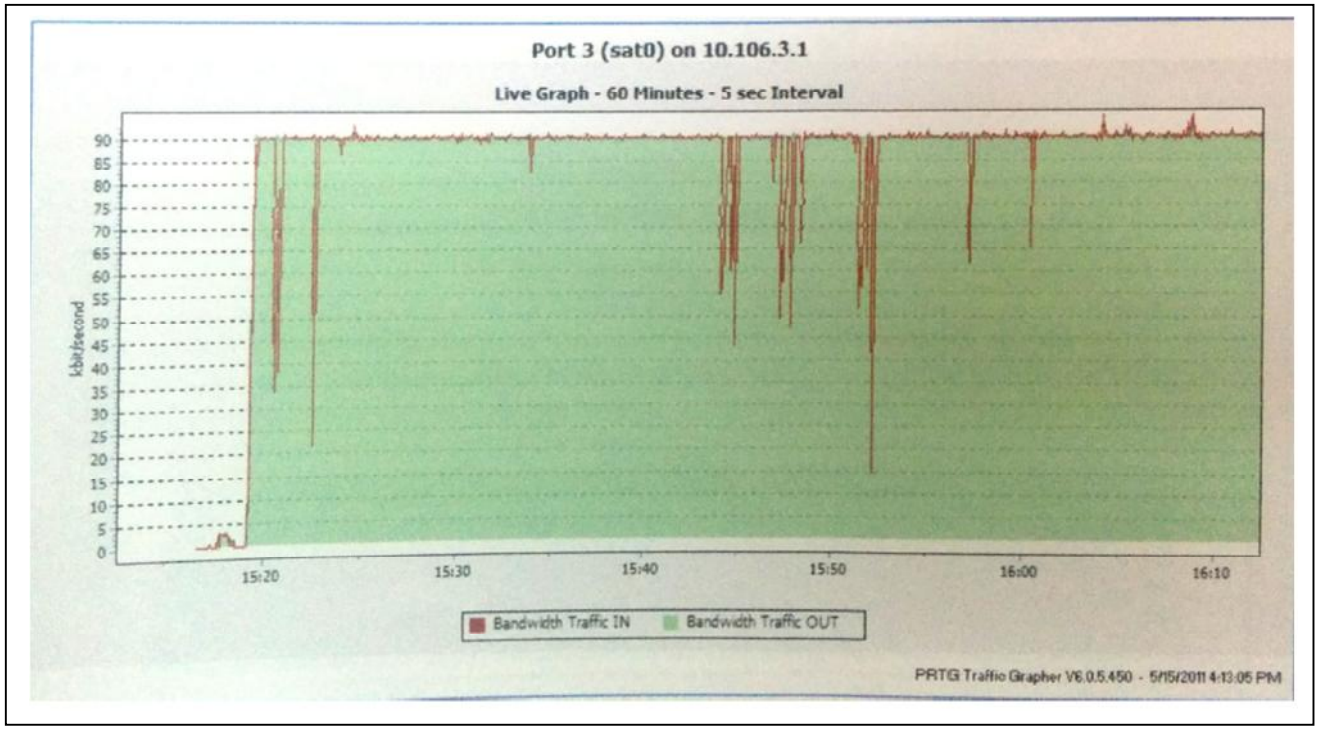


**Figure III.21** : Premier test

**Analyse**

Dans ce premier test, on a utilisé le codec G711u qui présente les caractéristiques suivantes :

- Echantillonnage à 8000 Hz (8000 échantillons pour 1s)
- Utilise 8 éléments binaires par échantillon soit 8000 octets/s (64kbits/s)
- Un sampling de 20 ms (un paquet contient 20 ms de voix) :

1s ⟶ 8000 échantillons

20 ms ⟶ 160 échantillons

On a donc un paquet de 160 échantillons à qui on va ajouter 54 octets pour les entêtes, ce qui nous donne un total de 214 octets pour 20 m :

20 ms ⟶ 214 octets

1s ⟶ 10700 octets

Par conséquent, pour une seule direction, on a une consommation proche de 85 Kbits/s

Le graphe montre une consommation en bande passante moyenne de 90 Kbits/s (180 Kbits/s dans les deux sens), ce qui est beaucoup pour un appel VoIP où la bande passante est payante. Dans le deuxième test, on essayera de diminuer cette consommation sans pour autant amoindrir la qualité d'un appel.

## III. 7.2. Deuxième test

Pour ce deuxième test, on utilisera pour un appel entre les deux sites le codec G729 qui a un débit théorique de 8Kbits/s et un MOS de 3.92 (qualité bonne à excellente), et qui présente les caractéristiques suivantes :

- Un sampling de 20ms.
- Taille de l'échantillon =10 octets.
- Durée de l'échantillon =10 ms.

Le graphe qui suit montre la consommation en bande passante :

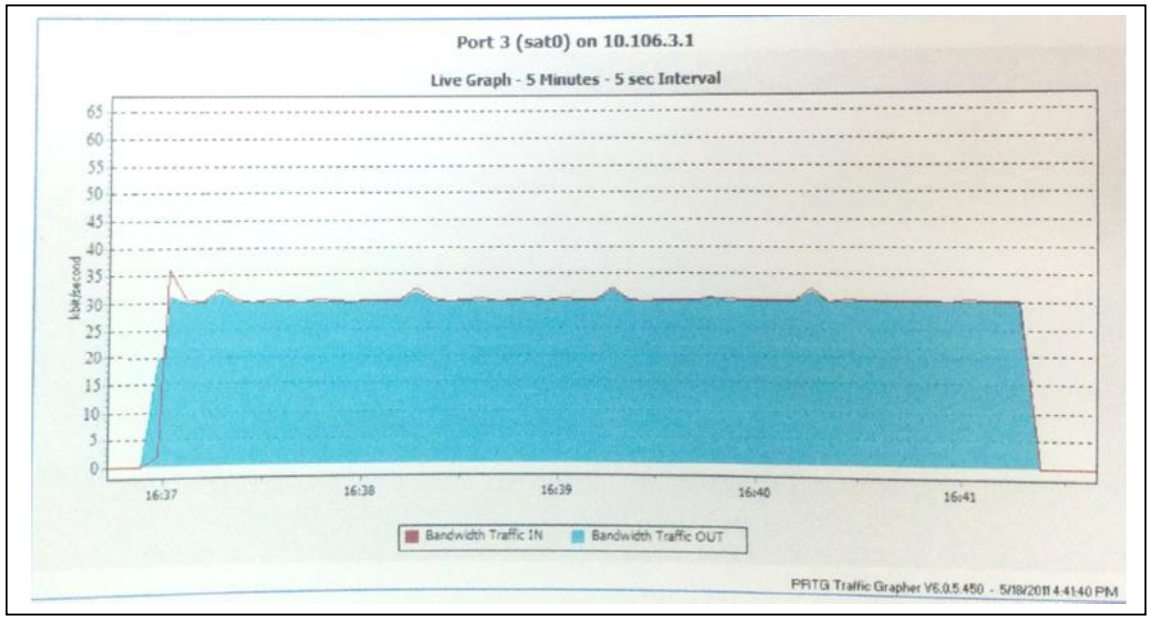


**Figure III.22** : Deuxième test

**Analyse**

20 ms ⟶ (10+54) octets

1s ⟶ 3200 octets ( ⟹ un débit de 25,6 Kbits/s)

On voit très bien d'après le graphe que la consommation moyenne en bande passante est de 30Kbits/s (25Kbits/s pour la voix et environ 5 Kbits/s pour la signalisation entre le terminal et le HUB) dans une seule direction (60Kbits/s dans les deux sens), le graphe se décompose en trois parties :

- La première partie est le début d'appel (la signalisation).
- La deuxième c'est le transport de voix (25 Kbits/s).
- La dernière est le raccrochage (terminaison d'appel).

A l'aide de ces tests, on a pu diminuer la consommation en bande passante de deux tiers sans pour autant diminuer la qualité de voix. Effectivement lors des tests, on a pu relever une bonne qualité de voix.

## III. 8. Conclusion

Nous avons procédé dans le présent chapitre à l'implémentation d'une plate-forme VoIP reliant deux sites distants qui se résume en :

- L'élaboration d'un plan de numérotation.
- L'installation et la configuration du serveur Asterisk.
- La configuration de la passerelle PSTN/VoIP, des terminaux et des stations VSAT.

Le tout a été couronné par deux tests que nous avons effectués pour définir la consommation moyenne en bande passante et dont le premier résultat relevé était de 85Kbits/s et on a pu diminuer cette consommation pour arriver à 25 Kbits/s tout en préservant une bonne qualité de voix.

Le développement des infrastructures réseaux et des systèmes informatiques a permis une meilleure gestion, une fiabilité appréciable et une facilité de mise en œuvre.

Les réseaux de données sont aujourd'hui largement utilisés pour transporter toutes formes d'informations à savoir la voix, la vidéo et les données en utilisant l'un des plus importants protocoles d'internet : **le protocole IP.**

La plate-forme VoIP existante ne répond pas aux exigences de l'entreprise pour des raisons économiques et particulièrement celles liées aux coûts de mises à jours, d'où la nécessité de mettre en œuvre une solution novatrice permettant de dépasser cette problématique en introduisant une solution Open Source parallèlement à la solution existante.

Pour arriver à ce but, nous avons fait une étude sur le système et les équipements informatiques existants et nous avons constaté que cette solution choisie répondait au mieux aux conditions d'exploitation (pas d'investissement matériel et un coût d'exploitation réduit).

Ainsi, nous avons opté pour l'IPBX Asterisk comme solution du fait qu'il comporte toutes les fonctionnalités que comprend un IPBX propriétaire (la voix sur IP, identification des clients, la messagerie vocale…). Cette solution présente aussi l'avantage d'économie sur le coût des communications.

Après la mise en place de l'IPBX et la configuration de tous ses paramètres, des séries de tests ont été fait au sein du siège de l'organisme d'accueil avec des résultats satisfaisants aussi bien en termes de facilité d'utilisation qu'en termes de qualité de service.

A travers ce projet, nous avons pu acquérir des connaissances appréciables dans le domaine de la téléphonie et des réseaux de communication. La mise en œuvre pratique de ces systèmes a été un enrichissement certain pour notre formation en plus de l'intérêt de travailler sur un sujet d'actualité et en plein expansion.

En perspective, nous suggérons d'implémenter notre solution avec un serveur billing de facturation (Open Source) tel qu'A2Billing qui permettra à une société commerciale comme Algérie Télécom Satellite de mettre en place un système performant de facturation.

# GLOSSAIRE

**LAN** : Local Area Network.

**ISO** : International Standard Organization

**NAT** : Network Address Translation

**OSI** : Open System Interconnection

**PABX** : Private Automatic Branch eXchange

**PSTN** : Public Switched Telephone Network.

**QoS** : Quality of Service.

**RSVP** : Resource reSerVation Protocol.

**RTCP** : Real Time Control Protocol.

**RTP** : Real Time Protocol.

**RJ-45** : Recommended Jonction-45.

**SIP** : Session Initiation Protocol.

**ToIP** : Telephony over Internet Protocol.

**TCP/IP** : Transmission Control Protocol/Internet Protocol.

**UDP** : User Datagram Protocol

**VoIP** : Voice over IP

**MAN** : Metropolitan Area Network

**MGCP** : Media Gateway Control Protocol

**FXS** : Foreign Exchange Station

**FXO** : Foreign Exchange Office

**SCCP** : Skinny Client Control Protocol

**CCM** : Cisco Call Manager

# BIBLIOGRAPHIE

[1] – Mémoire : Etude et mise en place d'une solution VoIP– Mlle : Rebha Bouzaida et Mr : Kamel Kedhiri –ITAB Oran 2010

[2] – Mémoire : Implémentation du serveur de téléphonie ASTERISK– Mme : Nouri Lobna et Mlle : Méchichi Amira –Université Virtuelle Tunis 2010

[3] – Mémoire : Etude et simulation d'un réseau de téléphonie sir IP– Mlle TAHRA Zahia –Université de Ouargla 2008

[4] – Mémoire : Implémentation du serveur de téléphonie (ASTERISK) – Chaker KHADRAOUI –Université Virtuelle de Tunis 2011

[5] – http://www.frameip.com/toip/

[6] – http://www.frameip.com/voip/

[7] – Wikipedia.org

[8] – http://doc.ubuntu-fr.org/asterisk

[9] –http://people.via.ecp.fr/~alexis/asterisk/

[10]–http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+-+documentation+of+application+commands

[11]–http://siptrunkservice.com/general/how-to-configure-an-inbound-route-for-your-sip-trunk-in-asterisk/

[12]–http://siptrunkservice.com/general/how-to-setup-an-outbound-route-to-use-your-sip-trunk-in-asterisk/

[13] – http://profs.cmaisonneuve.qc.ca/hbenameurlaine/voip/trunk_zap_asterisk.pdf

[14] – http://www.lululaberlu.com/public/VOIP/02_TP_Asterisk_Trunk.pdf

[15]–http://achirafimadi.files.wordpress.com/2013/04/document-technique-dasterisk1.pdf

[15]–http://pf-mh.uvt.rnu.tn/étude_et_Mise_en_place_d'une_Solution_VOIP.pdf

[16]–https://www.itu.int/ITU-D/finance/work-cost-tariffs/events/tariff-seminars/cameroon-04/abosse_voix_sur_le_reseau_ip_fr_final.pdf

[17] – http://www.pordes.net/solution_vsat.php?m=m2

[18]–http://cosy.univ-reims.fr/~fnolot/Download/Cours/reseaux/m2pro/pdf

[19] –http://2009.rmll.info/IMG/pdf/Asterisk_Visioconference_nantes.pdf

[20] –http://www.youtube.com/watch?v=kOHehJdjsMc

[21] – http://www.youtube.com/watch?v=XM1v7YQp4NY