

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université 8Mai 1945 – Guelma  
Faculté des sciences et de la Technologie  
Département d'Electronique et Télécommunications



**Mémoire de fin d'étude**  
**Pour l'obtention du diplôme de Master Académique**  
Domaine : **Sciences et Technologie**  
Filière : **Electronique et télécommunication**  
Spécialité : **Réseau et télécommunication**

---

**Etude et réalisation d'un réseau VoIP utilisant le protocole SIP**

---

Présenté par :

**Layada Amal**

**Cherchari Chaïma**

Sous la direction de :

**Dr.Ikni Samir**

Juillet 2021

# Remerciement

Avant tout nous tenons à remercier le bon Dieu « ALLAH » tout puissant qui nous a donné la force, patience et le courage pour élaborer, préparer, et présenter ce modeste travail.

Nous tenons sincèrement à remercier les personnes qui grâce à eux, nous n'aurions pas pu être là, nos parents. Qui nous ont encouragés tout au long de ces cinq années, Ainsi que toute ma famille.

Nous tenons à exprimer notre gratitude de notre à notre encadreur *Dr. IKNI SAMIR*, pour l'attention qu'il a porté à la réalisation de ce mémoire, pour ses nombreuses remarques, et corrections, ainsi que pour ses encouragements.

Nos remerciements et nos respects vont également au chef de laboratoire électronique et télécommunication **BOUKHAROUBA SORAYA** pour mettre à disposition tous Les moyens disponibles au niveau du laboratoire pour mener à bien ce projet.

Nous remercions également les membres de jury de ce mémoire, pour accepter d'y participer, d'y contribuer à améliorer cette réflexion et stimuler celle à venir.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

## Dédicace

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

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chères : À celui qui m'a toujours appris comment réfléchir avant d'agir, à celui qui m'a soutenu tout au long de ma vie scolaire, à celui qui n'a jamais épargné un effort pour mon bien, mon cher père.

À celle qui est toujours à côté de mon cœur, à celle qui m'apprit le vrai Sens de la vie, à celle qui n'a hésité aucun moment à m'encouragé ma chère mère.

À ma sœur Chaïma

À mes frères Ala et Minou

À les petits enfants Marwa et Zaki

À tous mes amies : Imane, Samah, Ibtissem et Donia

À mon cher binôme : Chaïma

À mes coulage : Houdjeteallah, Ishaq, Iheb, Hocine

À tous ceux qui m'aiment

À toute ma famille grande et petite.

Amal

## Dédicace

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

Je voudrais dédier ce modeste travail aux personnes les plus chère au monde : mes parents qui mon élevé et soutenu tout au long de ma vie, sans oublier leurs sacrifices et amour.

Á mon frère : Amine

Á mes chères sœurs : Amel, Lina

Á les petits enfants : firas, Rana.

Á mes très chères amies : Insaf, Dorsaf, Safa, Khawla, Bouchra, Balkis.

Á mes collègues : Ghada, Narimen, Donia, Ihab, Hocine.

Á ma collègue et cher binôme Amel.

Á toute personne qui était derrière ma réussite et ma soutenait par tous les moyens.

Et bien sûr a toute la famille "Cherchari " et à tous ceux que me connaît

Chaïma

## **Résumé**

La VoIP est un système de télécommunications moderne exploitant une technologie en pleine évolution de jour en jour. La plupart des universités et des entreprises la considèrent comme un outil de communication très pratique et qui offre une souplesse dans son implémentation tout en minimisant les coûts.

Ce travail est le résultat de notre projet de fin d'étude. Il porte sur l'étude et la réalisation d'un réseau VoIP utilisant un matériel disponible au niveau du laboratoire de télécommunications de notre département.

Notre problématique était de maitre en marche le réseau VoIP. Au début, on avait besoin d'un serveur qui gère la commutation des paquets de données. On a donc essayé de travailler avec plusieurs serveurs disponibles sur Internet et à chaque fois on n'arrivait pas à notre objectif.

Enfin, avec le serveur FreePBx, on a abouti à faire passer un appel IP sur un réseau local. C'était le seul serveur, entre autres, qui était bien adapté est compatible avec la marque des téléphones IP disponibles dans le laboratoire (il supporte la marque Yealink SIP –T19P). De plus, nous avons réussi à capturer et analyser le trafic de trames échangées durant un appel de test en utilisant un logiciel sniffer appelé 'Wireshark'.

## **Abstract**

VoIP is a modern telecommunications system using technology that is evolving day by day. Most universities and companies consider it to be a very practical communication tool that offers flexibility in its implementation while minimizing costs.

This work is the result of our final study project. It concerns the study and construction of a VoIP network using equipment available at the telecommunications laboratory in our department.

Our problem was to work the VoIP network. In the beginning, we needed a server that handles the switching of data packets. Therefore, we tried to work with several servers available on the Internet and each time we did not achieve our goal.

Finally, with FreePBx server, we managed to make an IP call on a local network. It was the only server, among others, that was well suited to be compatible with the brand of IP phones available

in the lab (it supports the Yealink SIP –T19P brand). Additionally, we were able to capture and analyze the frame traffic exchanged during a test call using sniffer software called "Wireshark".

### الملخص

الاتصالات عبر بروتوكول الانترنت هو التكنولوجيا المتنامية والمزدهرة اليوم. في معظم الجامعات والشركات حيث يعتبر أداة اتصال عملية للغاية توفر المرونة في تنفيذها مع تقليل التكاليف.

هذا العمل هو نتيجة مشروع دراستنا النهائي. يتعلق الأمر بدراسة وإنشاء شبكة VoIP باستخدام المعدات المتاحة في مختبر الاتصالات في قسمنا.

كانت مشكلتنا في العمل على شبكة VoIP. في البداية، كنا بحاجة إلى خادم يتعامل مع تبديل حزم البيانات. لذلك حاولنا العمل مع عدة خوادم متاحة على الإنترنت وفي كل مرة لم نحقق هدفنا.

أخيراً، باستخدام خادم FreePBx، تمكنا من إجراء مكالمة IP على شبكة محلية. كان الخادم الوحيد، من بين آخرين ، الذي كان مناسباً تماماً ليكون متوافقاً مع العلامة التجارية لهواتف IP المتوفرة في المختبر (وهو يدعم العلامة التجارية – Yealink SIP –T19P). بالإضافة إلى ذلك، تمكنا من التقاط وتحليل حركة مرور الإطارات المتبادلة أثناء مكالمة اختبار باستخدام برنامج شم يسمى "Wireshark".

Sommaire:

Introduction générale : ..... - 1 -

**Chapitre I\_Etude générale de la voix sur IP**

I.1. Introduction ..... - 4 -

I.2. VoIP et ToIP : ..... - 4 -

I.2.1. Définition : ..... - 4 -

I.2.2. Différence entre ToIP et VoIP : ..... - 5 -

I.3. Le Réseau téléphonique commuté..... - 6 -

I.3.1. Principe du RTC ..... - 6 -

I.3.2. Principe de fonctionnement de VoIP ..... - 7 -

I.4. PABX et PBX IP ..... - 7 -

I.4. 1. Le PABX : ..... - 7 -

I.4.2. Le PBX IP : ..... - 8 -

I.5. Architecture de la voix sur IP ..... - 8 -

I.6. Fonctionnement de la VoIP : ..... - 10 -

I.6.1 Acquisition du signal ..... - 10 -

I.6.2 Numérisation ..... - 11 -

I.6.3 Compression ..... - 11 -

I.6.4 Habillage des en-têtes ..... - 11 -

I.6.5 Emission et transport ..... - 11 -

I.6.6 Réception ..... - 11 -

I.6.7 Conversion numérique analogique ..... - 12 -

I.6.8 Restitution du signal..... - 12 -

I.7. Les équipements réseau..... - 12 -

<b>I.7.1. Terminaux VoIP .....</b>	<b>- 12 -</b>
<b>I.7.2. Le serveur de communication .....</b>	<b>- 13 -</b>
<b>I.7.3. La passerelle (Gateway) .....</b>	<b>- 13 -</b>
<b>I.7.4. Le routeur .....</b>	<b>- 13 -</b>
<b>I.7.5. Le Switch .....</b>	<b>- 13 -</b>
<b>I.7.6. Le Gatekeeper (garde-barrière) .....</b>	<b>- 13 -</b>
<b>I.7.7. L'équipement supplémentaire (MCU).....</b>	<b>- 14 -</b>
<b>I.7.8. Le Soft-phone .....</b>	<b>- 14 -</b>
<b>I.8. Qualité de service de la voix IP.....</b>	<b>- 14 -</b>
<b>I.8.1 Qualité de codage.....</b>	<b>- 14 -</b>
<b>I.8.2. Délai d'acheminement.....</b>	<b>- 15 -</b>
<b>I.8.3. Gigue (jitter).....</b>	<b>- 15 -</b>
<b>I.8.4. Perte des paquets .....</b>	<b>- 15 -</b>
<b>I.8.5 Echo.....</b>	<b>- 15 -</b>
<b>I.9. Avantages et Inconvénients de la VoIP .....</b>	<b>- 16 -</b>
<b>I.9.1 Avantages.....</b>	<b>- 16 -</b>
<b>I.9.2 Inconvénients .....</b>	<b>- 17 -</b>
<b>I.10. Conclusion .....</b>	<b>- 17 -</b>

**Chapitre II Les protocoles de la voix sur IP**

<b>II.1. Introduction :.....</b>	<b>- 19 -</b>
<b>II.2. Le protocole H.323 :.....</b>	<b>- 19 -</b>
<b>II.2.2. Définition de la signalisation :.....</b>	<b>- 19 -</b>
<b>II.2.3. Les versions du protocole H.323 :.....</b>	<b>- 20 -</b>
<b>II.2.4. Architecture et fonctionnalités du protocole H.323 :.....</b>	<b>- 20 -</b>
<b>II.2.5. Établissement d'un appel avec le protocole H.323 :.....</b>	<b>- 23 -</b>



<b>II.2.6. Avantages et inconvénients du protocole H323 :</b>	<b>- 24 -</b>
<b>II.3. Protocole SIP :</b>	<b>- 25 -</b>
<b>II.3.1. Architecture des réseaux basés sur SIP :</b>	<b>- 25 -</b>
<b>II.3.1.1. Terminal SIP :</b>	<b>- 26 -</b>
<b>II.3.1.2. Serveur d'enregistrement :</b>	<b>- 27 -</b>
<b>II.3.1.3. Serveur de localisation :</b>	<b>- 27 -</b>
<b>II.3.1.4. Serveur de redirection :</b>	<b>- 28 -</b>
<b>II.3.1.5. Serveur proxy :</b>	<b>- 28 -</b>
<b>II.3.2. L'adressage SIP :</b>	<b>- 29 -</b>
<b>II.3.3. Structure des messages SIP :</b>	<b>- 29 -</b>
<b>II.3.4. Requêtes SIP :</b>	<b>- 30 -</b>
<b>II.3.5. Les réponses SIP :</b>	<b>- 31 -</b>
<b>II.3.6. Scénarios de communication :</b>	<b>- 32 -</b>
<b>II.3.7. Avantages et inconvénients du SIP</b>	<b>- 32 -</b>
<b>II.4. Comparaison entre les protocoles SIP et H.323 :</b>	<b>- 33 -</b>
<b>II.5. Les protocoles de transport :</b>	<b>- 34 -</b>
<b>II.5.1. Le protocole RTP :</b>	<b>- 34 -</b>
<b>II.5.2. Le protocole RTCP :</b>	<b>- 34 -</b>
<b>II.5.3. Le protocole UDP :</b>	<b>- 35 -</b>
<b>II.5.4. Le protocole TCP :</b>	<b>- 35 -</b>
<b>II.6. Conclusion :</b>	<b>- 36 -</b>

**Chapitre III Elaboration et analyse d'un système VoIP**

<b>III.1. Introduction :</b>	<b>- 38 -</b>
<b>III.2. Partie 01 : Mise en œuvre d'un appel IP</b>	<b>- 38 -</b>
<b>III.2.1. Environnement de développement</b>	<b>- 38 -</b>

**III.2.2. Installation et configuration de FreePBX..... - 40 -**

**III.2.3. Configuration des téléphones IP ..... - 46 -**

**III.3. Partie 02 : Capture des trames et analyse avec Wireshark ..... - 49 -**

**III.3.1. Le logiciel Wireshark ..... - 49 -**

**III.4. Conclusion ..... - 52 -**

**Conclusion générale ..... - 53 -**

**Références ..... - 58 -**

**ANNEXES..... - 67 -**

**Liste des figures**

Figure I.1 : Equipements nécessaires pour utiliser la VoIP.....-5-

Figure I.2 : Le réseau téléphonique commuté RTC. .... -7-

Figure I.3: Interconnexion de PABX. .... -8-

Figure I.4: communication PC à PC..... -9-

Figure I.5: Communication PC à Téléphone..... -9-

Figure I.6: Communication Téléphone à Téléphone..... -10-

Figure I.7: Le principe de fonctionnement de la VoIP..... -10-

Figure I.8: Architecture d'un réseau VOIP..... -12-

Figure II.1: Terminaux H.323 ..... -21-

Figure II.2: La passerelle H.323..... -22-

Figure II.3: Composant MCU H.323 ..... -23-

Figure II.4: Établissement d'un appel avec le protocole H.323 ..... -24-

Figure II. 5 : IArchitecture des réseaux basés sur SIP ..... -26-

Figure II.6 : Terminal SIP : CISCO 7960 ..... -27-

Figure III.1: Switch D-link..... -39-

Figure III.2 : Téléphone IP Yealink SIP-T19P E2 ..... -39-

Figure III.3 : Le réseau local installé..... -40-

Figure III.4 la page d'accueil de Wireshark ..... -49-

Figure III.5 : Lancement de l'outil WireShark sur la passerelle Ethernet..... -50-

Figure III.6: L'analyse des paquets récupérés..... -51-

**Liste des tableaux**

Tableau I.1 : Liste des codecs avec leur débit correspondant ..... -14-

Tableau II.1 : Codes des réponses ..... -32-

Tableau II.2 : Comparaison entre SIP et H.323 ..... -34-

### Liste des acronymes

**CLI** Command Line Interface

**DHCP** Dynamic Host Configuration Protocol

**DNS** Domain Name Service

**DSP** Digital Signal Processor

**DTMF** Dual-Tone Multi-Frequency

**FTP** File Transfer Protocol

**GPL** General Public License

**GSM** Global System For Mobile Communication

**HTTP** Hyper-Text Transport Protocol

**ID** Identifiant

**IETF** Internet Engineering Task Force

**IP** Internet Protocol

**IPPBX** Internet Protocol Private Branch Exchange

**ITU** International Telecommunications Union.

**LAN** Local Area Network

**MCU** Multipoint Control Unit

**PABX** Private Automatic Branch Exchange

**PC** Personal Computer

**PSTN** Public Switched Telephone Network

**QOS** Quality Of Service

**RAS** Registration Admission And Status

- RFC** Request For Comments
- RNIS** Réseau Numérique À Intégration De Service
- RTC** Réseau Téléphonique Commuté
- RTCP** Real-Time Transport Control Protocol
- RTP** Real-Time Transport Protocol
- SIP** Session Initiation Protocol
- SMTP** Simple Mail Transfer Protocol
- SR** Sender Report.
- TCP** Transmission Control Protocol
- ToIP** Téléphone Over Internet Protocol
- UA** User Agent
- UAC** User Agent Client
- UAS** User Agent Server
- UDP** User Datagram Protocol
- URL** Uniform Resource Locator
- VOIP** Voice Over IP
- WAN** Wide Area Network
- WI-FI** Wireless Fidelity

*Introduction*

*Générale*

### **Introduction générale :**

La voix sur IP, ou VoIP (Voice over Internet Protocol en Anglo-Saxon), est défini comme la transmission d'un trafic vocal à travers le réseau Internet. La téléphonie traditionnelle connue sous le nom RTC (Réseau Téléphonique Commuté) fonctionne via le réseau téléphonique classique qui consiste en des câbles physiques en cuivre et des systèmes de transmission permettant aux utilisateurs de faire de la communication avec des postes ou mobiles.

La téléphonie IP, par contre, est beaucoup plus polyvalente et permet de transmettre toute sorte de données que ce soit de la voix et de la vidéo ou des données en général à un large éventail d'appareils, dont les Smartphones, les ordinateurs portables, les tablettes et les téléphones IP, pour un coût bien réduit.

Pour la transmission des paquets qui portent de la voix, la VoIP utilise un certain nombre de protocoles pour établir, contrôler et gérer des conversations à haute qualité. Il s'agit notamment du protocole RTP (Real Time Transport), qui définit un format de paquet standard pour la transmission de médias sur Internet. En outre, le protocole SIP (Session Initiation Protocol) est un protocole de signalisation utilisé pour établir, maintenir et terminer une session entre deux ou plusieurs utilisateurs. Les données audio et vidéo sont décomposées en paquets qui sont envoyés sur le réseau Internet puis reconstruits à la réception pour délivrer le message qui a été émis en temps réel avec un synchronisme rigoureux.

La voix IP est une solution très efficace et économique pour le trafic téléphonique intra et inter-entreprises. Notre projet de fin d'étude porte sur la mise en place d'un réseau de VoIP en utilisant des téléphone IP réels de type SIP –T19P de marque 'Yealink' et des moyens réseau disponible au niveau du laboratoire de télécommunication de notre département afin d'assurer une communication vocale à travers le réseau Internet de l'université. Ceci peut nous servir comme une solution économique et efficace pour le service téléphonie intra-université. Le protocole SIP sera utilisé pour remplir la fonction de signalisation et routage entre les différents postes IP passant par un serveur central VoIP qui gère et contrôle l'échange des paquets de données dans le réseau.

Notre mémoire est structuré de la manière suivante :



- Dans le premier chapitre intitulé "Etude générale de la voix sur IP", nous présentons les différents types de communication sur IP, les différents équipements pouvant composer un réseau VoIP, la qualité de service et le concept de VoIP.
- Le deuxième chapitre traite les différents protocoles de signalisation à savoir H.323 et SIP ainsi que les protocoles de transport RTP et RTCP et leur fonctionnement.
- Le troisième chapitre présente les étapes pour installer un serveur VoIP qui s'appelle FreePBx et créer des comptes utilisateurs IP pour effectuer une communication entre des téléphones IP physiques. Une partie de ce chapitre est consacrée pour capturer les paquets échangés pendant un appel de test afin de les analyser avec le logiciel Wireshark.
- On clôturera le manuscrit par une conclusion générale. Une annexe a été rajoutée contenant les étapes pratiques qu'on a faites pendant notre travail.

*Chapitre I*  
*Etude générale de la*  
*voix sur IP*

## **I.1. Introduction**

La voix sur IP (VoIP : Voice over IP) est une technique qui permet la communication vocale (ou via des flux multimédias : audio ou vidéo) sur des réseaux compatibles IP, qu'il s'agisse de réseaux privés ou de l'Internet, filaires (câble/ADSL/optique) ou non (satellite, Wi-Fi, GSM, UMTS ou LTE). La VoIP concerne le transport de la voix sur un réseau tout IP (de bout en bout). Cette technologie est complémentaire de la téléphonie sur IP (ToIP pour Telephony Over Internet Protocol). L'objectif de ce chapitre est de présenter des généralités sur cette technologie.

## **I.2. VoIP et ToIP :**

### **I.2.1. Définition :**

#### **➤ La voix sur IP (VoIP)**

VoIP (Voice Over Internet Protocole) est une technologie qui permet aux gens d'utiliser Internet comme moyen de transmission pour la communication vocale. Le protocole Internet (IP) a été conçu à l'origine pour gérer les réseaux de données, et après le succès, le protocole a été appliqué à la gestion de la voix en convertissant et en transmettant des informations en paquets des données IP. Depuis sa création, d'énormes progrès ont été accomplis, et maintenant la VoIP a gagné en popularité en tant qu'alternative aux téléphones traditionnels dans les foyers et les entreprises.

Les fonctions fournies par VoIP ne se limitent pas à la transmission vocale. Avec la VoIP, vous pouvez envoyer et recevoir des messages vocaux, des e-mails, des fax, créer des répondeurs automatiques, participer à des conférences audio et / ou vidéo, etc. La VoIP est à présent disponible sur de nombreux Smartphones, ordinateurs et tablettes. [1]

Cette technologie est complémentaire de la téléphonie sur IP (« ToIP » pour Telephony Over Internet Protocol).



**Figure I.1** Equipements nécessaires pour utiliser la VoIP

### ➤ **Telephone over Internet Protocol (ToIP)**

ToIP (Internet-based telephony) est un service de communication public ou privé qui utilise le protocole de réseau Internet (IP). La technologie ToIP convertit la voix en données via le protocole IP. Ensuite, ces données sont diffusées sur le réseau local, puis transcrites à l'interlocuteur par la voix.

La technologie ToIP permet de s'appuyer sur l'infrastructure réseau IP existant pour connecter des terminaux, des téléphones IP ou des solutions logicielles (comme Skype).

En bref la ToIP est basée sur la VoIP mais la VoIP offre des services et applications supplémentaires multiples : couplage téléphonie informatique (CTI), visioconférence sur IP, orientation des appels, messagerie vocale unifiée... [2]

### **I.2.2. Différence entre ToIP et VoIP :**

La ToIP et la VoIP sont deux technologies proches mais pourtant distinctes. Si les deux utilisent le protocole internet IP, leur mode de fonctionnement diffère. En effet, la VoIP transforme la voix en fichiers numériques, qu'elle envoie sous forme de paquets sur un réseau de données (par exemple Internet) au travers de lignes numériques IP. Elle regroupe l'ensemble des techniques

permettant ce transit : d'un téléphone IP à un PC ou un téléphone "normal", ou encore d'un ordinateur à un autre sur les réseaux internes et externes d'une entreprise.

La ToIP est quant à elle un système de téléphonie qui se limite au réseau IP local. Elle utilise un simple routeur créant la connexion entre le réseau LAN (société) et le réseau WAN (opérateur), c'est ce qu'on appelle IPBX. La ToIP regroupe tous les échanges de téléphone IP à téléphone IP, ou encore d'ordinateur à ordinateur (en utilisant le même logiciel).

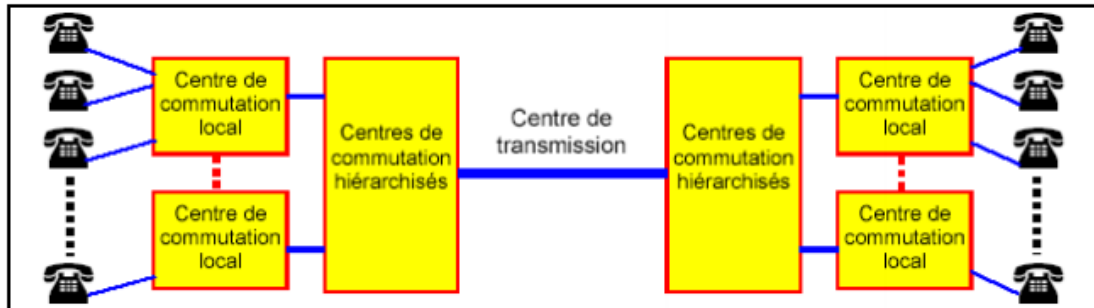
Si la ToIP est basée sur VoIP, la VoIP offre des applications et services multiples au-delà de la simple téléphonie : visioconférence sur IP, messageries vocales unifiées... Cette technologie permet une convergence entre la voix, la vidéo et les données.

### **I.3. Le Réseau téléphonique commuté**

Réseau Téléphonique Commuté ou RTC est tout simplement le réseau téléphonique filaire 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 la réception de fax, l'utilisation d'un minitel, accéder à Internet via la technologie ADSL, etc.... Il se base sur les protocoles de transmission utilisés sur la paire de cuivres ou boucle local. [3]

#### **I.3.1. Principe du RTC**

L'RTPC, Réseau téléphonique public commuté ou simplement RTC, a essentiellement pour objet le transfert de la voix de point à un autre point distant. Utilisant le principe de la commutation de circuits, il met en relation deux interlocuteurs distants à travers une liaison dédiée pendant tout l'échange. [3]



**Figure I.2 :** Le réseau téléphonique commuté RTC.

### **I.3.2. Principe de fonctionnement de VoIP**

Le principe de la Voix sur IP est d'envoyer des paquets de données contenant les échantillons de la voix numérisée à travers le réseau Internet en se basant sur le protocole IP.

Lorsqu'un utilisateur souhaite communiquer avec d'autres, une phase d'établissement de connexion sera tout d'abord effectuée entre les deux terminaux. Ensuite, l'utilisateur peut commencer à parler via un microphone générant un signal analogique qui sera par la suite numérisé et compressé par la machine avant d'être émis. A la réception on retrouve les opérations inverses qui permettent retrouver le signal d'origine (signal synthétisé).

## **I.4. PABX et PBX IP**

### **I.4. 1. Le PABX :**

Un PABX (Private Automatic Branch eXchange) il est utilisé principalement pour connecter les périphériques téléphoniques de l'entreprise (lignes internes) au réseau téléphonique public (lignes externes). Il permet également la mise en œuvre d'un certain nombre de fonctions, notamment :

- 1) Permettre les appels entre des postes internes sans utiliser le réseau public.
- 2) Distribuer les appels téléphoniques entrants.
- 3) Permettre les appels téléphoniques de départs.
- 4) Fournir des services d'intégration de téléphonie informatique (CTI).
- 5) gérer les terminaux téléphoniques, qui peuvent être des postes numériques ou analogiques.

6) gérer toutes les autres fonctions ou options telle que la taxation. [3]

#### I.4.2. Le PBX IP :

Il est responsable de l'échange des appels et de leur autorisation, et dans certains modèles, il peut également jouer le rôle de routeur ou de commutateur et/ou de serveur DHCP. Il peut avoir des interfaces de type analogique (fax), numérique (étendu), numérique (RNIS, QSIG) ou opérateur (PSTN-PSTN ou RNIS). Il peut être géré par IP dans l'intranet ou sur un logiciel serveur interne ou externe dédié.

Il peut aussi s'interconnecter avec d'autres PABX-IP ou PABX non IP de même marque (réseau homogène) ou d'autres PABX d'autres marques (réseau hétérogène) [4].

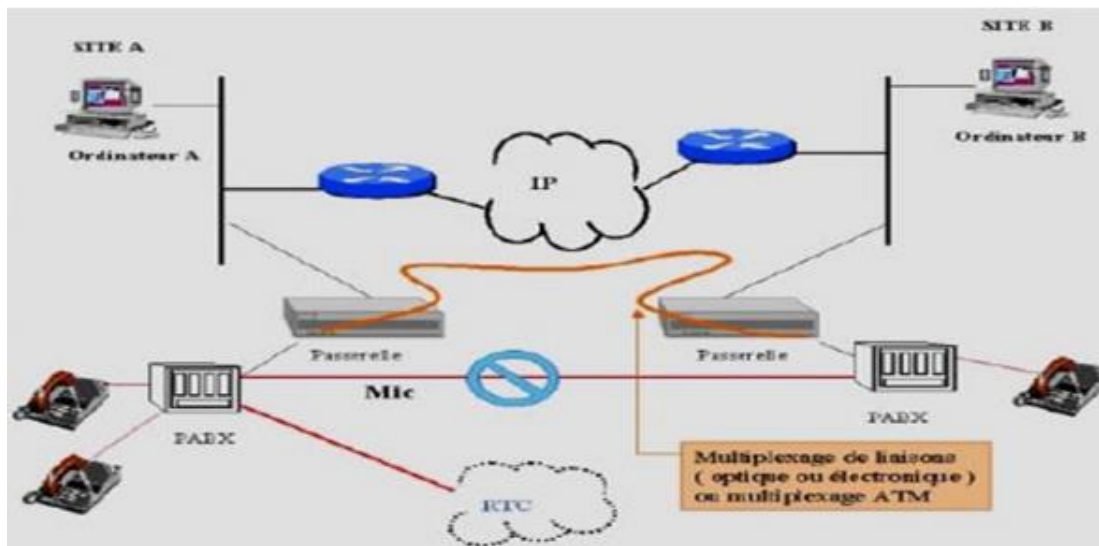


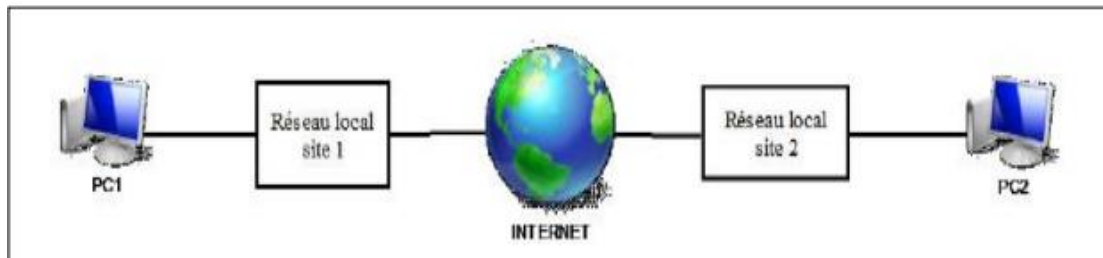
Figure I.3 : Interconnexion de PABX.

#### I.5. Architecture de la voix sur IP

Il y a trois types pour réaliser une connexion téléphonique à base d'IP : la VOIP de PC à PC, la VOIP de PC à téléphone et la VOIP de téléphone à téléphone.

➤ **Communication de PC à PC :**

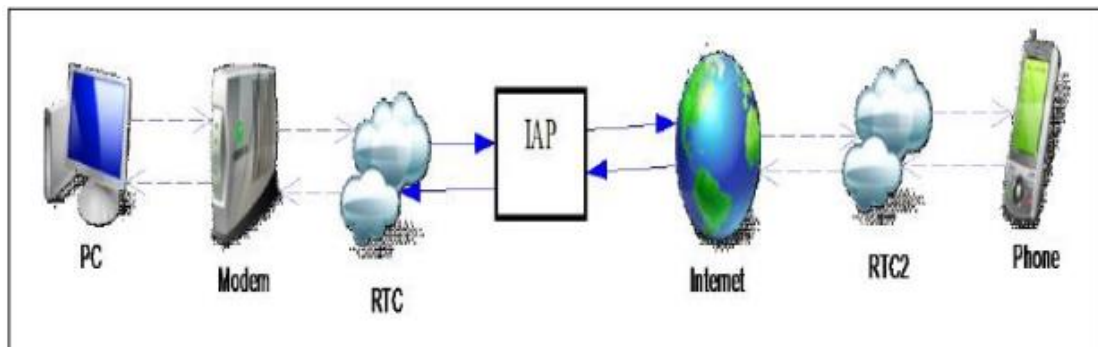
Dans ce type, chaque ordinateur est équipé d'une carte de son, microphone et haut-parleur. Il se connecte directement au réseau Internet grâce au modem ou avec une carte NIC. Les ordinateurs doivent disposer d'un logiciel VoIP pour pouvoir effectuer des appels.



**Figure I.4 :** communication PC à PC.

➤ **Communication de PC à Téléphone :**

Ce type est plus développé que le modèle précédent (PC à PC). Il permet à l'utilisateur de faire des appels vers le réseau RTC et vice-versa. Dans ce modèle le réseau IP et réseau RTC sont connectés grâce à une passerelle.



**Figure I.5 :** Communication PC à Téléphone

➤ **Communication de téléphone à téléphone :**

Afin d'élargir le type PC à téléphone, celui-ci utilise le réseau internet pour réaliser des communications entre les réseaux PSTN. Pour faire un tel appel, le réseau PSTN se connecte avec la passerelle la plus proche et puis la passerelle se charge de convertir le numéro de téléphone à une adresse IP pour acheminer les paquets vers leur destination.



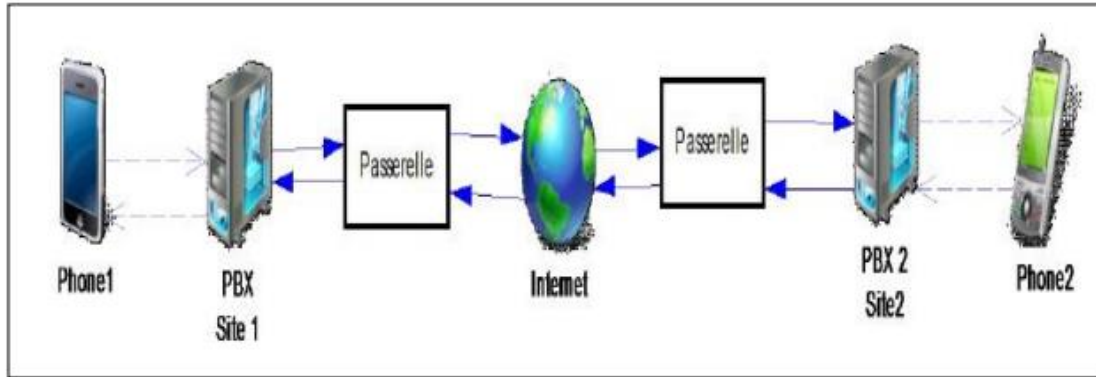


Figure I.6 : Communication Téléphone à Téléphone.

### I.6. Fonctionnement de la VoIP :

La VoIP consiste dans un premier temps à numériser la voix, c'est-à-dire le passage d'un signal analogique à un signal numérique. Les étapes de numérisation sont illustrées dans la Figure I.7 :

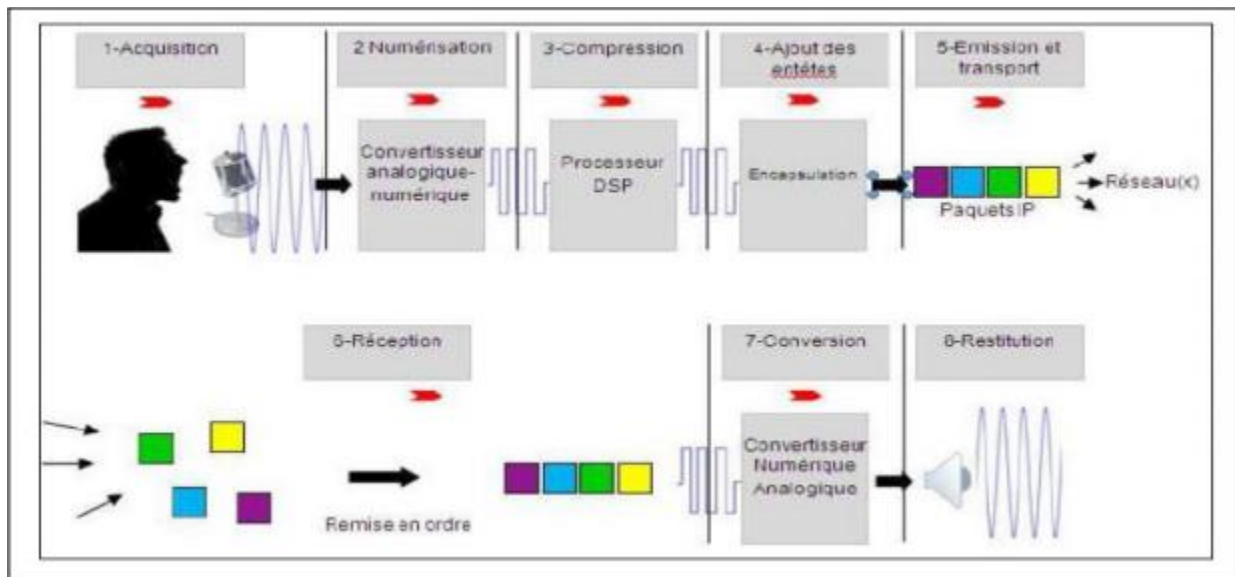


Figure I.7 : Le principe de fonctionnement de la VoIP.

#### I.6.1 Acquisition du signal

La première étape consiste à utiliser un microphone (que ce soit intégré dans un téléphone ou un casque) pour capter le signal vocal.

### **I.6.2 Numérisation**

La numérisation de la voix s'effectue en trois étapes via le convertisseur analogique-numérique (CAN) :

- Echantillonnage du signal sonore : un prélèvement périodique du signal.
- Quantification : qui consiste discrétiser les valeurs continues des échantillons.
- Codage : qui consiste à affecter un code numérique à chaque échantillon quantifié.

Plus les échantillons sont codés sur un nombre important de bits, meilleure est la qualité du signal numérisé.

### **I.6.3 Compression**

Une fois le signal numérisé, il peut être traité par le DSP (processeur de signal numérique) et il sera donc compressé, c'est-à-dire qu'on doit garder seulement la quantité d'information nécessaire pour exprimer le signal. L'avantage de la compression est qu'elle réduit la bande passante nécessaire pour transmettre le signal.

### **I.6.4 Habillage des en-têtes**

Avant que les données ne soient des paquets de données prêts à envoyer sur le réseau, un traitement essentiel doit être accompli, il s'agit de l'ajout des entêtes qui contiennent des informations riches sur l'adressage complet de source et destination et sur le protocole d'acheminement entre les nœuds de commutation du réseau.

### **I.6.5 Emission et transport**

Les paquets de données sont acheminés du point de transmission au point de réception, et aucun chemin spécifique n'est réservé pour leur transport. Ils peuvent emprunter des chemins tout à fait différents dans leur voyage dans le réseau avant de se réunir dans le point de réception.

### **I.6.6 Réception**

Vu que les chemins des paquets sont différents, ils arrivent à la machine de destination dans un ordre quelconque. Par conséquent, ils doivent être réordonnés dans le bon ordre (ordre d'émission).

### I.6.7 Conversion numérique analogique

En réception, on doit effectuer les opérations inverses à celles effectuées en émission. La conversion numérique-analogique (CNA) est donc l'opération inverse de la conversion CAN.

### I.6.8 Restitution du signal

Enfin, le signal reçu peut être transcrit en une voix à travers un convertisseur adapté que ce soit un haut-parleur intégré dans le récepteur téléphonique ou un casque audio. [5]

## I.7. Les équipements réseau

Pour créer des services permettant d'utiliser la VoIP, vous devez disposer d'une infrastructure qui consiste en des logiciels et des systèmes nécessaires. La figure I.8 décrit, de manière générale, la topologie d'un réseau de téléphonie IP.

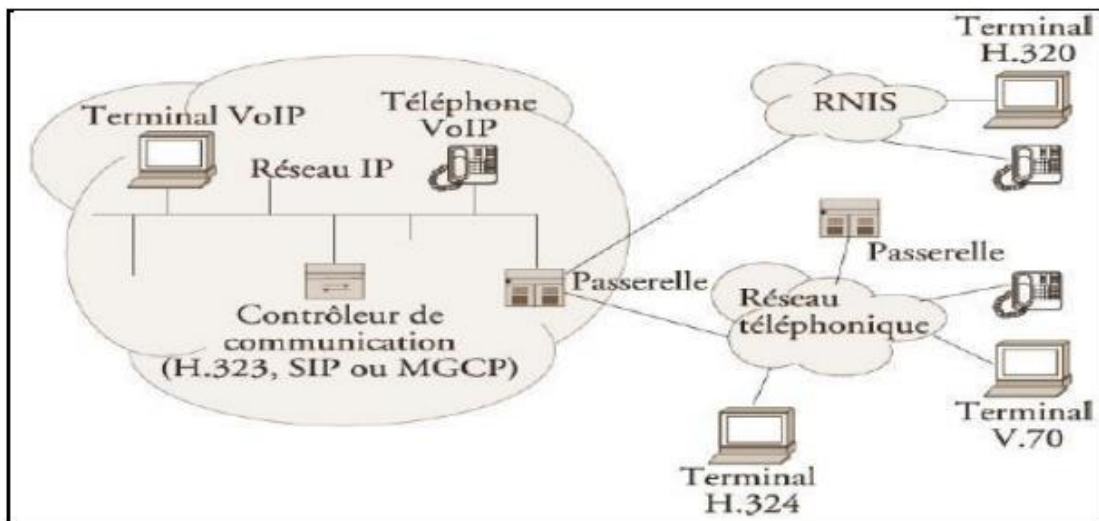


Figure I.8 : Architecture d'un réseau VOIP

### I.7.1. Terminaux VoIP

Il existe deux types d'équipements terminaux :

- ✓ Les terminaux logiciels : qui sont les soft-phones ou soft-vidéo-phones qui s'installent sur des PC, smartphones ou tablettes.
- ✓ Les terminaux matériels actifs : ToIP (Terminal over Internet Protocol) utilisés en téléphonie, domotique et télésurveillance. [6]

**I.7.2. Le serveur de communication**

Il gère les autorisations d'appel entre les terminaux IP ou les soft phones et les différents signaux du réseau. Il peut disposer d'interfaces réseau opérateur (RTC ou RNIS), sinon les appels externes passeront par une passerelle dédiée. Exemple : (Call Manager de Cisco). [7]

**I.7.3. La passerelle (Gateway)**

C'est un élément de routage équipé de cartes d'interfaces analogiques et/ou numériques pour s'interconnecter soit avec d'autres PABX (en QSIG, RNIS ou E&M), soit avec des opérateurs de télécommunications locales, nationales ou internationales. Plusieurs passerelles peuvent faire partie d'un seul et même réseau, ou l'on peut également avoir une passerelle par réseau local (LAN). La passerelle peut également assurer l'interfaçage de postes analogiques classiques afin d'utiliser toutes les ressources du réseau téléphonique (appels internes et externes, entrants et sortants). [8]

**I.7.4. Le routeur**

Le routeur est l'équipement électronique intelligent capable d'assurer l'acheminement des données et les paquets entre plusieurs réseaux qui peuvent fonctionner par des protocoles différents. Certains routeurs permettent de jouer le rôle de gatekeeper grâce à l'ajout de cartes spécialisées supportant les protocoles VoIP.

**I.7.5. Le Switch**

Le switch ou le commutateur assure la distribution et la commutation des trames entre des dizaines de ports Ethernet à 10/100 ou même 1000 Mbps. Selon les modèles, il peut intégrer la télé-alimentation des ports Ethernet à la norme 802.3af pour l'alimentation des téléphones IP ou des bornes WiFi en 48V.

**I.7.6. Le Gatekeeper (garde-barrière)**

Le Gatekeeper assume les fonctions de contrôle d'appels et de gestion de terminaux. Cet équipement détient l'intelligence du réseau et donne les fonctionnalités de téléphonie aux terminaux distants.

Physiquement, Gatekeeper est un serveur informatique localisé sur le même réseau que les terminaux téléphoniques IP sont raccordés.

### I.7.7. L'équipement supplémentaire (MCU)

Le MCU (Multi Conferences Unit) est un élément supplémentaire facultatif et gère les conférences audio-vidéo.

### I.7.8. Le Soft-phone

Il s'agit d'un logiciel qui simule le téléphone IP physique et fournit toutes les fonctions téléphoniques et utilise la carte son et le microphone du PC de l'utilisateur, ainsi que la carte Ethernet du PC. Il est géré soit par le Call Manager, soit par le PABX-IP. [8]

## I.8. Qualité de service de la voix IP

La qualité de service (QoS) est un concept important à prendre en compte lors de la mise en œuvre de la VoIP. L'objectif est de garantir que les trames IP seront transférées sur le réseau avec un minimum d'altération acceptable afin restituer la voix dans des bonnes conditions.

### I.8.1 Qualité de codage

En général, plus le taux de compression est élevé par rapport à la référence de 64Kb/s (G711), plus la qualité de la voix est mauvaise. Les algorithmes de compression récents permettent d'atteindre des taux de compression élevés tout en maintenant une qualité vocale acceptable. L'acceptabilité par l'oreille humaine des différents algorithmes est définie selon le critère MOS (Mean Operationnal Score), défini par l'organisme international de normalisation ITU (International Télécommunication Union). Dans la pratique, les deux algorithmes les plus utilisés sont G.729 et G.723.1. Le tableau I.1 ci-dessous présente une liste de codecs avec leurs débits binaires correspondants.

Codec	Débit [Kbps]
G.711	64
G.726	16/24/32/40
G.727	16/24/32/40
G.728	16
G.729	8
G.729a	8
G.723.1	5.3/6.3

**Tableau I.1** : Liste des codecs avec leur débit correspondant

### **I.8.2. Délai d'acheminement**

On dit aussi latence (Delay), c'est le délai de transit d'un paquet de données dans le réseau. Selon la norme ITU G114, si le délai d'acheminement est :

- ✓ Entre 0 et 150 ms, il permet une conversation normale.
- ✓ Entre 150 et 300 ms, il permet une conversation de qualité acceptable.
- ✓ Entre 300 et 700 ms, il permet uniquement une diffusion de voix en half-duplex. [3]

### **I.8.3. Gigue (jitter)**

La gigue est la variation statistique du délai de transmission. En d'autres termes, elle mesure la variation temporelle entre le moment où deux paquets auraient dû arriver et celui où ils sont effectivement arrivés. Plusieurs raisons expliquent l'irrégularité de l'acheminement des paquets dans le réseau, notamment : l'encapsulation des paquets IP dans les protocoles pris en charge, la charge du réseau à un moment donné et la variation des chemins empruntés dans le réseau.

### **I.8.4. Perte des paquets**

L'Internet ne garantit pas que tous les paquets soient remis à leurs destinations. En effet, des paquets peuvent être perdus à cause de la congestion ou de la bande passante. Pour la VoIP, le taux de perte de paquets devrait être inférieur à 10%.

En raison du délai limité, les protocoles de retransmission ne sont pas satisfaits pour données une solution à ce problème. Il existe certaines méthodes pour résoudre le problème de la perte de paquets. Par exemple, les paquets perdus peuvent être remplacés par des signaux calmes (des silences), ou bien réduire la transmission des paquets par des techniques d'impression de signal. [3]

### **I.8.5 Echo**

L'écho est le retour du signal vers sa source. C'est un phénomène lié principalement à des ruptures d'impédance lors du passage de 2 fils à 4 fils. Le phénomène d'écho est particulièrement sensible à un délai d'acheminement supérieur à 50 ms. Il est donc nécessaire d'incorporer un équipement ou un logiciel qui permet d'annuler l'écho. [9]

## **I.9. Avantages et Inconvénients de la VoIP**

### **I.9.1 Avantages**

La voix sur IP a un grand nombre de prestations et avantages parmi lesquels :

✓ **Docilité :**

L'acheminement de l'aboutissement actuel vers la téléphonie sur IP peut donc être pratiqué en douceur. L'afflux facilite l'intégration avec le système d'information et simplifie l'infrastructure.

✓ **La réduction des coûts**

En utilisant la VoIP à la place du réseau RTC (Réseau téléphonique commuté), les entreprises peuvent réduire le coût des communications privées surtout dans le contexte des communications internationales. Dans l'utilisation de réseaux WAN/IP intersites, les réductions de coût sont plus intéressantes surtout s'il existe de nombreux sites distants. De manière plus simple, la communication entre deux personnes utilisant la VoIP pourrait réduire considérablement leurs frais de communication). [3]

✓ **Standardisation et interopérabilité entre les fournisseurs :**

L'architecture utilisée est unique lorsque le réseau téléphonique est intégré dans le réseau de données pour former un seul réseau de communication.

✓ **Mobilité :**

VoIP peut être accessible partout où vous pouvez accéder à Internet. C'est donc parfait pour les utilisateurs à mobilité élevée. Ce qui accorde de maximiser les ressources et mieux les manier afin de réaliser des économies substantielles sur l'administration et l'infrastructure.

✓ **Multiplés fonctionnalités**

VoIP offre de nombreuses fonctionnalités qui ne sont pas couramment retrouvées dans le téléphone classique : appel à plusieurs utilisateurs, appel en attente / transfert, identification de l'appelant et blocage de l'ID de l'appelant, pour n'en nommer que quelques-uns. Egalement aussi la gestion des trois réseaux (voix, données et vidéo) par l'unique transport IP.

### **I.9.2 Inconvénients**

Néanmoins, cette technologie a quelques inconvénients, notamment : sa qualité, sa fiabilité et sa sécurité qui sont des paramètres à prendre en compte dans des futures générations.

✓ **Problème de sécurité :**

Puisque la VoIP repose sur l'utilisation du réseau IP, et vu que ce dernier est caractérisé par ses failles de sécurité, elle sera aussi mise face aux mêmes menaces de sécurité. Ainsi, en utilisant un réseau de données déjà existant, on doit aussi retrouver les problèmes de sécurité existants déjà sur les réseaux informatiques.

✓ **Fiabilité et qualité sonore :**

Un des problèmes les plus importants de la téléphonie sur IP est la qualité de la retransmission qui n'est pas encore optimale. En effet, des désagréments telle la qualité de la reproduction de la voix du correspondant ainsi que le délai entre le moment où l'un des interlocuteurs parle et le moment où l'autre entend peuvent être extrêmement problématiques dans un milieu professionnel. [10]

### **I.10. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté la technologie VoIP, son principe de fonctionnement, les différents types de communications basées sur IP et ses avantages et inconvénients. La VoIP pourrait être la solution la plus rentable pour les conversations : cette technologie, bien qu'elle ne soit pas encore mature, permet de garantir des services plus ou moins efficaces avec un coût bien réduit pour les entreprises et les particuliers.

En Algérie, cette technologie n'est pas encore bien développée en raison du manque de fournisseurs de service VoIP. Cependant, certaines applications de cette technologie peuvent être déployées dans les entreprises multisites, ce qui permettra de faire migrer les communications du réseau de communications réseau du RTPC vers un réseau tout IP.



***Chapitre II***  
***Les protocoles de la***  
***voix sur IP***

**II.1. Introduction :**

La voix sur IP nécessite l'utilisation de divers protocoles pour transmettre les données en temps réel et gérer la congestion du réseau.

Les protocoles VoIP sont divisés en trois parties : protocoles de signalisation, protocoles standards et protocoles de transport.

L'objectif de ce chapitre est de définir les différents protocoles ainsi que leur principe de fonctionnement et leurs principaux avantages et inconvénients.

**II.2. Le protocole H.323 :**

Avec le développement du multimédia sur les réseaux, il est devenu nécessaire de créer des protocoles qui supportent ces nouvelles fonctionnalités, telles que la visioconférence qui s'agit d'envoyer le son et la vidéo en synchronisme rigoureux et en temps réel, le protocole H.323 en est exemple. Il permet de faire de la visioconférence sur des réseaux IP [11]

H.323 est un protocole de communication englobant un ensemble de normes utilisées pour l'envoi de données audio et vidéo sur Internet. Il existe depuis 1996 et a été initié par l'ITU (International Communication Union), un groupe international de téléphonie qui développe des standards de communication.

Concrètement, il est utilisé dans des applications telles que Microsoft NetMeeting, ou encore dans des équipements tels que les routeurs Cisco. Il existe un projet Open H.323 qui développe un client H.323 en logiciel libre afin que les utilisateurs et les petites entreprises puissent avoir accès à ce protocole sans avoir à déboursier beaucoup d'argent.

Le protocole H323 est le plus connu et se base sur les travaux de la série H.320 sur la visioconférence sur RNIS (réseau Numérique à Intégration de Services), c'est une norme fixée avec de très nombreux produits sur le marché (terminaux, Gatekeeper, Gateway, logiciels). [12]

**II.2.2. Définition de la signalisation :**

La signalisation désigne la transmission d'un ensemble de signaux et d'informations de contrôle échangés entre les machines participantes à une communication. Ces participants peuvent être des entités en bout de ligne (terminaux) ou des entités intermédiaires qui contrôlent et gèrent les communications. Leurs dialogues permettent l'initiation, la négociation, l'établissement, le

maintien et la fermeture de la connexion. Il est important de distinguer deux types de transferts afin de comprendre ce qu'est la signalisation :

- ✓ Transfert de données brutes.
- ✓ Transfert d'informations de contrôle.

### **II.2.3. Les versions du protocole H.323 :**

Le protocole H.323 est développé suivant six versions :

**H.323-version 1, approuvée en juin 1996 :** qui est une version de base pour juste établir et libérer des appels.

**H.323-version 2, approuvée en février 1998 :** qui définit une procédure d'établissement d'appel 'fast connect', ainsi que la sécurisation des conférences :(authentification, intégrité.) et le transfert et redirection des appels.

**H.323-version 3, approuvée en septembre 1999 :** qui est marquée par la restriction de la présentation de l'identité du correspondant, appel en attente et indication de l'appel en attente.

**H.323-version 4, approuvée en novembre 2000 :** qui donne la possibilité de transmettre des tonalités DMTF avant que l'appel ne soit complètement établi, ainsi que l'identification du nom, rappel sur occupation...etc.

**H.323-version 5, approuvée en Juillet 2003 :** qui assure la correction de quelque problème mineur et la possibilité d'utiliser SCTP pour transporter de la signalisation.

**H.323-version 6, approuvée en juin 2006 :** qui ajoute un support de codes plus élargi et permet la spécification de la qualité de service avec la norme H.361. [13]

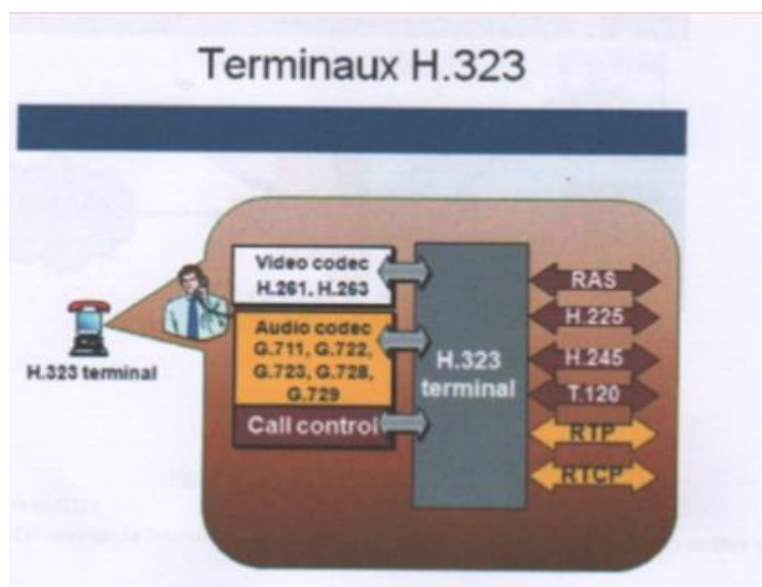
### **II.2.4. Architecture et fonctionnalités du protocole H.323 :**

Le protocole H.323 est construit autour d'une architecture particulière qui sera décrite dans ce qui suit. Cette architecture concentre les fonctionnalités autour d'entités, ce qui explique que pourquoi le protocole H.323 est considéré comme fortement centralisé. Tout d'abord, nous allons citer et définir les quatre entités introduites par le protocole H.323.

**Les quatre entités d'une architecture H.323 :**

Le protocole H.323 axe très fortement ses communications sur un type d'équipement. La terminologie anglaise est couramment utilisée dans la documentation française, donc il est conseillé de la connaître. Dans ce qui suit, les premiers termes donnés peuvent être considérés comme les plus courants.

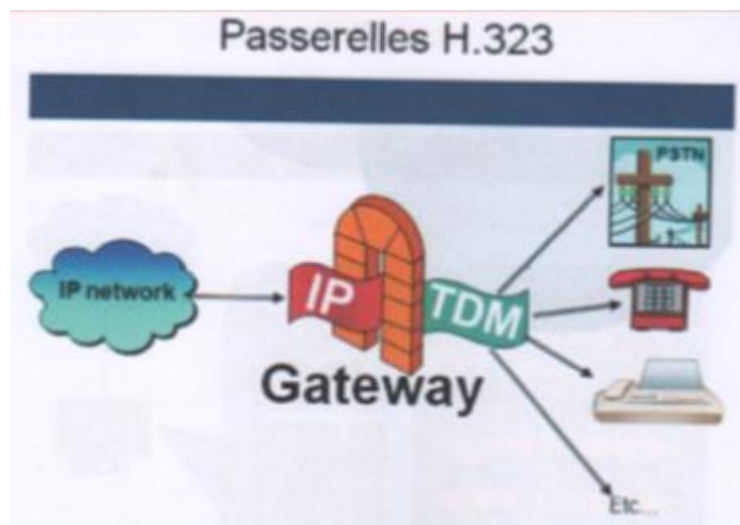
- **Terminaux :** (au moins deux). Ce sont les équipements de traitement destinés aux utilisateurs, leur permettant d'émettre et de recevoir des appels. Deux terminaux doivent au minimum être présents pour qu'une communication ait lieu. [13]



**Figure II.1 :** Terminaux H.323

- **Gatekeeper :** ou les portiers dans la norme H.323 qui est le point d'entrée au réseau pour un client H.323. Il définit une zone sur le réseau, appelée zone H.323 regroupant plusieurs terminaux, Gateway et MCU dont il gère le trafic, le routage LAN, et l'allocation de la bande passante. Les clients ou les Gateway s'enregistrent auprès du Gatekeeper dès l'activation de celui-ci, ce qui leur permet de retrouver n'importe quel autre utilisateur à travers son identifiant fixe obtenu auprès de son Gatekeeper de rattachement. Le Gatekeeper assure un certain nombre de fonctions :
  - ✓ La translation des alias H.323 vers des adresses IP, selon les spécifications RAS (Registration/Admission/Status) ;

- ✓ Le contrôle d'accès, en interdisant les utilisateurs et les sessions non autorisés ;
  - ✓ La gestion de la bande passante, permettant à l'administrateur du réseau de limiter le nombre de visioconférences simultanées. Concrètement une fraction de la bande passante est allouée à la visioconférence pour ne pas gêner les applications critiques sur le LAN et le support des conférences multipoint Ad-hoc.[13]
- **Passerelle** : ou Gateway, il s'agit de l'équipement qui permet aux utilisateurs du réseau IP de joindre des utilisateurs actifs sur d'autres types de réseaux téléphoniques, RTC, RNIS ou ATM. Il peut y avoir autant de passerelles différentes que nécessaire, en fonction de la nature des réseaux non IP à interconnecter. [13]

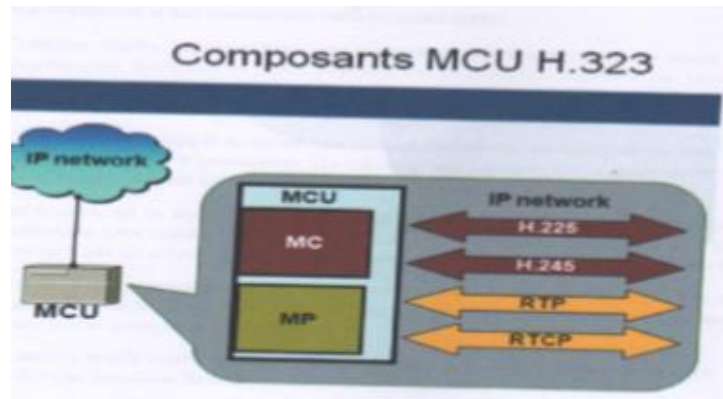


**Figure II.2:** La passerelle H.323

- **MCU (Multipoint Control Unit)** : ou unité de contrôle multipoint, parfois appelée pont Multipoint. C'est l'équipement permettant la gestion des conférences, c'est-à-dire les communications multimédias mettant en jeu plus de deux interlocuteurs. Ces derniers doivent préalablement se connecter à la MCU, sur laquelle s'établissent les demandes et négociations des paramètres à utiliser lors de la conférence (voir la figure II.3). [13]

### II.2.5. Établissement d'un appel avec le protocole H.323 :

Nous pouvons constater la complexité de l'appel suivant le protocole H.323. En effet, l'établissement d'un appel comprend les différentes étapes suivantes :



**Figure II.3 :** Composant MCU H.323

Sur la figure II.4 suivantes, la flèche verte indique l'étape d'établissement de la couche transport en TCP notifie également au récepteur que l'appel a commencé.

La flèche orange indique l'étape d'échange du numéro de canal logique et des caractéristiques disponibles, ainsi qu'un échange pour déterminer quels codecs peuvent être utilisés. À ce stade, il y a beaucoup de transactions pour établir une connexion H.245.

La flèche violette indique la phase de communication où l'utilisation du protocole UDP est identique au protocole SIP.

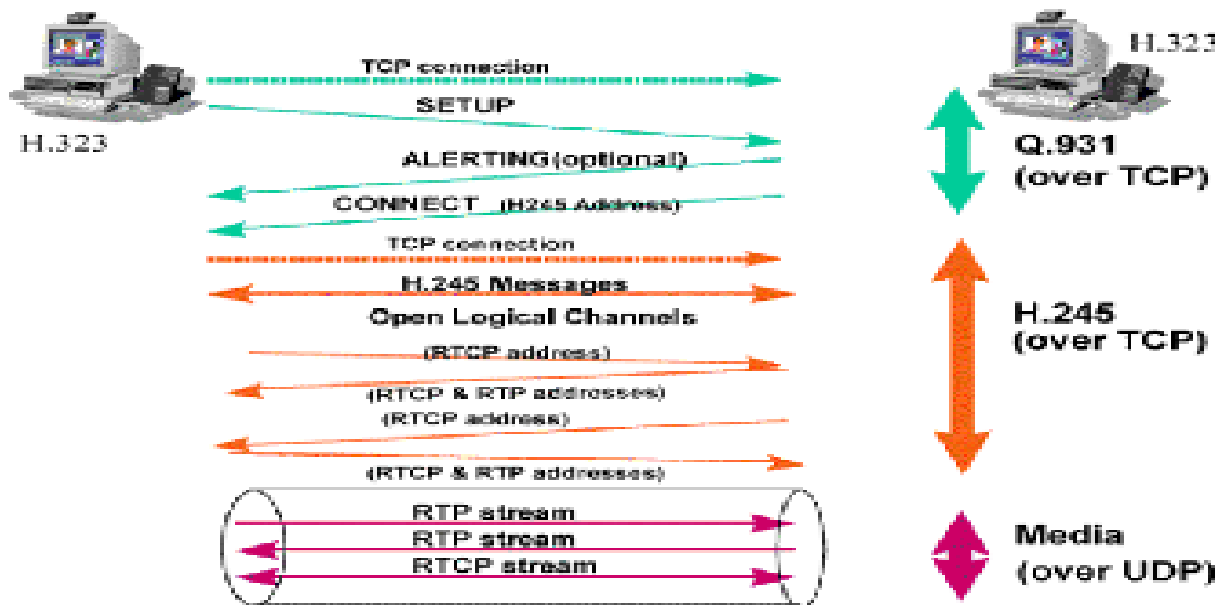


Figure II.4 : Établissement d'un appel avec le protocole H.323

### II.2.6. Avantages et inconvénients du protocole H323 :

- **Avantages :** Le protocole H323 présente des avantages multiples parmi lesquels on peut citer :
  - ✓ **Gestion de la bande passante :** la norme H.323 permet de gérer la bande passante en imposant des limites au flux audio/vidéo afin de garantir le bon fonctionnement des applications critiques sur le réseau local. Chaque terminal H.323 peut effectuer un ajustement de la bande passante et une modification du débit en fonction du comportement de réseau en temps réel (latence, perte de paquets et gigue).
  - ✓ **Support multipoint :** H.323 permet des conférences multipoints via une MCU (Multipoint Control Unit) centralisée ou en mode ad-hoc (point-à-point).
  - ✓ **Prise en charge de la multidiffusion :** La norme H.323 prend également en charge les transmissions multicast.
  - ✓ **Interopérabilité :** H.323 permet aux utilisateurs de ne pas se soucier de la manière dont les communications sont effectuées, les paramètres (codecs, débit...) sont négociés de manière transparente et automatique.
  - ✓ **Flexibilité :** une conférence H.323 peut inclure des terminaux hétérogènes (studio de vidéoconférence, PC, téléphones...) qui peuvent partager la voix, la vidéo et même les données grâce aux spécifications T.120.

- **Inconvénients** : Cependant, le H.323 présente quelques inconvénients qui sont :
    - ✓ Complexité de mise en œuvre et problèmes d'architecture concernant la convergence des services de téléphonie et d'Internet, ainsi qu'un manque de modularité et de flexibilité.
    - ✓ Comprend de nombreuses options qui peuvent être mises en œuvre de différentes manières par différents fabricants et qui posent donc des problèmes d'interopérabilité.
- [14]

### II.3. Protocole SIP :

Contrairement à H.323, SIP est un protocole influencé par le monde Internet. Il s'appuie fortement sur deux protocoles de l'IETF existants : HTTP pour la structure requête-réponse et SMTP pour la structure d'en-tête de message SIP.

SIP est basé sur le paradigme client/serveur. Contrairement à H.323, il définit des architectures logicielles et non matérielles. Il existe deux types de lecteurs SIP :

- ✓ Client SIP, qui envoie ou reçoit des messages SIP pour contrôler les sessions SIP (une session est une association de bout en bout entre plusieurs terminaux cherchant à échanger des informations) ;
- ✓ Serveur SIP, chargé de localiser l'appelé et/ou de router les messages entre l'appelant et l'appelé.

Bien que les services initialement fournis appartiennent au type conférence (voix, vidéo, partage de documents), le SIP donne également accès à des services de messagerie instantanée, des services de statut : *Push-to-Talk*. [15]

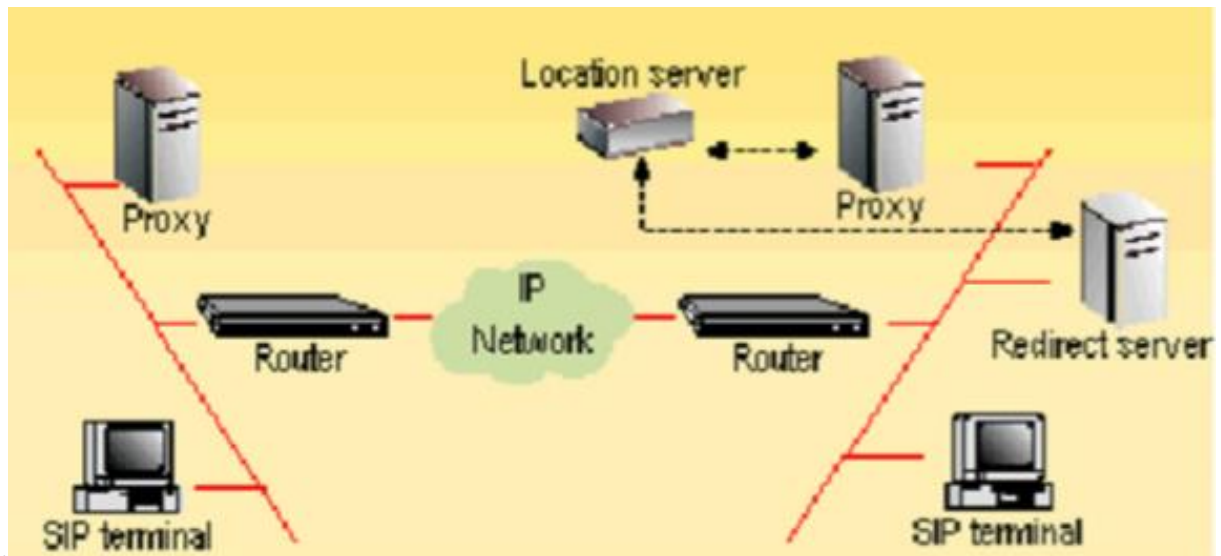
#### II.3.1. Architecture des réseaux basés sur SIP :

Contrairement à H.323, largement fondé sur une architecture physique, le protocole SIP s'appuie sur une architecture purement logicielle. L'architecture de SIP s'articule principalement autour des cinq entités suivantes :

- ✓ Terminal utilisateur ;
- ✓ Serveur d'enregistrement ;
- ✓ Serveur de localisation ;
- ✓ Serveur de redirection ;



- ✓ Serveur proxy.



**Figure II. 5** : Architecture des réseaux basés sur SIP

### II.3.1.1. Terminal SIP :

Le terminal est l'élément dont dispose l'utilisateur pour appeler et être appelé voir figure II.6. Il doit donc permettre de composer des numéros de téléphone. Il peut se présenter sous la forme d'un composant matériel (un téléphone) ou d'un composant logiciel (un programme lancé à partir d'un ordinateur).

Le terminal est appelé UA (User Agent). Il est constitué de deux sous-entités :

- Une partie cliente, appelée UAC (User Agent Client), chargée d'émettre les requêtes. C'est donc l'UAC qui initie un appel.
- Une partie serveur, appelée UAS (User Agent Server), qui est en écoute, reçoit et traite les requêtes. C'est l'UAS qui répond à une requête.

L'association des requêtes et des réponses entre deux entités de type UA constitue un dialogue.

[13]



**Figure II.6 :** Terminal SIP : CISCO 7960

### **II.3.1.2. Serveur d'enregistrement :**

Le serveur d'enregistrement ou (Registrar Server en anglais) offre un moyen de localiser un correspondant avec souplesse. En principe, tous deux terminaux peuvent communiquer entre eux sans passer par un serveur d'enregistrement, à la condition que l'appelant connaisse l'adresse IP de l'appelé. Cette contrainte est fastidieuse, car un utilisateur peut être mobile et donc ne pas avoir d'adresse IP fixe, par exemple s'il se déplace avec son terminal ou s'il se connecte avec la même identité à son travail et à son domicile. En outre, l'adresse IP peut être fournie de manière dynamique par un serveur DHCP. Le serveur d'enregistrement gère donc la mobilité de l'utilisateur. Il peut en outre supporter l'authentification des abonnés. [13]

### **II.3.1.3. Serveur de localisation :**

Le serveur de localisation (Location Server) joue un rôle complémentaire par rapport au serveur d'enregistrement en permettant la localisation de l'abonné. Ce serveur contient la base de données de l'ensemble des abonnés qu'il gère. Cette base est renseignée par le serveur d'enregistrement. Chaque fois qu'un utilisateur s'enregistre auprès du serveur d'enregistrement, ce dernier en informe le serveur de localisation.

Presque toujours, le serveur de localisation et le serveur d'enregistrement sont implémentés au sein d'une même entité. On parle alors souvent non pas de serveur de localisation, mais de service de localisation d'un serveur d'enregistrement, tant ces fonctionnalités sont proches et dépendantes.

Les serveurs de localisation peuvent être collaboratifs. Le fonctionnement d'un serveur d'enregistrement est analogue à celui d'un serveur DNS dans le monde Internet : pour joindre un

site Internet dont on ne connaît que le nom, il faut utiliser un serveur DNS, qui effectue la conversion (on parle de résolution de nom en adresse IP). Ce serveur a connaissance d'une multitude d'adresses, qu'il peut résoudre parce qu'elles appartiennent à son domaine ou qu'il a la capacité d'apprendre dynamiquement en fonction des échanges qu'il voit passer. Dès qu'un nom lui est inconnu, il fait appel à un autre DNS plus important ou dont le domaine est plus adéquat. De la même manière, les serveurs de localisation prennent en charge un ou plusieurs domaines et se complètent les uns les autres. [13]

#### **II.3.1.4. Serveur de redirection :**

Le serveur de redirection (Redirect Server) agit comme un intermédiaire entre le terminal client et le serveur de localisation. Il est sollicité par le terminal client pour contacter le serveur de localisation afin de déterminer la position courante d'un utilisateur.

L'appelant envoie une requête de localisation d'un correspondant (il s'agit en réalité d'un message d'invitation, qui est interprété comme une requête de localisation) au serveur de redirection. Celui-ci joint le serveur de localisation afin d'effectuer la requête de localisation du correspondant à joindre. Le serveur de localisation répond au serveur de redirection, lequel informe l'appelant en lui fournissant la localisation trouvée. Ainsi, l'utilisateur n'a pas besoin de connaître l'adresse du serveur de localisation. [13]

#### **II.3.1.5. Serveur proxy :**

Le serveur proxy (parfois appelé serveur mandataire) permet d'initier une communication à la place de l'appelant. Il joue le rôle d'intermédiaire entre les terminaux des interlocuteurs et agit pour le compte de ces derniers. Le serveur proxy remplit les différentes fonctions suivantes :

- ✓ Localiser un correspondant ;
- ✓ Réaliser éventuellement certains traitements sur les requêtes ;
- ✓ Initier, maintenir et terminer une session vers un correspondant.

Lorsqu'un utilisateur demande à un serveur proxy de localiser un correspondant, ce dernier effectue la recherche, mais, au lieu de retourner le résultat au demandeur (comme le ferait un

serveur de redirection), il utilise cette réponse pour effectuer lui-même l'initialisation de la communication en invitant le correspondant à ouvrir une session. [13]

### **II.3.2. L'adressage SIP :**

L'objectif de l'adressage est de localiser les utilisateurs dans un réseau. C'est une des étapes essentielles pour permettre à un utilisateur d'en joindre un autre.

Pour localiser les utilisateurs, il est nécessaire de pouvoir les identifier de manière univoque. SIP offre des moyens très efficaces pour nommer les utilisateurs, grâce au concept d'URI, un classique concept d'Internet, que nous allons détailler avant de voir son utilisation par SIP.

Un URI est formé d'une chaîne de caractères. Sa syntaxe a été définie au CERN (Centre Européen de recherche Nucléaire) à Genève, par Tim Berners-Lee en 1989, dans le cadre du système des hyperliens (liens hypertextes) qu'il a proposé pendant la même année. Cette syntaxe a été normalisée par l'IETF en août 1998 dans le RFC 2396, puis révisée de nombreuses fois, notamment dans le RFC 2396-bis, et reprise en janvier 2005 dans le RFC 3986.

Les URL (Uniform Resource Locator), qui sont couramment utilisés dans l'adressage Web pour atteindre un site Internet, sont un sous-ensemble des URI. Leur fonction est de spécifier un emplacement relatif à une ressource, ainsi que la méthode d'accès à celle-ci par un certain protocole (par exemple http, ftp, etc.).

Contrairement à l'URI, l'URL fournit simplement un emplacement et non une définition de la ressource. Ainsi, le même document peut se trouver dans deux endroits différents, et donc à deux URL différentes dans le réseau Internet, même s'il fait référence à la même ressource. [13]

### **II.3.3. Structure des messages SIP :**

Les messages SIP sont structurés en trois parties :

- ✓ La première ligne est utilisée pour identifier le type de message SIP (requête ou réponse) et contient également l'URI demandé (Request URI ou R-URI) ;
- ✓ L'en-tête contient des informations permettant le routage du message SIP sur l'identité de la transaction SIP et sur l'identité du dialogue ;
- ✓ Le corps du message SIP est facultatif. Il contient, lorsqu'il est utilisé, une liste de paramètres SDP utilisés pour décrire les codecs associés à la session.

Ainsi, les en-têtes SIP les plus courants sont :

- **From** : indique l'initiateur du message. Le champ 'From' comporte un paramètre, appelé tag, qui sert à identifier le dialogue avec un *Call-ID*.
- **To** : ce champ indique le destinataire final du message. Il contient également un paramètre tag utilisé pour identifier, avec le *Call-ID* et le tag du champ From, l'identité du dialogue.
- **Call-ID** : est une partie de l'identifiant du dialogue. Il est utilisé pour associer tous les messages SIP appartenant au même dialogue.
- **Cseq** : Ce champ est utilisé pour gérer le séquençage des différentes demandes qui peuvent être envoyées dans un dialogue. Il peut également être utilisé pour détecter les messages manquants ou les retransmissions.
- **Contact** : le champ contact indique où l'expéditeur du message SIP peut être contacté (adresse IP, protocole de transport et numéro de port). [15]

#### II.3.4. Requêtes SIP :

Les requêtes SIP utilisées dans le cadre de l'établissement et du relâchement d'une session SIP de téléphonie IP sont les suivantes :

✓ **REGISTER** : Ce message est utilisé pour enregistrer un utilisateur SIP auprès de son registraire. Le champ contact du message fournit des informations sur la localisation exacte de l'utilisateur (adresse IP de la machine, protocole de transport utilisé, numéro de port de son UAC). Les enregistrements peuvent être limités dans le temps via le champ expires. Il est également possible pour un utilisateur d'enregistrer un autre utilisateur. Le champ 'To' indique l'utilisateur que l'on souhaite enregistrer et le champ 'From' l'instigateur de la demande d'enregistrement.

✓ **INVITE** : cette requête est envoyée par l'appelant afin d'établir une session SIP et un dialogue avec le destinataire.

✓ **ACK** : Cette requête accuse réception d'une réponse finale de l'appelé (une réponse indiquant que la demande d'établissement de session a été acceptée par l'appelé). Comme l'acceptation d'un appel entrant par l'appelé n'est pas nécessairement immédiate, il est possible que l'UAS de l'appelé envoie plusieurs fois une réponse finale à l'appelant. L'appelant doit alors accuser réception de chaque réponse finale par une requête 'ACK' (qui indique à l'appelé que l'appelant sollicite toujours l'appel).

✓ **BYE** : Ce message sert à relâcher un dialogue SIP.

✓ **CANCEL** : Cette requête est utilisée pour annuler une session SIP en cours d'établissement. Elle est utilisée lorsque l'appelé n'a pas encore répondu à une 'INVITE' par une réponse finale. C'est typiquement le cas lorsque l'utilisateur appelé s'est enregistré sur plusieurs terminaux, et qu'un seul d'entre eux répond à une demande d'appel entrant. Les autres demandes d'appel sont alors annulées. [15]

### II.3.5. Les réponses SIP :

Lorsqu'un utilisateur ou un *proxy server* reçoit une requête (à l'exception d'ACK), il doit envoyer une réponse avec un code de réponse approprié. La *first line* des réponses contient la version du protocole (SIP/2.0), le code de réponse est une information textuelle sur la réponse retournée (appelée *reason phrase*).

Le code de réponse est un entier compris entre 100 et 699. Le premier chiffre indique la famille à laquelle appartient la réponse. Il y a ainsi six familles de réponses détaillées dans le tableau II.1 suivant : [15]

Code	Catégorie
0XX	Message d'acquittement La requête a bien été reçue, par exemple 000 : réponse d'acquittement (indique seulement la réception de la requête).
1XX	Message d'information C'est une réponse temporaire, qui informe l'émetteur. Une réponse définitive sera émise plus tard, par exemple 100 : la requête est en cours de traitement.
2XX	Message de succès La requête a été reçue ; comprise et acceptée par le serveur, par exemple 200 : requête exécutée avec succès. N'importe quelle requête peut-être validée par ce code de retour.
4XX	Message signalant une erreur temporaire La même requête pourra éventuellement être envoyée plus tard, par exemple 401 : le téléphone est décroché.

5XX	Message signalant une erreur permanente Cette requête ne sera jamais prise en charge, par exemple 500 : le Endpoint n'est pas reconnu.
-----	---

**Tableau II.1** : Codes des réponses [12]

### II.3.6. Scénarios de communication :

Nous allons illustrer la succession chronologique des messages de requêtes et de réponses dans les six scénarios classiques suivantes :

1. Initialisation d'une communication directe.
2. Enregistrement d'un terminal.
3. Initialisation d'une communication avec un serveur proxy.
4. Localisation par un serveur de redirection et initialisation d'appel directe.
5. Modification dynamique d'une communication SIP.
6. Terminaison d'une communication [13]

### II.3.7. Avantages et inconvénients du SIP

SIP présente différents avantages :

- ✓ **Ouvert** : les protocoles et les documents officiels sont détaillés et accessibles à tous par téléchargement libre.
- ✓ **Standard** : l'IETF a normalisé le protocole et son évolution se poursuit avec la création ou l'évolution d'autres protocoles qui fonctionnent avec SIP.
- ✓ **Simple** : SIP est simple et très similaire à http.
- ✓ **Flexible** : SIP est également utilisé pour tous types de sessions multimédia (voix, vidéo, mais aussi musique, réalité virtuelle, etc.).
- ✓ **Téléphonie sur les réseaux publics** : il existe de nombreuses passerelles (services payants) vers le réseau téléphonique public (RTC, GSM, etc.) permettant de passer ou de recevoir des appels vocaux.

- ✓ **Points communs avec H323** : l'utilisation du protocole RTP et certains codecs son et vidéo sont communs.

D'autre part, une mise en œuvre médiocre ou incomplète de SIP dans les agents utilisateurs peut perturber le fonctionnement ou générer un trafic inutile sur le réseau. Un autre inconvénient est le petit nombre d'utilisateurs : SIP est encore peu connu, il n'a pas atteint une masse critique et ne bénéficie pas de l'effet de réseau. [14]

**II.4. Comparaison entre les protocoles SIP et H.323 :**

	<b>H323</b>	<b>SIP</b>
<b>Inspiration</b>	Téléphonie	http
<b>Nombres d'échanges pour établir la connexion</b>	6 à 7 aller-retour	1 à 5 aller-retour
<b>Complexité</b>	Elevée	Faible
<b>Adaptabilité / Modularité protocolaires</b>	Faible	Elevée
<b>Implémentation de nouveaux services</b>	NON	OUI
<b>Protocoles de transport</b>	TCP	TCP ou UDP
<b>Coût</b>	Elevé	Faible
<b>Avantages</b>	- Maturité du protocole (Version 4) - Bien adopté par les constructeurs	- Interopérabilité très bonne - Bonne gestion de la mobilité
<b>Inconvénients</b>	- Manque d'inter-opérabilité entre les différentes	- En pleine maturation - Problème avec la



	implémentations - Difficultés avec les Firewall - Support des fonctions avancées de la téléphonie très complexe	translation d'adresses
--	--	------------------------

**Tableau II.2.** Comparaison entre SIP et H.323 [16].

## II.5. Les protocoles de transport :

### II.5.1. Le protocole RTP :

L'objectif de RTP est de fournir un moyen uniforme de transmettre des données contraintes en temps réel (audio, vidéo, etc.) sur IP. Le rôle principal du RTP est de mettre en œuvre les numéros de séquence des paquets IP pour reconstituer les informations vocales ou vidéo même si le réseau sous-jacent change l'ordre des paquets.

Plus généralement, RTP permet :

- ✓ D'identifier le type d'information transportée ;
- ✓ D'ajouter des marqueurs temporels et des numéros de séquence à l'information transportée ;
- ✓ De contrôler l'arrivée des paquets à leur destination.

En outre, le RTP peut être transporté par des paquets multicast afin de transporter des conversations vers plusieurs destinataires. [17]

### II.5.2. Le protocole RTCP :

Le RTCP (Real-time Transfer Control Protocol) est basé sur des transmissions périodiques de paquets de contrôle par tous les participants à la session. Il s'agit d'un protocole de contrôle de flux RTP, permettant de transmettre des informations de base sur les participants d'une session, ainsi que sur la qualité du service.

Le protocole RTCP demande aux participants de la session d'envoyer périodiquement les informations mentionnées ci-dessus. La périodicité est calculée en fonction du nombre de participants de l'application. On peut dire que les paquets RTP ne transportent que des données utilisateur. Alors que les paquets RTCP ne transportent qu'en temps réel, la supervision [17].

Parmi les principales fonctions qu'offre le protocole RTCP on trouve :

- ✓ Synchronisation supplémentaire entre les médias : les applications multimédia sont souvent transportées dans des flux séparés ;
- ✓ Identification des participants à la session : Les paquets RTCP contiennent des informations d'adresse, telles que l'adresse d'un message électronique, un numéro de téléphone ou le nom d'un participant à une conférence téléphonique ;
- ✓ Contrôle de la session : le protocole RTCP permet aux participants d'indiquer leur départ d'une conférence téléphonique.

On peut détailler les paquets de supervision en 5 types :

- **SR** (Sender Report) : ce rapport rassemble les statistiques concernant la transmission (pourcentage de perte, nombre cumulé de paquets perdus, variation du délai (gigue), etc.). Ces rapports proviennent des expéditeurs actifs dans une session.
- **RR** (Receiver Report) : ensemble de statistiques concernant la communication entre les participants. Ces rapports proviennent des récepteurs d'une session.
- **SDES** (Description de la source) : Carte de visite de la source (nom, e-mail, localisation).
- **BYE** (BYE) : Message de participation indiquant la fin de session.
- **APP** : Fonctions spécifiques à l'application [14]

### II.5.3. Le protocole UDP :

L'UDP (User Datagram Protocol) est un protocole non orienté connexion de la couche transport du modèle TCP/IP. Ce protocole est très simple puisqu'il ne fournit aucun contrôle d'erreur (il n'est fiable). Il ne sert qu'à « emballer » les paquets de contenus, en leur fournissant des numéros de port, des chemins logiques qui seront utilisés pour les diriger dans l'application. [18]

### II.5.4. Le protocole TCP :

TCP offre un service de transport en mode 'connecté', c'est –à-dire qu'avant de faire passer des données après leur l'encapsulation vers la couche réseau, TCP s'assurera de la possibilité d'un dialogue avec la couche TCP correspondante de l'hôte destinataire. Le dialogue TCP est basé sur une relation de type client/serveur, c'est-à-dire qu'un client (l'émetteur d'une requête) attend une réponse d'un serveur. Le client est toujours l'hôte à l'initiative d'une demande d'ouverture de

dialogue pair à pair. Bien sur la plupart des hôtes sont à la fois client et serveur en fonction du dialogue, notamment bidirectionnel, à organiser [18]

### **II.6. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons défini les deux protocoles de signalisation H.323 et SIP utilisés dans les applications VoIP et ses différentes caractéristiques, ainsi que les différents protocoles de la voix IP. Cette étude nous a permis de constater que les deux protocoles, qui ont chacun imité les meilleures idées de l'autre, au point que H.323 et SIP sont maintenant pratiquement identiques dans la syntaxe des messages. On a aussi défini quelques protocoles de transport (RTP, RTCP, UDP et TCP) sur lesquels reposent les communications VoIP.

***Chapitre III***  
***Elaboration et analyse***  
***d'un système VoIP***

### **III.1. Introduction :**

Nous allons entamer dans ce chapitre la partie réalisation qui constitue la dernière partie dans ce mémoire et qui a pour objectif d'exposer le travail réalisé en pratique. Pour ce faire, nous allons commencer par l'installation d'un serveur VoIP sur un ordinateur. Nous avons choisi le FreePBx, qui est un serveur dédié pour échanger de la voix via IP, et est communément utilisé, facilement téléchargeable, 'open Access' et simple à configurer.

Ce chapitre est composé de deux parties. Dans la première partie, nous allons expliquer comment on a réussi à effectuer un appel entre deux téléphones IP. Dans la deuxième partie, on a utilisé un logiciel de capture de trame (Sniffer), Wireshark, pour capturer les paquets IP transités sur le réseau afin de les analyser.

### **III.2. Partie 01 : Mise en œuvre d'un appel IP**

#### **III.2.1. Environnement de développement**

Dans cette partie on présentera l'environnement matériel et logiciel, ainsi que les outils de développement.

*a) Environnement matériel :* on a utilisé le matériel suivant :

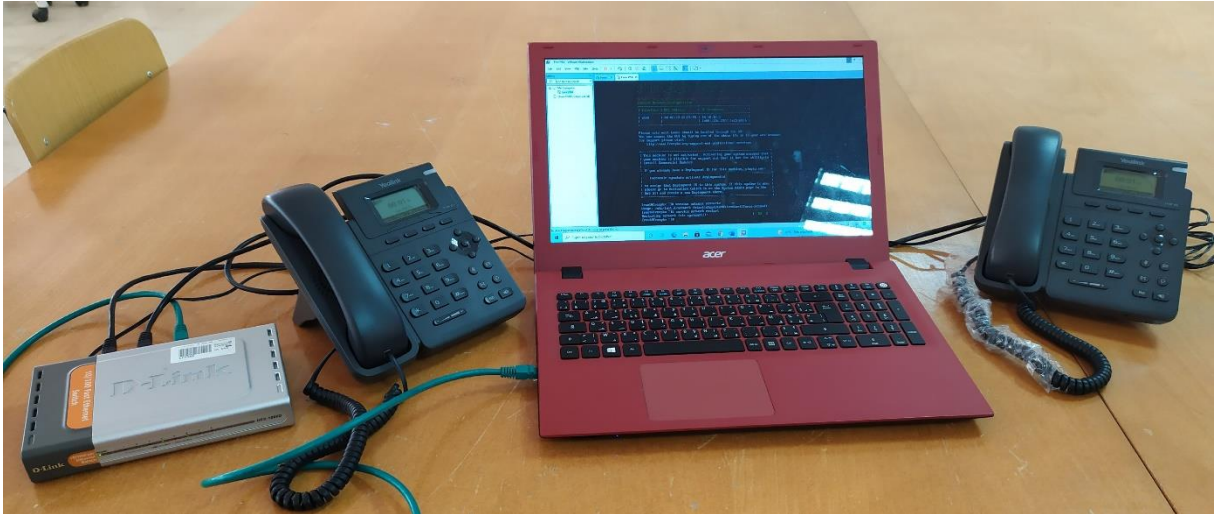
- Un PC pour installer le serveur FreePBx et VMware : Caractéristiques du PC l'application exige 4G ou plus de RAM, Windows 8 ou plus, processeur I3).
- Pour réaliser le réseau local, nous avons utilisé :
  - ✓ 1 Switch (voir la figure III.1)
  - ✓ 2 téléphones IP
  - ✓ 1 ordinateur avec une machine virtuelle créée par le logiciel VMware, puisque le serveur demande un système d'exploitation compatible.
- Caractéristiques des téléphones IP, nous avons utilisé des téléphones de marque Yealink ip phone SIP-T19P E2, disponible au niveau du laboratoire de Télécommunications de notre département, avec 2 câbles RJ45 de type droit. (Voir les figures III.2-3).



**Figure III.1:** Switch D-link



**Figure III.2 :** Téléphone IP Yealink SIP-T19P E2



**Figure III.3 :** Le réseau local installé

**b) Environnement logiciel :**

Les logiciels utilisés sont :

- FreePBX, comme serveur assurant la commutation des paquets IP de la voix.
- VMware, pour créer une machine virtuelle assurant la compatibilité software (système d'exploitation Linux)
- Wireshark, pour capturer les trames échangées pendant un appel IP.

### III.2.2. Installation et configuration de FreePBX

FreePBX est un outil graphique configurable qui fait partie de la famille 'Asterisk'. Il s'agit d'un autocommutateur téléphonique privé (PABX) libre pour systèmes Linux. Il permet, entre autres, la messagerie vocale, les files d'attente, les agents d'appels, les musiques d'attente et les mises en garde d'appels. Il est possible également d'ajouter l'utilisation des conférences par le biais de l'installation de modules supplémentaires et la recompilation des binaires. D'une interface de gestion des systèmes téléphoniques IP. Cet outil est donc une application web garantissant un ensemble de fonctionnalités PBX modernes.

L'Appliance FreePBX est l'une des nombreuses solutions VoIP PBX de haute performance, conçues à cet effet. Il est conçu et vérifié minutieusement pour une efficacité maximale. [ 19]

- On peut aisément télécharger Free PBX d'après le site web suivant <https://www.freepbx.org/>







FreePBX Administration x +

Non sécurisé | 10.10.10.5/admin/config.php?display=sipsettings

Admin Applications Connectivity Dashboard Reports Settings UCP Apply Config

### SIP Settings

SIP driver Informations

General SIP Settings SIP Settings [chan\_pjsip] SIP Legacy Settings [chan\_sip]

These settings apply to both 'SIP Settings [chan\_pjsip]' and 'Sip Legacy Settings [chan\_sip]'.

#### Security Settings

Allow Anonymous Inbound SIP Calls  Yes  No

Allow SIP Guests  Yes  No

Default TLS Port Assignment  Chan SIP  PJSip

#### NAT Settings

External Address

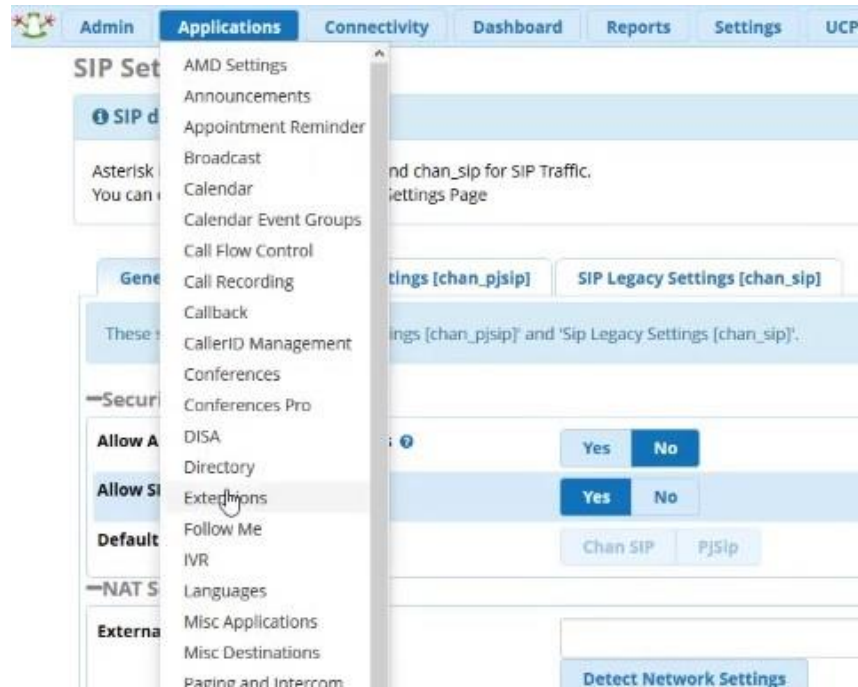
Local Networks  /

#### RTP Settings

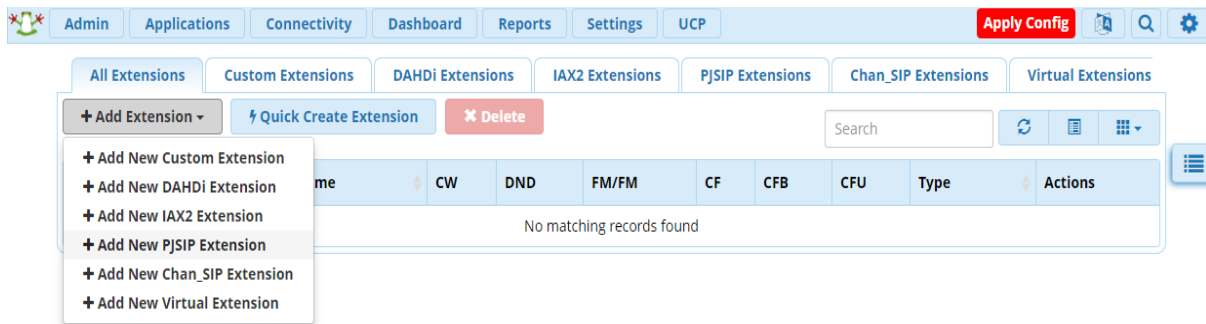
6. Nous avons appuyé sur “settings” puis “asterix” et rempli les cases ‘External Adress’ et ‘Local networks’ par l’adresse IP du serveur et de la passerelle respectivement, et enfin appuyé sur "submit".

### ➤ Création des extensions

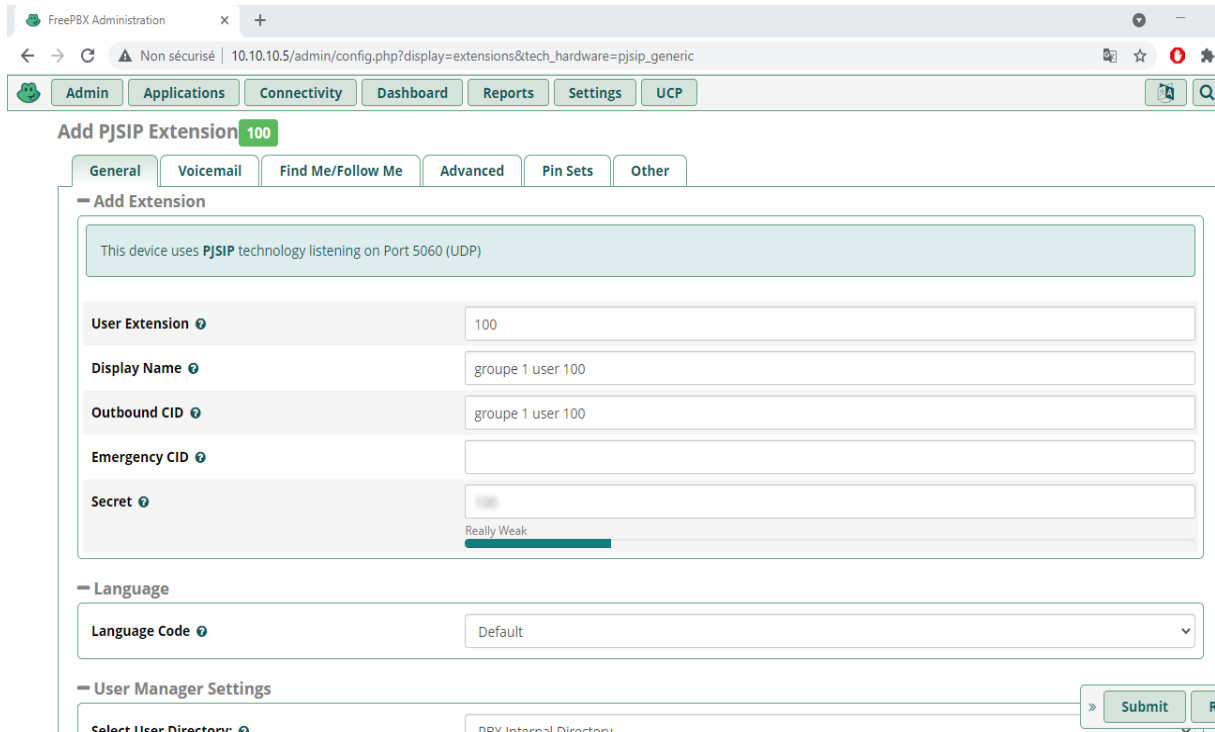
Pour établir une connexion entre des téléphones IP, il est nécessaire de créer des extensions au niveau de serveur, de sorte que chaque extension représente un utilisateur. Dans les étapes suivantes, nous avons donné un exemple pour la création d’une extension qu’on a appelé ‘100’.



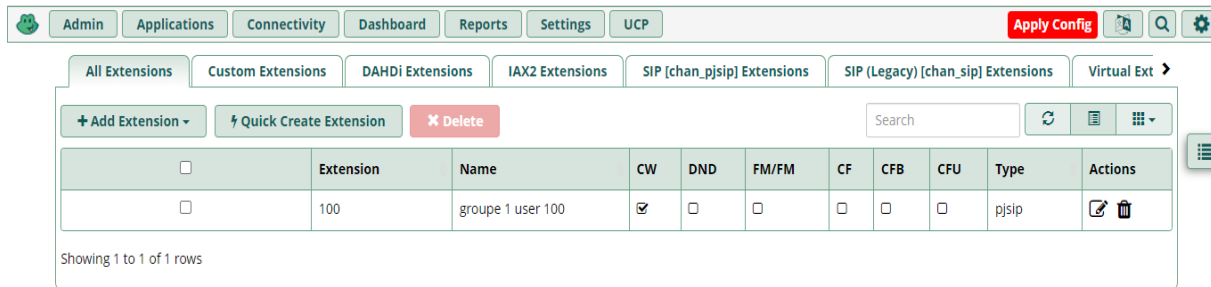
1. Nous avons appuyé sur "Applications", choisissez "Extensions".



2. Nous avons cliqué sur “Add New PjSIP Extension“.



3. Nous avons Remplis les cases avec les données de votre choix et ajouté un mot de passe avant de cliquer sur “submit”.



4.

Pour terminer la configuration de l'extension, nous avons cliqué sur l'icône d'édition.

Extension: 100

General Voicemail Find Me/Follow Me Advanced Pin Sets Other

Voicemail

Enabled  Yes  No

Voicemail Password

Set this password to same as extension number to force the user to setup their mailbox on first access.

Require From Same Extension  Yes  No

Disable (\*) in Voicemail Menu  Yes  No

Email Address

Pager Email Address

Email Attachment  Yes  No

Play CID  Yes  No

Play Envelope  Yes  No

Delete Voicemail  Yes  No

VM Options

Submit Reset Delete

5. Dans "Voicemail" nous avons et changé "Enabled" et "Play CID" en "yes". Après "submit".

Admin Applications Connectivity Dashboard Reports Settings UCP Apply Config

All Extensions Custom Extensions DAHDI Extensions IAX2 Extensions SIP [chan\_pjsip] Extensions SIP (Legacy) [chan\_sip] Extensions Virtual Ext

+ Add Extension Quick Create Extension Delete Search

<input type="checkbox"/>	Extension	Name	CW	DND	FM/FM	CF	CFB	CFU	Type	Actions
<input type="checkbox"/>	100	groupe 1 user 100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	pjsip	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	200	groupe 2 user 200	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	pjsip	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Showing 1 to 2 of 2 rows

6. Une fois les extensions créées et leurs paramètres modifiés, on a cliqué sur “Apply Config” pour appliquer les modifications des paramètres

**Note** : les mêmes étapes pour créer une deuxième extension ‘200’.

### III.2.3. Configuration des téléphones IP

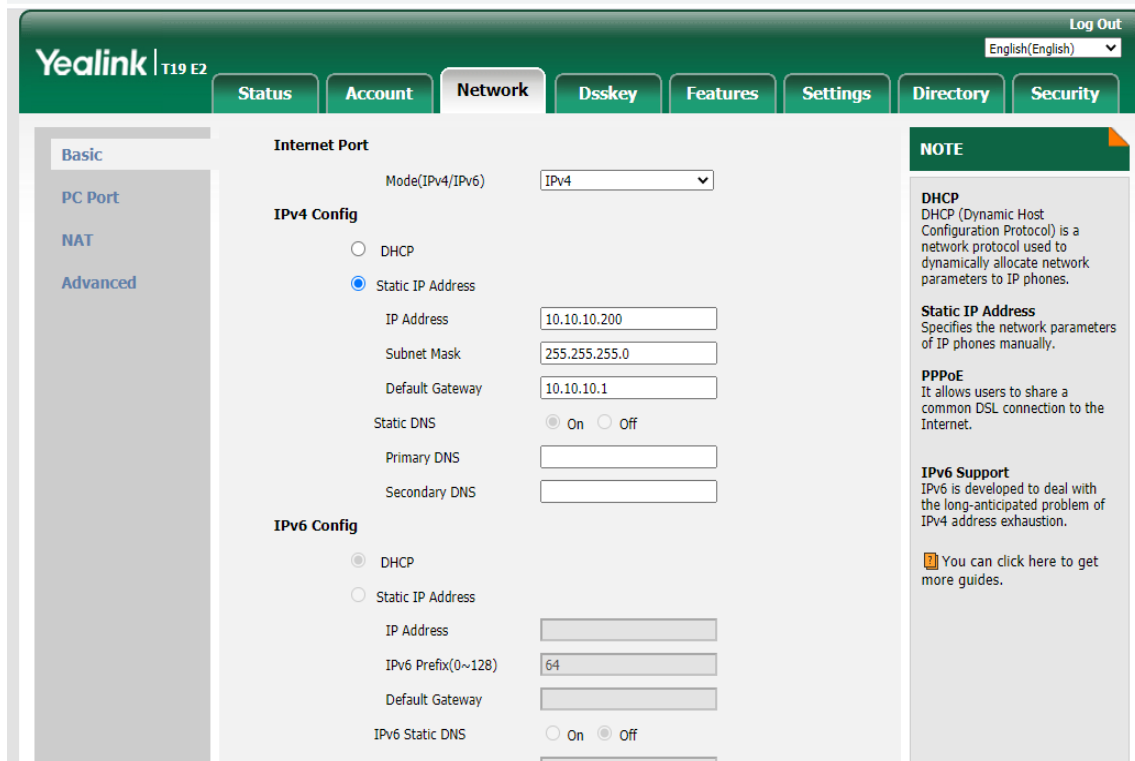
Le téléphone IP est un attaquant peut s'introduire dans un appareil de téléphone IP, par exemple, il peut rejeter automatiquement toutes les demandes d'appel, ou éliminer tout déclencheur de notification tel qu'un son, une notification visuelle lorsqu'un appel arrive. Les appels peuvent également être interrompus de manière inattendue. D'autres conséquences possibles sont :

- ✓ Des backdoors (une porte dérobée qui donne un accès secret au logiciel.) peuvent être installées.
- ✓ L'obtention d'un accès non autorisé à un appareil de téléphonie IP peut être le résultat d'un autre élément compromis sur le réseau IP, ou d'informations recueillies sur le réseau.
- ✓ Les téléphones IP, par contre, exécutent leur propre système d'exploitation avec un

nombre limité de services pris en charge et présentent donc moins de vulnérabilités.

La configuration du téléphone IP est réalisée selon les étapes suivantes

1. Pour la première étape, nous avons accédé sur l'URL de Google et entré l'adresse IP que le téléphone IP nous a donnée, puis nous avons entré le nom d'utilisateur et le mot de passe, et cliqué sur " login ".



The screenshot shows the Yealink T19 E2 web interface. The 'Network' tab is selected, and the 'IPv4 Config' section is active. The 'Static IP Address' option is selected, and the IP address is set to 10.10.10.200, the subnet mask to 255.255.255.0, and the default gateway to 10.10.10.1. The 'IPv6 Config' section is also visible, with the 'DHCP' option selected.

2. Nous avons appuyé sur " Network " et sélectionné " Static IP Adress " pour changer l'adresse IP manuellement. Nous avons adopté la configuration suivante :

- L'adresse IP "10.10.10.200"
- Masque sous réseau "255.255.255.0"
- Passerelle "10.10.10.1".

➤ **Création des comptes**

1. Cliquer sur "Account" pour remplir les cases de données qui apparaissent dans la figure ci-dessus, nous avons besoin des données qui ont été extraites précédemment dans l'étape où nous avons créé les extensions dans le serveur.

**Note :** les deux comptes sont configurés comme suit

<p>Compte 1 : groupe 1 User 1 100</p> <p>User Name : 100</p> <p>Adresse IP :10.10.10.100</p>	<p>Compte 2 : groupe 3 User 300</p> <p>User Name : 300</p> <p>Adresse IP :10.10.10.200</p>
--	--

### III.3. Partie 02 : Capture des trames et analyse avec Wireshark

#### III.3.1. Le logiciel Wireshark

Wireshark est un "sniffer" ou analyseur de protocoles réseau et applicatif. C'est-à-dire qu'il va capturer des paquets IP transitant sur un réseau de manière transparente pour qu'ils soient ensuite analysés. Des filtres de capture peuvent être appliqués afin de recueillir des paquets correspondants à des besoins particuliers. Distribué sous licence GNU GPL, Wireshark est utilisé par les administrateurs réseau et les experts en sécurité lors de tests d'intrusion, notamment pour des scénarios d'attaque man-in-the-middle. [5]

- Wireshark est également gratuitement téléchargeable à partir du site web officiel suivant : <https://www.wireshark.org/download.html>

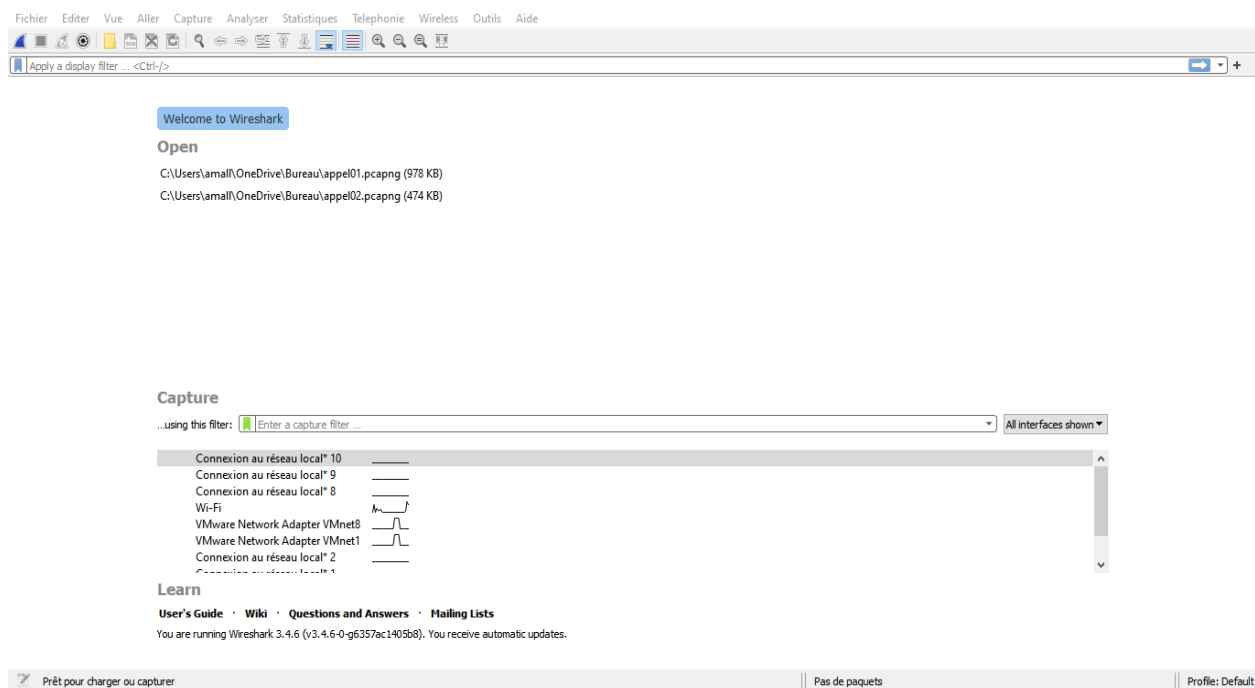


Figure III.4 : la page d'accueil de Wireshark



➤ *Lancement du wireshark*



**Figure III.5 :** Lancement de l'outil WireShark sur la passerelle Ethernet

➤ *Capture des paquets échangés entre les deux téléphone IP*

Un client 300 souhaite établir un appel téléphonique IP vers un client 100 via un serveur Free PBX utilisant le protocole SIP qui a un rôle d'établissement, de modification et de la fin des sessions multimédias.

Wireshark va sniffer tout le trafic circulant dans notre réseau local. Nous avons lancé au début la capture des trames ensuite on a initialisé une connexion entre deux clients, « groupe 3 User 300 » et « groupe 1 User 100 ». On a obtenu ce résultat :

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
10	1.855965	QuantaCo_66:e7:44	Broadcast	ARP	42	Who has 10.10.10.1? Tell 10.10.10.10
11	3.464077	10.10.10.5	10.10.10.100	SIP	457	Request: OPTIONS sip:100@10.10.10.100:5060
12	3.464111	10.10.10.5	10.10.10.100	SIP	457	Request: OPTIONS sip:100@10.10.10.100:5060
13	3.470932	10.10.10.100	10.10.10.5	SIP	401	Status: 200 OK
14	4.312820	10.10.10.100	10.10.10.5	UDP	60	5060 → 5060 Len=4
15	4.613790	10.10.10.100	10.10.10.5	SIP/SDP	931	Request: INVITE sip:300@10.10.10.5:5060
16	4.615607	10.10.10.5	10.10.10.100	SIP	513	Status: 401 Unauthorized
17	4.615641	10.10.10.5	10.10.10.100	SIP	513	Status: 401 Unauthorized
18	4.619804	10.10.10.100	10.10.10.5	SIP	307	Request: ACK sip:300@10.10.10.5:5060
19	4.627745	10.10.10.100	10.10.10.5	SIP/SDP	1200	Request: INVITE sip:300@10.10.10.5:5060
20	4.632838	10.10.10.5	10.10.10.100	SIP	339	Status: 100 Trying
21	4.632872	10.10.10.5	10.10.10.100	SIP	339	Status: 100 Trying
22	4.697081	10.10.10.5	10.10.10.200	SIP/SDP	1116	Request: INVITE sip:300@10.10.10.200:5060
23	4.697106	10.10.10.5	10.10.10.200	SIP/SDP	1116	Request: INVITE sip:300@10.10.10.200:5060
24	4.697423	10.10.10.5	10.10.10.100	SIP	587	Status: 180 Ringing
25	4.697436	10.10.10.5	10.10.10.100	SIP	587	Status: 180 Ringing
26	4.704127	10.10.10.200	10.10.10.5	SIP	409	Status: 100 Trying
27	4.745795	10.10.10.200	10.10.10.5	SIP	633	Status: 180 Ringing
28	4.747358	10.10.10.5	10.10.10.100	SIP	587	Status: 180 Ringing
29	4.747377	10.10.10.5	10.10.10.100	SIP	587	Status: 180 Ringing
30	6.206142	VMware_23:e4:fb	YealinkX_id:a9:5f	ARP	60	Who has 10.10.10.200? Tell 10.10.10.5
31	6.206173	VMware_23:e4:fb	YealinkX_id:a9:5f	ARP	60	Who has 10.10.10.200? Tell 10.10.10.5
32	6.206606	YealinkX_id:a9:5f	VMware_23:e4:fb	ARP	60	10.10.10.200 is at 80:5e:c0:1d:a9:5f
33	6.611260	10.10.10.200	10.10.10.5	SIP/SDP	872	Status: 200 OK
34	6.613689	10.10.10.5	10.10.10.200	SIP	448	Request: ACK sip:300@10.10.10.200:5060
35	6.613721	10.10.10.5	10.10.10.200	SIP	448	Request: ACK sip:300@10.10.10.200:5060
36	6.616175	10.10.10.5	10.10.10.100	SIP/SDP	935	Status: 200 OK
37	6.616213	10.10.10.5	10.10.10.100	SIP/SDP	935	Status: 200 OK
38	6.627770	10.10.10.100	10.10.10.5	SIP	421	Request: ACK sip:10.10.10.5:5060
39	6.710026	10.10.10.200	10.10.10.5	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x49BADA1A, Seq=275, Time=85280, Mark
40	6.710155	10.10.10.200	10.10.10.5	RTP	214	PT=ITU-T G.711 PCMU, SSRC=0x49BADA1A, Seq=276, Time=85440

Figure III.6: L'analyse des paquets récupérés

Comme nous pouvons le voir dans la figure la conversation entre ces deux hôtes a été capturée.

#### ➤ *Le Scénarios de communication*

1. Client 300 compose sur son terminal le numéro du client 100. Un message d'invitation (requête INVITE) est envoyé de l'UAC de client 300 vers le serveur Free PBX. À la réception de ce message, le serveur utilise la partie adresse SIP de client 100 pour localiser l'UAC de son terminal. En parallèle, le serveur informe le client 300 qu'il a pris en charge la requête et tente de la mettre en relation. La réponse temporaire « **100 TRYING** » indique à ce dernier que le message a été reçu et qu'il est en cours de traitement.
2. Le terminal de client 100 commence à sonner lorsqu'il reçoit l'invitation. En parallèle, il indique au serveur par un message « **180 RINGING** » que l'appel est en train d'être notifié au client 100 et que la communication est en attente de son acceptation. Ce message informatif est relayé jusqu'à l'émetteur client 300, qui reçoit généralement un retour audio ou visuel (une tonalité de sonnerie particulière le plus souvent).

3. On suppose le cas où le client 100 a choisi de répondre à l'appel. À l'instant où il décroche, l'UAS retourne à l'UAC un message **200 OK** pour l'informer que l'appel est accepté. À ce stade, la communication n'a pas encore débuté, et aucun son n'est transmis amis juste un dialogue de signalisation.
4. Le terminal de client 300 confirme les paramètres d'appel. Il envoie un message d'acquiescement **ACK** qui spécifie les paramètres définitifs à utiliser lors de cette session. Notons que le message d'acquiescement peut passer directement d'un interlocuteur à l'autre, sans transiter par le serveur. À ce stade, chacun des utilisateurs a pu apprendre la localisation exacte de son interlocuteur, et il n'est donc plus nécessaire de recourir au serveur. Toutes les transactions qui suivent sont effectuées directement, d'un poste utilisateur à un poste utilisateur. À la réception de ce message, la communication entre les interlocuteurs peut débuter.
5. Après une certaine conversation, on suppose que le client 100 veut terminer la communication et il raccroche son combiné. Un message (requête **BYE**) est donc envoyé pour indiquer au correspondant que la session va être clôturée. Le client 300 répond à cette requête en validant la prise en compte de cette demande par une réponse **200 OK**.

#### **III.4. Conclusion**

Ce dernier chapitre nous a permis d'effectuer une réalisation simple d'une communication sur IP d'un réseau local. Nous avons pu voir les différentes configurations indispensables pour les équipements tels que les téléphones IP et les logiciels tels que le serveur FreePBx. Mais la concrétisation de l'implémentation de la VoIP sur le campus universitaire est tout à fait réalisable ceci dépend de la puissance et du financement disponible.

La réussite de l'appel entre les téléphones IP a démontré que le réseau fonctionne correctement selon les résultats attendus d'une communication réelle.

# *Conclusion générale*

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'un projet de fin d'étude. Il traite la procédure de mise en place d'un réseau de VoIP en utilisant des téléphones IP physiques sur un réseau local.

La voix sur IP prend des dimensions de plus en plus importantes dans le monde des télécommunications, qui était pénalisé par l'utilisation coûteuse du réseau téléphonique fixe et son manque de services plus sophistiqués, où la nécessité d'évoluer vers des solutions IP ce qui a provoqué l'émergence de nouveaux protocoles de signalisation tels que H.323 et SIP pour assurer certains services multimédia.

Pour ce faire, nous avons installé, configuré et fonctionné un réseau de VoIP en utilisant le serveur FreePBx (communément utilisé), deux téléphones IP physiques et des moyens de réseau.

Après un travail assidu et minutieux, nous avons réussi à tester notre réseau en passant un appel entre les 2 téléphones IP, puis en capturant les paquets transitant le réseau avec le logiciel sniffer Wireshark afin de les analyser et voir les protocoles de signalisation SIP et de transport RTP et bien d'autres.

Nous avons vu que le réseau fonctionne correctement selon les résultats attendus d'une communication réelle.

### **Perspectives**

Quelques aspects peuvent être développés dans les projets à venir :

- Réalisation d'un réseau VoIP avec plusieurs téléphones IP
- Proposer et implémenter des mécanismes et des protocoles pour la sécurité
- Cette technologie peut être déployée dans les entreprises multi-sites.

# *Références*

Référence :

- [1]- Karapantazis, Stylianos et Pavlidou, Fotini-Niovi. VoIP: A comprehensive survey on a promising technology. Computer Networks, 2009, vol. 53, n° 12, p. 2050-2090
- [2] - Tahra Zahia. (2008) : Etude et simulation d'un réseau de téléphonie sur IP (TOIP) . Mémoire de Master Université Kasdi Merbah –Ouargla.
- [3]- Mebarki Nour El Houda. (2019) : Etude et simulation d'une transmission de la voix sur IP(VoIP). Mémoire de Master. Université Badji Mokhtar -Annaba
- [4] - Abed Amine et Guenouna Abd elwahab. (2004) : La voix sur IP. Mémoire d'ingénieur. Institut des télécommunications Mémoire de Maste Abdelhafid boussouf-Oran.
- [5]- Bendelhoum Selma Lila. (2017) : Développement d'un serveur SIP pour la Voix sur IP. Mémoire de Master. Université Aboubakr Belkaïd –Tlemcen.
- [6]- didier (17 mars 2019). « Les équipements terminaux VoIP ». wispo.fr Disponible sur le lien : <https://wispot.fr/les-equipements-terminaux-voip>. Consulté le **20/05/2021**
- [7]- Boumaza Mustapha. (2015 / 2016) : La mise en place de la téléphonie IP dans un réseau informatique. Mémoire de Master. INSFP EX- ITEEM BEAULIAEU oued smar alger.
- [8]- « TOIP-la téléphonie sur IP ». framei.com. Disponible sur le lien : <https://www.frameip.com/toip/>. Consulté le **15/05/2021**.
- [9]- Tshimanga Kapampi Denis (2013). Etude d'implémentation d'une solution VoIP Sécurisée dans un réseau informatique d'entreprise. Mémoire d'ingénieur. Institut supérieur de techniques appliquées « I.S.T.A / KINSHASA ».
- [10]-[Bendelhoum Selma Lila (2017). Développement d'un serveur SIP pour la Voix sur IP. Mémoire de Master. Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen]
- [11]-« Introduction à H323 ». Disponible sur le lien : <https://wapiti.telecom-lille.fr/commun/ens/peda/options/st/rio/pub/exposes/exposesser2010-ttnfa2011/barisaux-gourong/H323.html>. Consulté le **29 /05/2021**.
- [12] - adda zahia, belgaid hanane(2015), étude et configuration du protocole (STPTG) dans la téléphonie IP Mémoire de fin d'étude de master academique –Tizi-ouzou.
- [13] - Laurent Ouakil, Guy Pujolle (2007), Téléphonie sur IP,. 61, bd Saint-Germain 75240 Paris Cedex 05, [www.editions-eyrolles.com](http://www.editions-eyrolles.com). Consulté **23/05/2021**.
- [14] - Mlle.Rebha Bouzaida(2011) , étude et mise en place d'une solution VOIP sécurisée Mémoire de master .
- [15] - Philippe Matins,Du téléphonie à SIP,présentation et evolution des architecture et des protocole,Te7415,3.

[16] - Romain DELETRE & Aurélien MECHIN. Comparaison des technologies de téléphonie sur IP. Enic Telecom Lille1.

[17] - Nico VanHaute, Julien Barascud et Jean-Roland Conca. « Les protocoles RTP/RTCP ». Disponible sur le lien <http://www.commentcamarche.net/contents/535-les-protocoles-rtp-rtcp>.

Consulté **10/06/2021**.

[18] - Nico VanHaute, Julien Barascud et Jean-Roland Conca. «Les protocoles UDP et TCP». Disponible sur le lien : <http://www.commentcamarche.net/contents/535-les-protocoles-rtp-rtcp>.

Consulté **10/06/2021**.

[19] - « What is Free PBX ». voip phone supply? Disponible sur le lien :

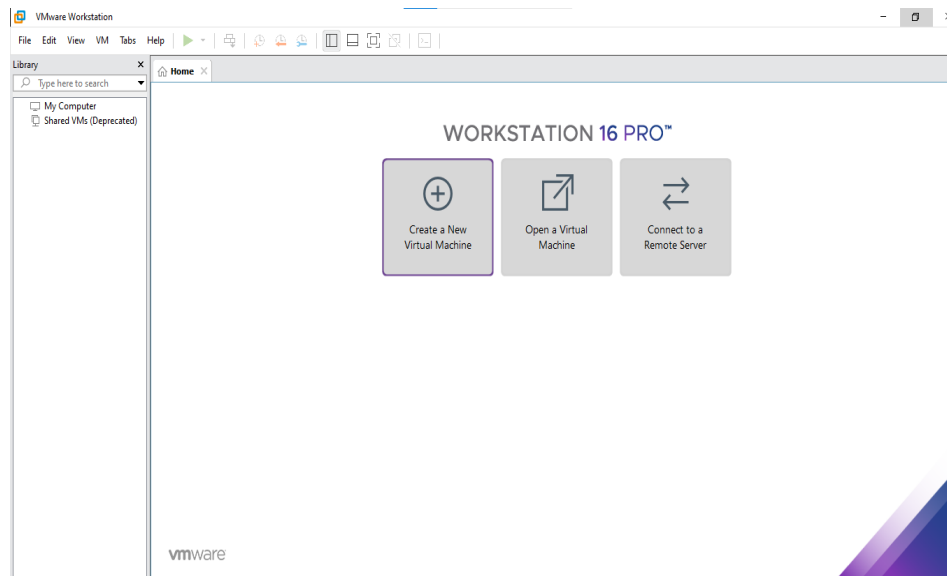
<http://www.voipphonesupply.com/resources/articles/what-is-free-pbx>. Consulté **29/06/2021**.



# ***ANNEXES***

## Installation FreePBX :

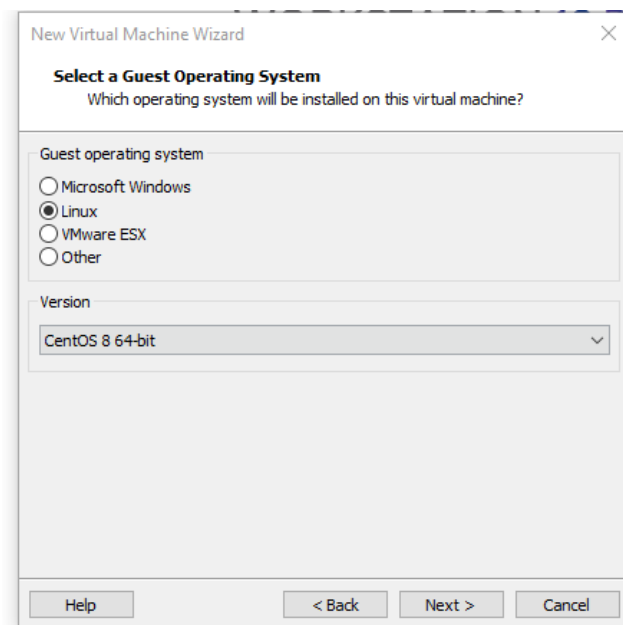
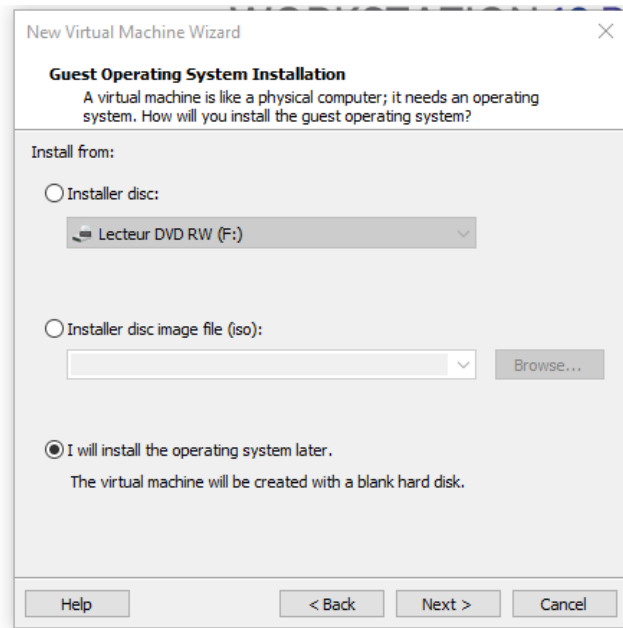
Dans cette étape on a utilisé une machine virtuelle créée dans un environnement VMware, ce sera une machine très légère car Free PBX ne demande pas de grosses ressources.



1. Appuyez sur "Create a New virtual Machine".

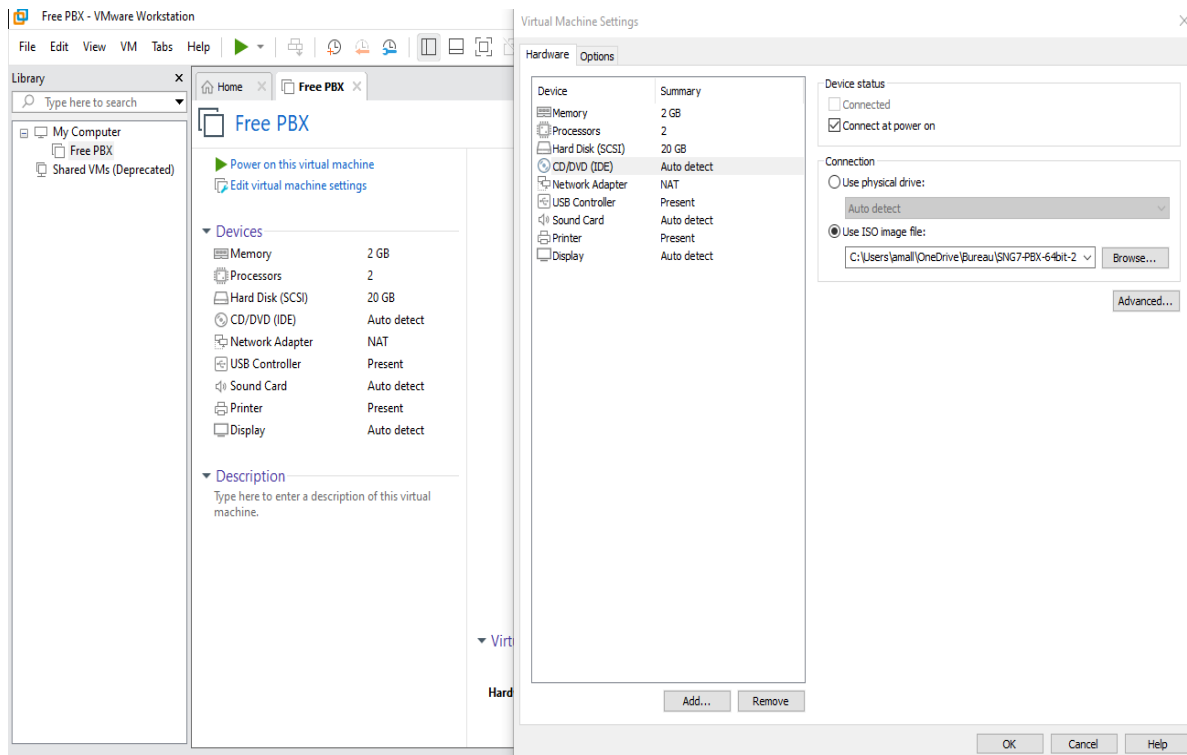


2. Appuyez sur "Next" pour continuer



3.

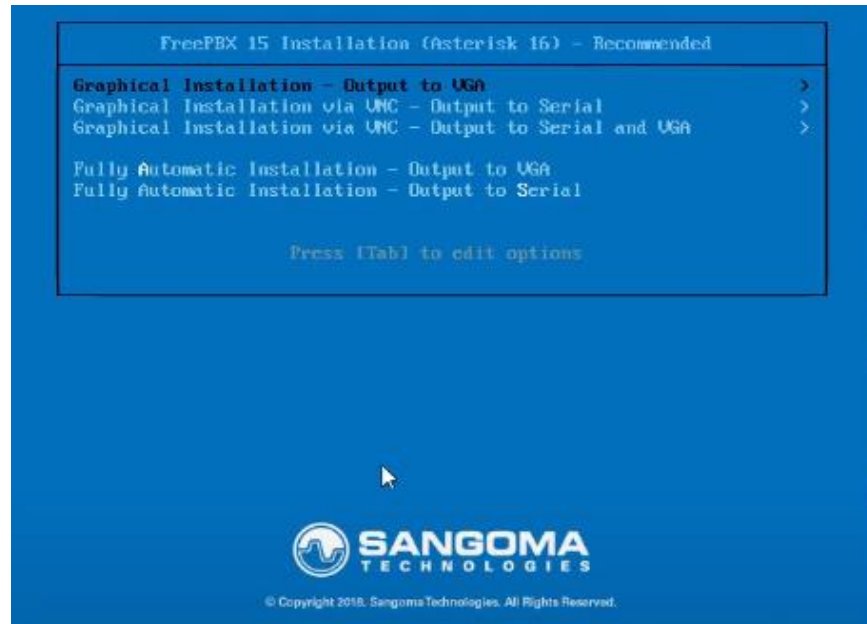
- Choisi "Linux " et la version "CentOs 8 64-bit", et appuyer sur "Next" pour continuer.
- Dans les étapes suivantes appuyez sur "Next" et maintenez-le enfoncé jusqu'à "finish".



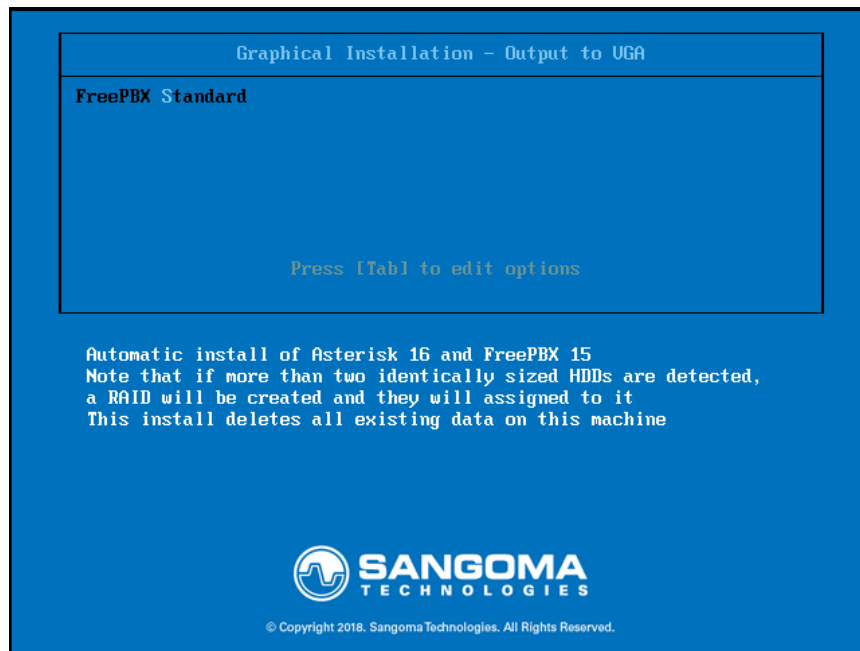
4.

- Cliquer à droite sur votre machine virtuelle après “ setting“, “ CD/DVD(IDE)“
- Choisir “User ISO image file“ après appuyez sur “Browser “et sélectionné votre image ISO qu’avez téléchargé.

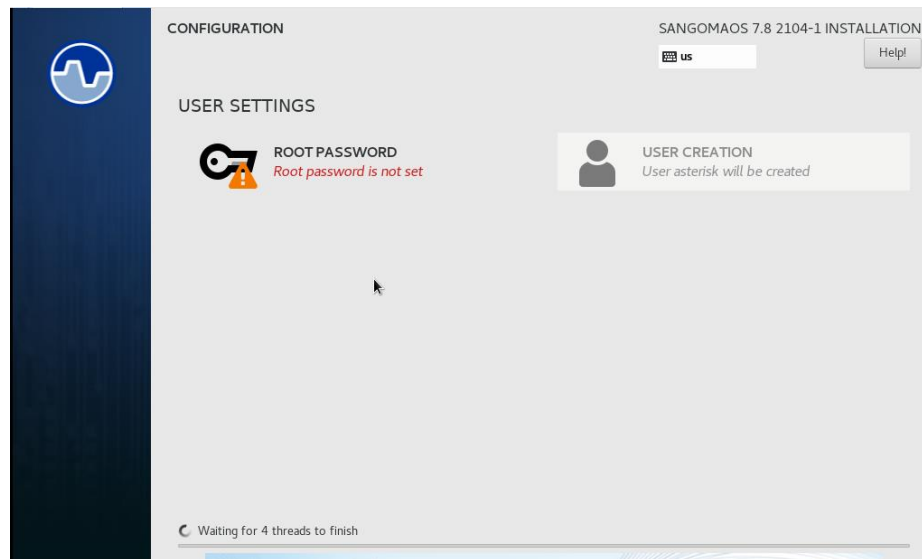
Nous téléchargeons l'image ISO à partir de <https://www.freepbx.org> introduisons l'image ISO (DVD) dans une machine virtuelle et nous lançons l'installation, nous sélectionnons l'option recommandée (nous ferons la mise à jour plus tard), FreePBX 15 Installation (Asterisk 16).



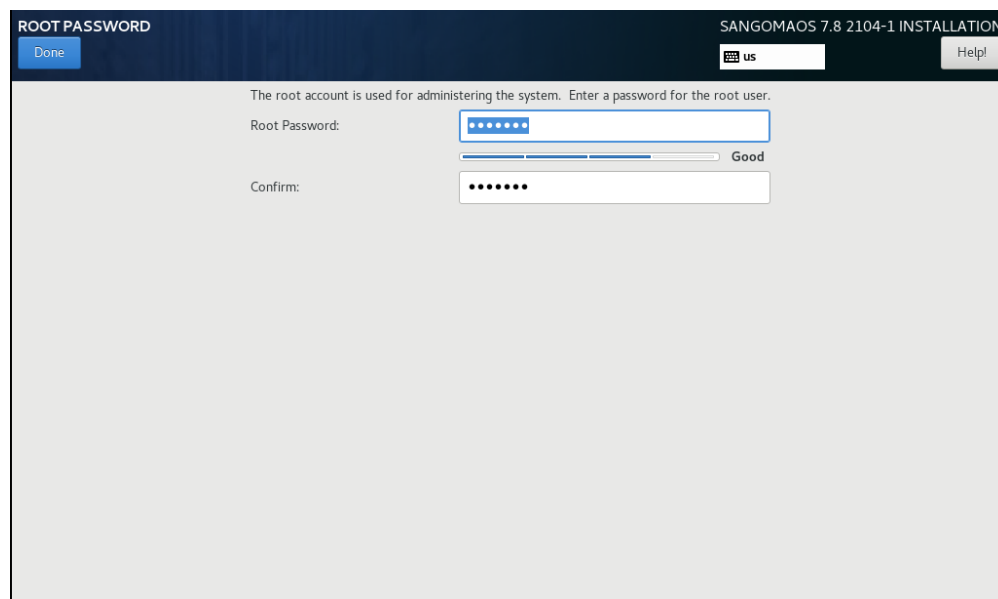
5. Sélectionner “Graphical Installation – Output to VGA”,



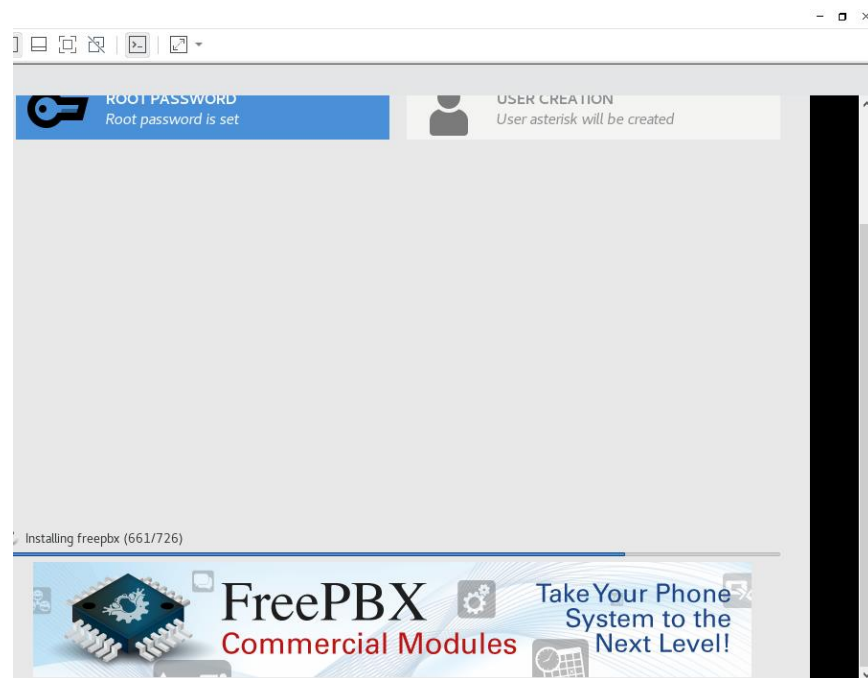
6. Sélectionner “FreePBX Standard”.



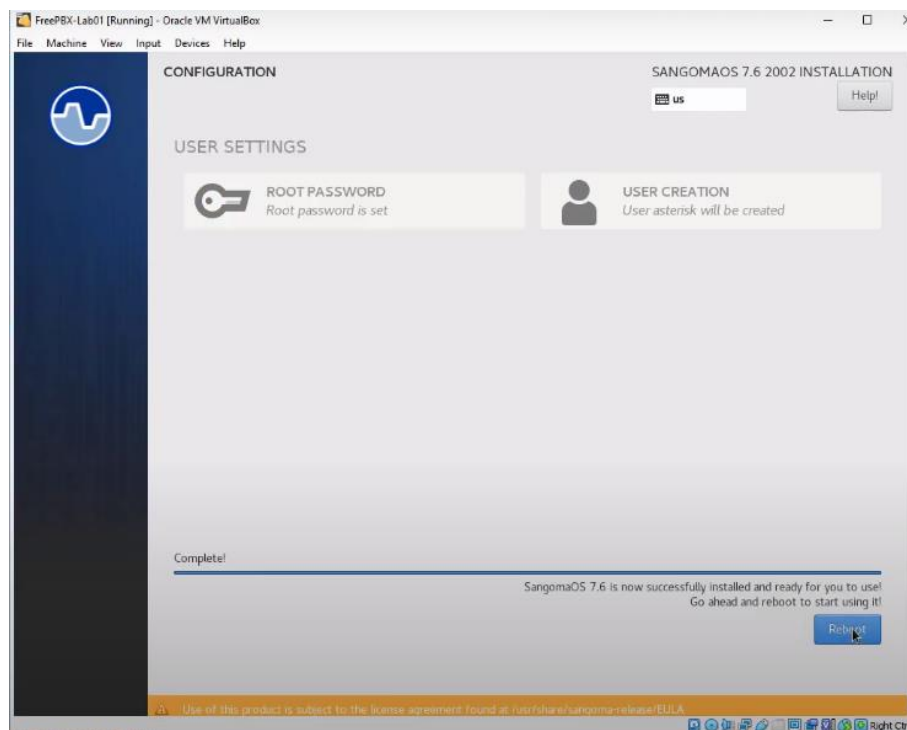
7. Au cours du processus d'installation, nous choisissons un mot de passe pour l'utilisateur "root"



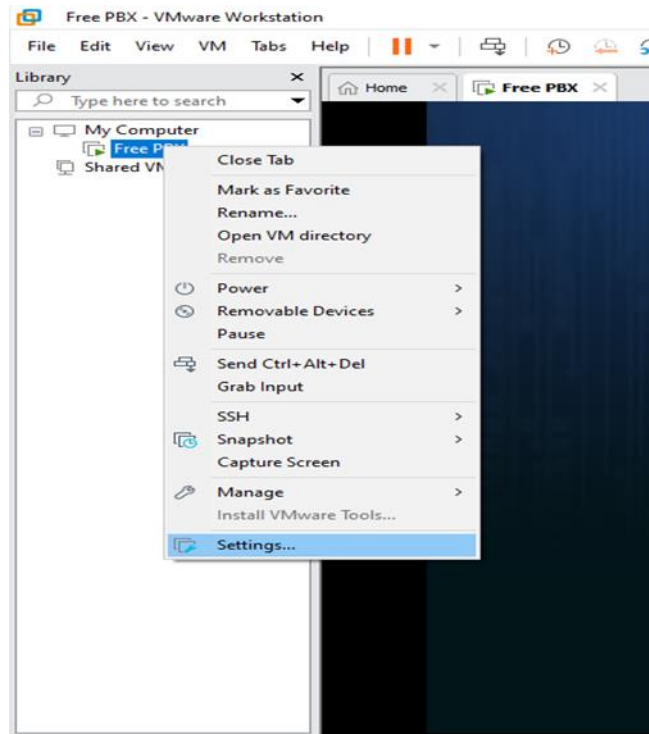
8. Nous choisissons un mot de passe fort & "Done".



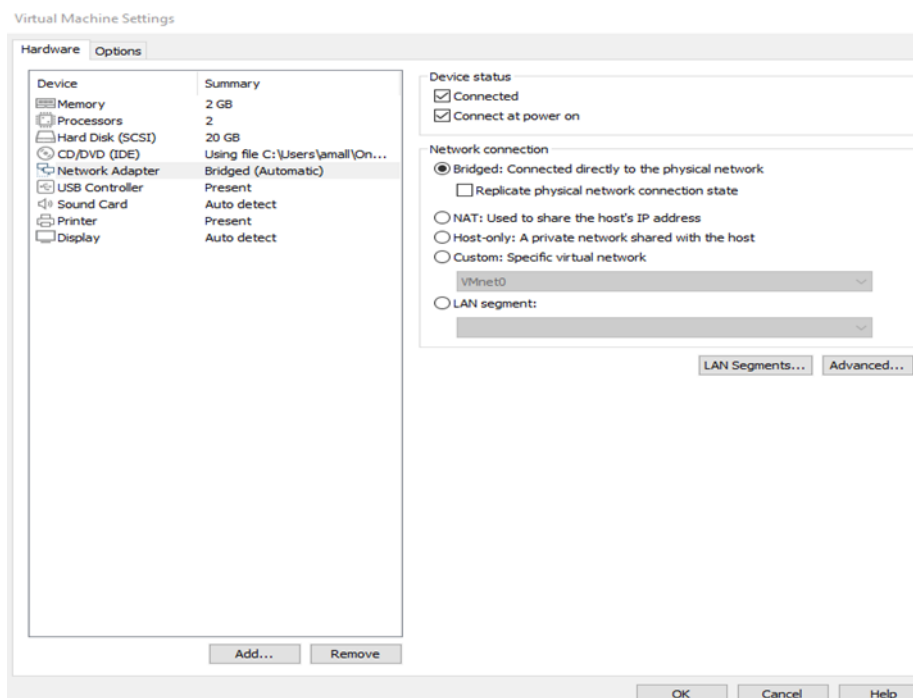
... et c'est terminé, il ne reste qu'à patienter durant l'installation...



9. Une fois l'installation terminée, cliquer sur "Reboot" pour redémarrer, et retirer l'ISO / DVD.



10. Cliquer sur la machine virtuelle FreePbx choisir “settings“.



11. Cliquer sur “Network Adapter“ choisir “Bridged“. OK



```
Sangoma Linux 7 (Core) (x86_64)
Kernel version 3.10.0-1127.19.1.el7.x86_64

freepbx login: root
Password: _
```

12. Entrer le mot de passe.

