

République Populaire et Démocratique Algérienne  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen  
Faculté de technologie

# MÉMOIRE

Présenté par

**Cherif Bemmoussa Adel**

*En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER*

**En : Télécommunications**

**Spécialité : Systèmes des Télécommunications**

**Thème :**

**Conception et mise en place de la voix sur IP basé sur la  
Qualité de service dans une plate-forme Cisco**

Soutenu le 27/09/2023, devant le jury composé de :

Président	Mr. M KHELADI	MCA	Université de Tlemcen
Encadrant	Mr. A DJEMAI	MCB	Université de Tlemcen
Examineur	Mr. A ABDELMALEK	MCB	Université de Tlemcen

**Année universitaire : 2022/2023**

## *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire à :*

*Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur  
tendresse,*

*leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,*

*Mes chers frères, ABDELLATIF et RAYAN pour leur appui et  
leur encouragement,*

*Toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours  
universitaire,*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et  
le fruit de votre soutien infaillible,*

*Merci d'être toujours là pour moi*

## **Remerciement**

*Nous tenons tout d'abord à remercier les membres du jury pour leur présence, pour leur lecture attentive de notre mémoire.*

*Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à notre directeur de mémoire, Mr.djemai . et mon c.o*

*Mr. ABDELBARI SADI .Je les remerci de m' avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.*

*je m'adresse mes sincères remerciements à tous les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches.*

*je remercie très chers parents, qui ont toujours été là pour moi. Je remercie mes frère , pour leurs encouragements.*

*Enfin, je remercie nos amis , qui ont toujours été là pour moi. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.*

*À tous ces intervenants, nos remerciements, notre respect et notre gratitude*

## Abstract

This study is focused on providing a comprehensive overview of VoIP (Voice over Internet Protocol) as an appealing alternative for both personal and professional communication needs. It specifically delves into the utilization of cisco, a freely available Private Branch Exchange (PABX) . The initial chapter introduces the VoIP solution based on Asterisk, followed by an exploration of its functionality. Subsequently, the paper delves into an examination of the diverse protocols and mechanisms underpinning the operation of a VoIP infrastructure.

The second chapter is devoted to the practical implementation of a VoIP solution. It includes the creation of a virtual machine and the installation of the Asterisk server, complete with its configuration. To conclude this thesis, a discussion on existing security challenges and potential solutions is presented.

**Keywords:** VoiIP, SIP, IP, Cisco, CME, QOS, security.

## Résumé

Le but recherché a travers ce travaille est la conception et la mise en place de la Voix sur IP (VoIP) basée sur la qualité de service (QoS) dans une plateforme Cisco. L'objectif est de garantir une transmission fiable de la voix en utilisant les fonctionnalités de QoS fournies par les équipements Cisco, afin d'assurer une expérience de communication de haute qualité. La mémoire couvre les principes de base de la VoIP, les concepts de QoS, ainsi que la configuration et l'optimisation des paramètres de QoS dans une plateforme Cisco.

**Mot clés :** VOIP ,SIP, IP, Cisco,CME, QOS, Sécurité.

ملخص

هي تقنية تمكن نقل الصوت عبر شبكات الإنترنت وشبكات (VoIP)تكنولوجيا الصوت عبر بروتوكول الإنترنت بديلاً مبتكراً للاتصالات التقليدية عبر الهاتف الأرضي، حيث يتم تحويل الأصوات إلى بيانات رقمية VoIP تعد الكمبيوتر. تنتج هذه التقنية للمستخدمين الاتصال ببعضهم البعض عبر الإنترنت باستخدام الصوت والفيديو. ونقلها عبر الشبكة.

بتوفير VoIP يتميز استخدام . على تحويل الأصوات إلى حزم بيانات رقمية تنتقل عبر شبكة الإنترنت VoIPتعتمد تقنية تكاليف منخفضة مقارنة بالاتصالات التقليدية، وجودة صوت عالية، ومرونة في توسيع الاتصالات، وإمكانية دمجها مع التطبيقات والخدمات الأخرى.

تستخدم الأجهزة . حيث تهدف إلى ضمان جودة عالية لنقل الصوت VoIP جزءاً هاماً في تقنية (جودة الخدمة) QoSتعتبر لضمان تجربة اتصال ممتازة للمستخدمين QoSميزات Ciscoوالمعدات من شركة.

تختص هذه التقنية بشكل رئيسي في تحسين جودة الاتصال وتحسين تجربة المستخدمين في الاتصالات عبر الإنترنت وتحقيق توفير في التكاليف

## Table des matières

*Dédicace*

*Remerciement*

**Abstract**

**Résumé**

**Table des matières**

**Listes des figures**

**Listes des tableaux**

**Introduction générale..... 1**

### **Chapitre I: Histoire de la téléphonie**

I.1	Introduction : .....	3
I.2	Définition de la téléphonie : .....	3
I.3	l'évolution de la téléphonie : .....	4
I.4	L'histoire de la téléphonie : .....	4
I.4.1	Le début du RTC (Réseau Téléphonique Commuté) :.....	4
I.4.2	Câble physique reliant tous les utilisateurs du téléphone : .....	5
I.4.3	Opérateur centralisé : Le commutateur humain .....	5
I.5	RTC (Réseau Téléphonique Commuté) .....	5
I.6	Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS) .....	6
I.7	La répartition d'un réseau: .....	7
I.8	Les connectivités analogiques et numériques.....	7
I.8.1	Qu'est-ce que la connectivité analogique ? .....	8
I.8.2	Formes d'ondes électriques : .....	8
I.8.3	Signalisation analogique .....	9
I.9	Problèmes liés aux connexions analogiques.....	11
I.9.1	Limitation de la Distance : .....	12
I.10	Conversion d'un signal analogique en numérique .....	13
I.10.1	Comment transformer la voix parlée en bits ? .....	14
I.11	La migration de la ligne analogique vers la technologie numérique .....	16
I.11.1	Ligne analogique vs. Ligne numérique : .....	16
I.11.2	Technologies numériques : .....	17
I.11.3	État de l'Art : .....	17
I.12	Comprendre les Codecs Vocaux : .....	18
I.13	Objectifs Cisco : Communications Unifiées .....	19
I.14	Rôles du Processeur de Signal Numérique (DSP) : .....	19
I.15	Conclusion .....	21

### **Chapitre II : La mise en Œuvre de la Voix sur le réseau IP**

II.1	Introduction à la VoIP : .....	24
II.2	Fonctionnement de la VoIP : .....	24
II.3	Applications de la VoIP : .....	25
II.4	Sécurité VoIP : .....	25
II.5	Tendances actuelles : .....	25
II.6	Comparaison entre la migration de la ligne analogique vers numérique et la VoIP : .....	26
II.7	Avantages de la migration vers la VoIP : .....	26
II.8	Défis et considérations : .....	27

II.9	L'Architecture VoIP .....	27
II.9.1	Les schémas VoIP .....	27
II.9.2	DOMAINE D'UTILISATION : .....	28
II.9.3	Risques et sécurité : .....	28
II.9.4	Standards VoIP .....	29
II.10	Protocoles de transport .....	31
II.10.1	Le protocole RTP .....	31
II.10.2	Protocole srtp .....	32
II.11	Le modèle de structure vocale Cisco .....	32
II.12	Le traitement des appels: .....	33
II.13	Problème et QoS .....	33
II.14	Perte de paquets voip .....	34
II.15	Etat de marché de Voip : .....	34
II.16	Sécurité : .....	36
II.17	Conclusion .....	36
<b>Chapitre III : Implémentation de la VOIP et QOS sur équipement Cisco</b>		
III.1	Introduction : .....	39
III.2	Téléphone IP : .....	40
III.3	Comment alimenter et enregistrer un tel IP : .....	41
III.4	Configuration du Switch liées avec les tel IP : .....	42
III.5	Configuration dans le router : .....	43
III.5.1	Configuration de DHCP .....	43
III.5.2	Créer un numéro d'un tel ip dans un serveur CME .....	44
III.6	comment changer les périphérique dans un tel IP ? .....	44
III.7	Qos et mesure de sécurité : .....	45
III.8	Conclusion .....	46
<b>Conclusion générale .....</b>		<b>48</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>		<b>50</b>

## Listes des figures

Figure 1: Câble physique reliant tous les utilisateurs du téléphone .....	5
Figure 2: Humain Switch .....	5
Figure 3: Principe du RTC .....	6
Figure 4: Phonographe .....	8
Figure 5: Une représentation d'un signal analogique.....	9
Figure 6: Loop start .....	9
Figure 7: Ground start .....	10
Figure 8: Surveillance et information du signal .....	10
Figure 9: Pulse phone.....	11
Figure 10: Multifréquence à double tonalité .....	11
Figure 11: Amplification de signal.....	12
Figure 12: Problème de câble.....	12
Figure 13: De l'analogique vers numérique.....	13
Figure 14: Plan de numérotation Nord-Américain.....	14
Figure 15: Échantillonnage de voix analogique .....	14
Figure 16: La quantification de l'échantillon.....	15
Figure 17: The Old to th new .....	17
Figure 18: Carte PVDM .....	20
Figure 19: Architecture Voip .....	28
Figure 20: Model de structure vocale Cisco.....	32
Figure 21: Routeur 'G2' (CME).....	33
Figure 22: Les différents ports d'un téléphone IP .....	41
Figure 23: Vlan10/Vlan20.....	42
Figure 24: Les périphériques .....	45

## **Listes des tableaux**

Tableau 1: Note d'opinion moyenne.....	18
Tableau 2: Comportement des codec lors des tests MOS .....	18
Tableau 3: Comparaison des codecs .....	20



## **Introduction générale**

L'introduction à la téléphonie et à la VoIP nous plonge dans l'univers passionnant de la communication à travers les âges, depuis les premières tentatives de transmission de la voix humaine jusqu'à la révolution de la VoIP (Voice over Internet Protocol) dans notre ère numérique.

La téléphonie, qui signifie littéralement "parler à distance", a été une force motrice de la transformation de notre manière de communiquer. Elle a ouvert la voie à des interactions en temps réel, à la coordination des affaires, au maintien des liens familiaux et bien plus encore. Depuis l'invention du premier téléphone par Alexander Graham Bell en 1876, la téléphonie a connu une évolution fulgurante.

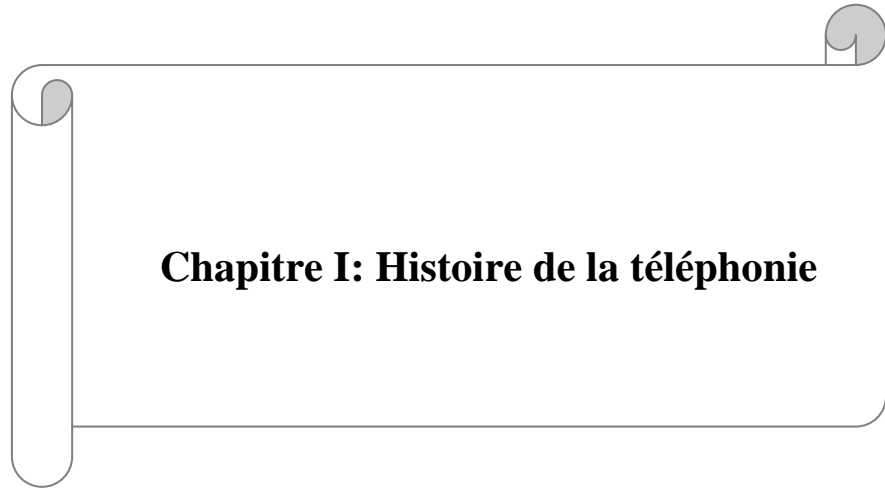
Avec l'avènement de la VoIP, la téléphonie a franchi une nouvelle étape. Cette technologie novatrice utilise Internet pour transmettre la voix, offrant des avantages tels que des coûts réduits, une flexibilité accrue et des fonctionnalités avancées. La VoIP a révolutionné la manière dont nous effectuons des appels, en permettant des conversations à travers le monde à un coût abordable.

L'introduction à la téléphonie et à la VoIP nous rappelle l'importance de ces technologies dans notre vie quotidienne, que ce soit pour nos communications personnelles ou professionnelles. Il est essentiel de comprendre les bases de ces systèmes, leurs protocoles, leurs avantages et leur rôle central dans notre monde interconnecté. Cette introduction marque le début d'un voyage pour explorer en profondeur ces domaines fascinants de la communication.

Le 1<sup>er</sup> chapitre est conçu pour l'histoire de la téléphonie en terme d'architecture avec toutes ces connectivités analogique et numérique et leurs problèmes, conversion d'un signal analogique en numérique, comment transformé la voix en bits

Ensuite, parlons de la mise en œuvre de la voix sur un réseau IP et son fonctionnement, application, et domaine d'utilisation, et le risque des attaques dû au manque de la sécurité

Enfin, ce dernier chapitre se concentre sur l'implémentation de la VoIP et QoS sur des équipements Cisco pour faire passer des appels bien sécurisés et ordonnés dans un réseau d'entreprise



## **Chapitre I: Histoire de la téléphonie**

## **I.1 Introduction :**

L'introduction à la téléphonie nous emmène à travers une histoire fascinante de la communication humaine, de l'invention du premier téléphone à l'ère numérique actuelle. La téléphonie, qui signifie "parler à distance", a révolutionné nos interactions, passant des lignes téléphoniques classiques aux smartphones et à la VoIP (Voice over Internet Protocol).

Au cœur de cette technologie se trouve le désir ancestral de l'humanité de surmonter les barrières de la distance pour partager idées, émotions et informations, que les interlocuteurs soient proches ou éloignés. La téléphonie a permis des connexions en temps réel, la coordination des affaires, le maintien des liens familiaux et l'exploration de nouvelles opportunités à travers le monde.

Au fil du temps, la téléphonie a évolué de conversations analogiques sur des lignes fixes à des appels numériques via des réseaux cellulaires et Internet. Cette évolution a apporté une clarté vocale exceptionnelle et une grande flexibilité, tout en ouvrant la voie à de nouvelles formes de communication, comme la messagerie texte, la vidéoconférence et la messagerie instantanée.

Aujourd'hui, la téléphonie poursuit son évolution avec l'émergence de technologies telles que la 5G et la 6G, promettant des vitesses de communication plus rapides et des capacités de connectivité avancées. La téléphonie est omniprésente dans notre vie quotidienne, à la fois sur le plan personnel et professionnel, et elle continue de redéfinir la manière dont nous interagissons dans un monde de plus en plus connecté. Il est donc essentiel de comprendre les fondamentaux de la téléphonie, ses protocoles, ses technologies et son impact sur nos vies.

## **I.2 Définition de la téléphonie :**

La téléphonie est l'ensemble des technologies et des méthodes utilisées pour la transmission de la voix et des données à distance, par le biais d'un réseau de télécommunication. Cette technologie permet la communication en temps réel entre deux ou plusieurs personnes, qu'elles soient situées dans la même ville ou à l'autre bout du monde.

La téléphonie peut être divisée en deux grandes catégories : la téléphonie fixe et la téléphonie mobile. La téléphonie fixe utilise des lignes téléphoniques physiques pour transmettre les signaux vocaux et les données, tandis que la téléphonie mobile utilise des ondes radio pour communiquer avec des antennes cellulaires.

La téléphonie offre de nombreux avantages, notamment la possibilité de communiquer rapidement et efficacement avec des personnes à distance, qu'il s'agisse de la famille, des amis ou des collègues de travail. Elle permet également aux entreprises de rester en contact avec leurs clients et de fournir un service clientèle efficace.

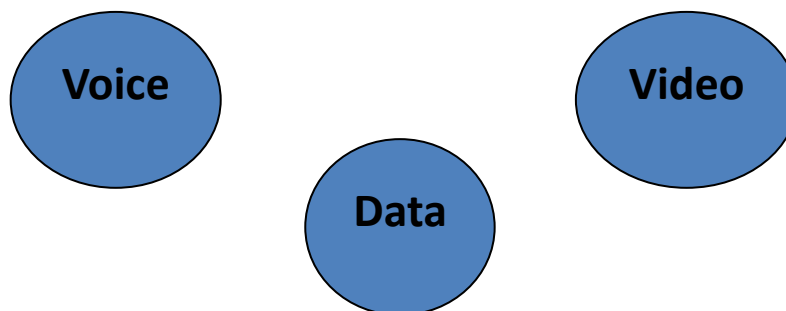
Cependant, la téléphonie peut également présenter des inconvénients, notamment les coûts élevés associés aux appels internationaux, les problèmes de qualité de la voix et les problèmes de confidentialité liés aux interceptions de communication.

En résumé, la téléphonie est une technologie essentielle pour la communication et la collaboration, que ce soit pour les particuliers ou les entreprises. Avec l'avènement de la VoIP et des communications unifiées, la téléphonie continue d'évoluer pour offrir des solutions de communication toujours plus innovantes et efficaces[1].

### **I.3 l'évolution de la téléphonie :**

le monde a la fin du 20 EME siecle :

- Trois réseaux distincts : Voix, Données, Vidéo.
- Difficile d'intégrer des applications.
- Chaque domaine est un monde à part : Infrastructure, personnel.



### **I.4 L'histoire de la téléphonie :**

#### **I.4.1 Le début du RTC (Réseau Téléphonique Commuté) :**

La toute première transmission vocale, réalisée par Alexander Graham Bell en 1876, s'est effectuée à travers ce qu'on appelle un circuit à connexion directe. Un circuit à connexion directe signifie qu'il n'y avait pas de composition de numéros. À la place, un fil physique reliait deux appareils. En gros, une personne décrochait le téléphone et une autre personne se trouvait à l'autre bout (il n'y avait pas de sonnerie impliquée).

Avec le temps, ce concept simple a évolué depuis une transmission vocale unilatérale, où seul un utilisateur pouvait parler, vers une transmission vocale bidirectionnelle, où les deux utilisateurs pouvaient parler. Pour déplacer les voix à travers le fil, cela nécessitait un microphone à charbon, une batterie, un électroaimant et un diaphragme en fer[2].

#### I.4.2 Câble physique reliant tous les utilisateurs du téléphone :

Pensez à chaque personne que vous appelez comme ayant une valeur de N et utilisez l'équation suivante :  $N \times (N-1)/2$ . Ainsi, si vous souhaitez appeler 10 personnes, vous avez besoin de 45 paires de lignes entrant dans votre maison.

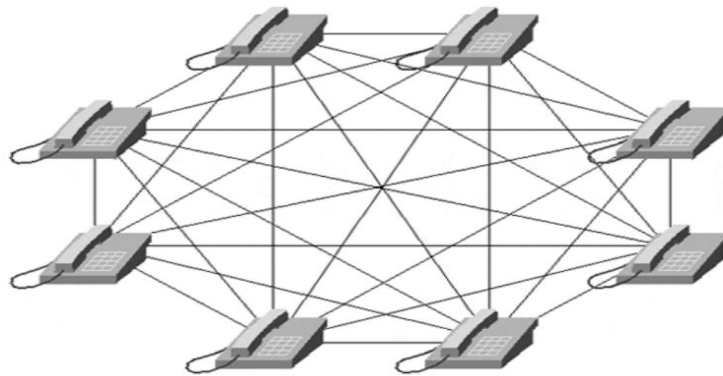


Figure 1: Câble physique reliant tous les utilisateurs du téléphone

#### I.4.3 Opérateur centralisé : Le commutateur humain

Environ 100 ans plus tard, l'interrupteur humain est remplacé par des commutateurs électroniques.

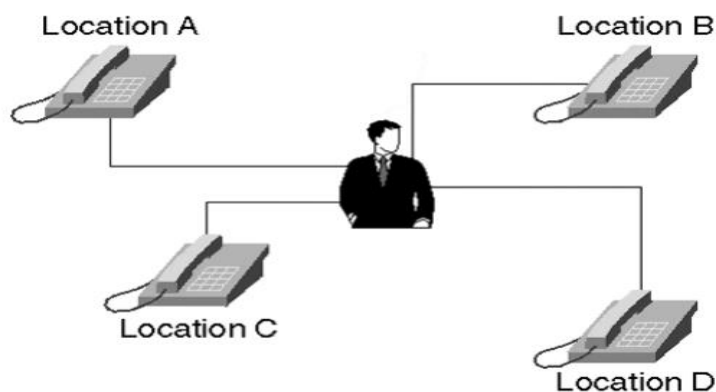


Figure 2: Humain Switch

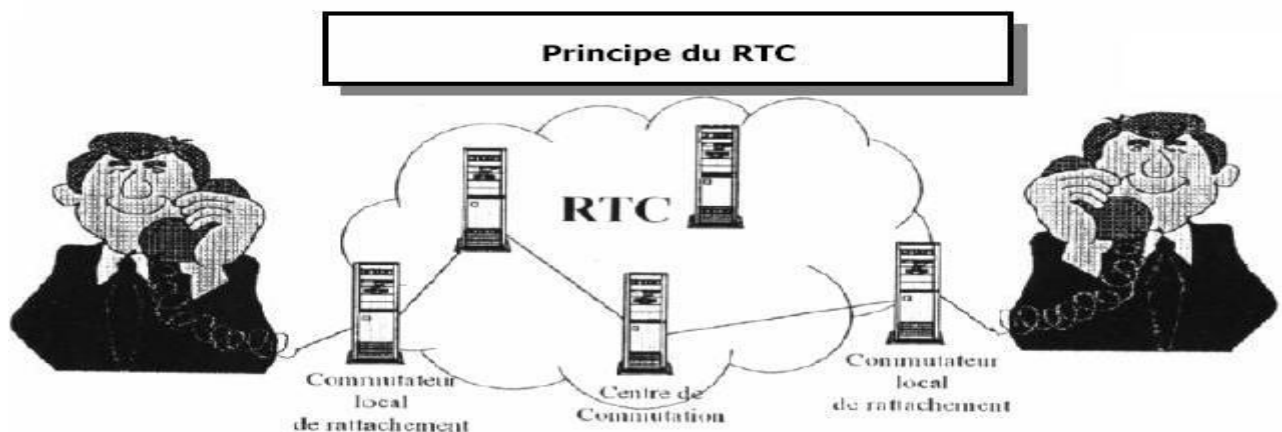
### I.5 RTC (Réseau Téléphonique Commuté)

Le RTC (Réseau Téléphonique Commuté Public), également connu sous le nom de Service Téléphonique Classique (STC), est la collection mondiale de réseaux téléphoniques publics interconnectés orientés voix. Il regroupe les réseaux de téléphonie à commutation de circuit qui ont évolué depuis l'époque d'Alexander Graham Bell.

Aujourd'hui, il est presque entièrement basé sur la technologie numérique, à l'exception du dernier tronçon reliant le central téléphonique local à l'utilisateur[3].

- **Principe du RTC**

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



**Figure 3: Principe du RTC**

## **I.6 Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS)**

Le Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS) offre l'ensemble de services de données et de voix numériques disponibles dans le RTC d'aujourd'hui. Le réseau RNIS est construit autour d'interfaces, de protocoles et d'ensembles de fonctionnalités conformes aux normes.

Cela permet aux abonnés de connecter des dispositifs compatibles avec les normes, qui interagissent entre eux et offrent un accès aux fonctionnalités. Les services RNIS sont mis à disposition par des centraux téléphoniques équipés RNIS[4] .

### **I.7 La répartition d'un réseau:**

On distingue deux grandes parties dans ce réseau :

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

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

La gestion générale du réseau discerne trois fonctions :

- La distribution, celle-ci comprend essentiellement la liaison d'abonné ou boucle locale (paire métallique torsadée) qui relie l'installation de l'abonné au centre de transmission de rattachement. Cette ligne assure la transmission de la voix (fréquence vocale de 300 à 3 400 Hz), de la numérotation (10 Hz pour la numérotation décimale -au cadran- et 697 à 1633 Hz pour la numérotation fréquentielle) et de la signalisation générale (boucle de courant, fréquences supra vocales)
- La commutation, c'est la fonction essentielle du réseau, elle consiste à mettre en relation deux abonnés, maintenir la liaison pendant tout l'échange et libérer les ressources à la fin de celui-ci. C'est le réseau qui détermine les paramètres de taxation et impute le coût de la communication à l'appelant
- La transmission, c'est la partie support de télécommunication du réseau, cette fonction est remplie soit par un système filaire cuivre (en voie de disparition), de la fibre optique ou des faisceaux hertziens. Aujourd'hui, le réseau est pratiquement intégralement numérisé, seule la liaison d'abonné reste analogique[5] .

### **I.8 Les connectivités analogiques et numériques**

### I.8.1 Qu'est-ce que la connectivité analogique ?

Transmission analogique: Utilisation d'une propriété du support de transmission pour véhiculer un signal.

- Le phonographe de Thomas Edison en 1877.
- Les tourne-disques.
- Le braille pour les aveugles.
- Les lignes téléphoniques domestiques classiques.

Les lignes téléphoniques analogiques utilisent les propriétés de l'électricité pour la transmission de la voix[6] .



**Figure 4: Phonographe**

### I.8.2 Formes d'ondes électriques :

-Lorsque vous parlez dans un téléphone analogique, votre voix est convertie en électricité.



**Figure 5: Une représentation d'un signal analogique**

-Les propriétés de l'électricité sont utilisées pour transmettre les caractéristiques de votre voix.

### I.8.3 Signalisation analogique

#### I.8.3.1 Surveillance de signal :

Utilisé pour envoyer les signaux suivants sur une ligne analogique :

- En veille (On-hook)
- Hors veille (Off-hook)
- Sonnerie (Ringing)
- La sonnerie est envoyée en utilisant un courant alternatif (AC) plutôt qu'un courant continu (DC) [7] .

#### a- Démarrage en Boucle :

Lorsque le récepteur est en veille, le circuit est ouvert.

Si le client prend l'appareil il envoi un courant dc 48V



**Figure 6: Loop start**

#### b- Démarrage à la Masse :

Le signal de décrochage est effectué en mettant temporairement à la masse le fil de sonnerie.

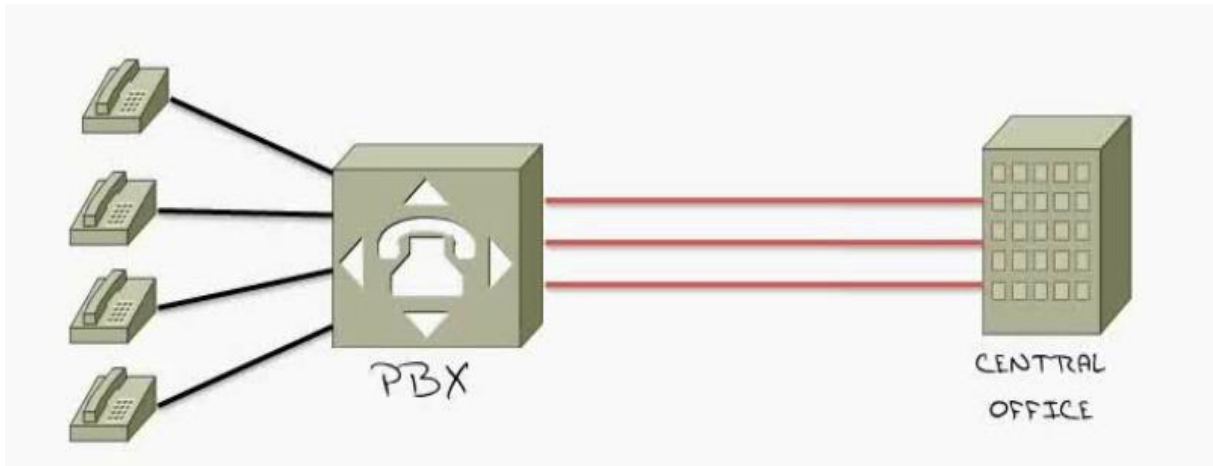


Figure 7: Ground start

Pour éviter la collision ils ont ajouté une mise a la tere pendant 1 us

1.8.3.2 *Information de signal*

- Utilisé pour envoyer les signaux suivants sur une ligne analogique :
  - Tonalité de numérotation
  - Ligne occupée
  - Rappel de sonnerie
  - Congestion
  - Numéro inexistant
  - Récepteur décroché

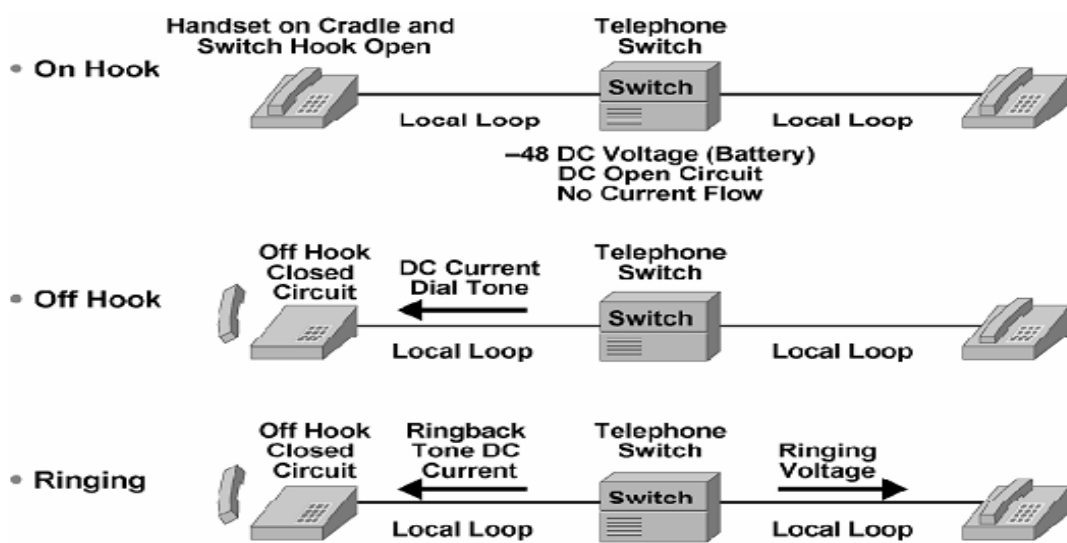


Figure 8: Surveillance et information du signal

### I.8.3.3 Signal d'Adresse :

- Utilisé pour envoyer les informations de numérotation sur une ligne analogique :

#### a- Impulsions ancien



**Figure 9: Pulse phone**

#### b- Multifréquence à double tonalité (DTMF)

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz
697 Hz	1	2	3
770 Hz	4	5	6
852 Hz	7	8	9
941 Hz	*	0	#

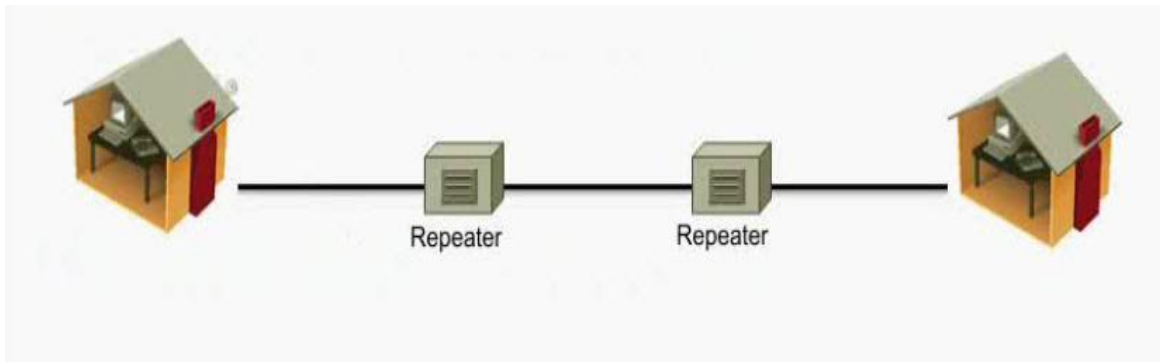


**Figure 10: Multifréquence à double tonalité**

## I.9 Problèmes liés aux connexions analogiques

**I.9.1 Limitation de la Distance :**

Qualité de son diminue donc on ajoute des amplificateurs



**Figure 11: Amplification de signal**

- **Problème de câble**

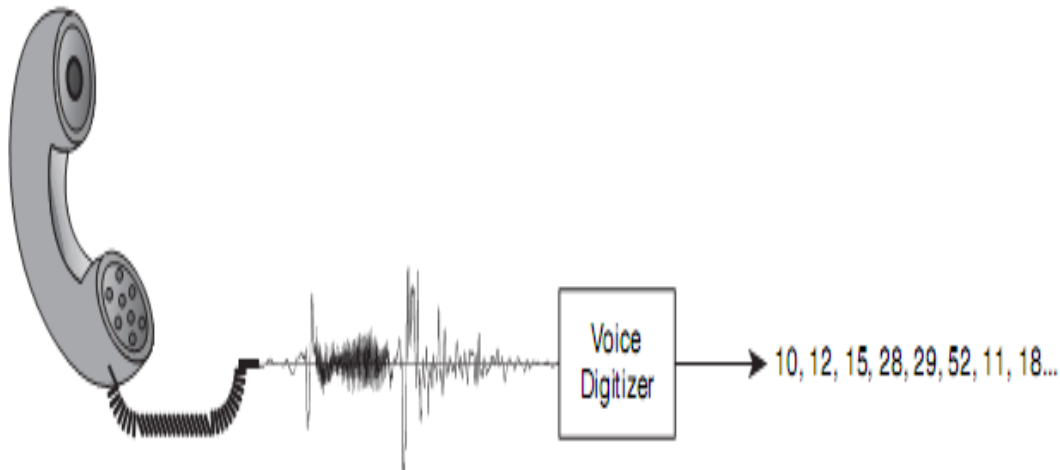


**Figure 12: Problème de câble**

Cela rend impossible de régler les pannes de chaque utilisateur

## I.10 Conversion d'un signal analogique en numérique

Chaque nombre représente un son qu'une personne a produit en parlant dans le combiné téléphonique[8] .



**Figure 13: De l'analogique vers numérique**

### ❖ Plans de numérotation PSTN :

- Plans de numérotation PSTN gérés selon la norme ITU (E.164).
- - Code pays.
- - Code de destination national.
- - Numéro d'abonné.

### Exemple : Plan de numérotation Nord-Américain (NANP)

- Code pays.
- Code régional.
- Code central.
- Code de station.

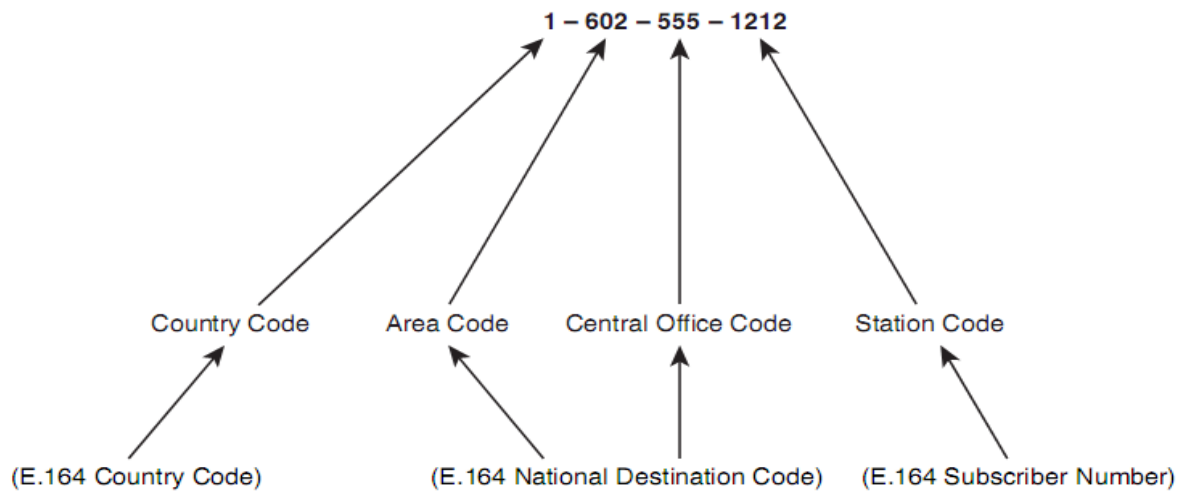


Figure 14: Plan de numérotation Nord-Américain

## I.10.1 Comment transformer la voix parlée en bits ?

### I.10.1.1 Acquisition du signal:

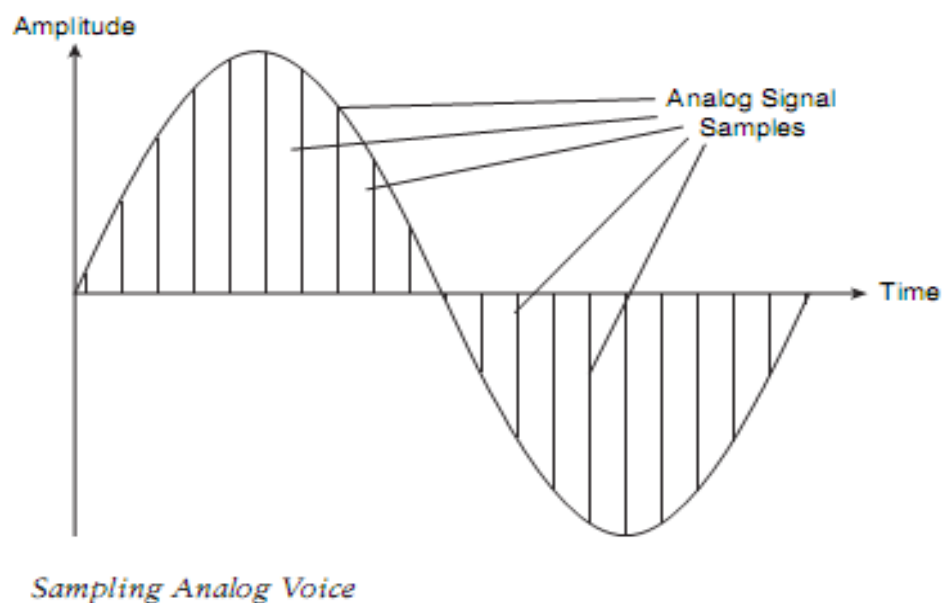


Figure 15: Échantillonnage de voix analogique

La première étape consiste naturellement à capter la voix à l'aide d'un micro, qu'il

s'agisse de celui d'un téléphone ou d'un micro casque .

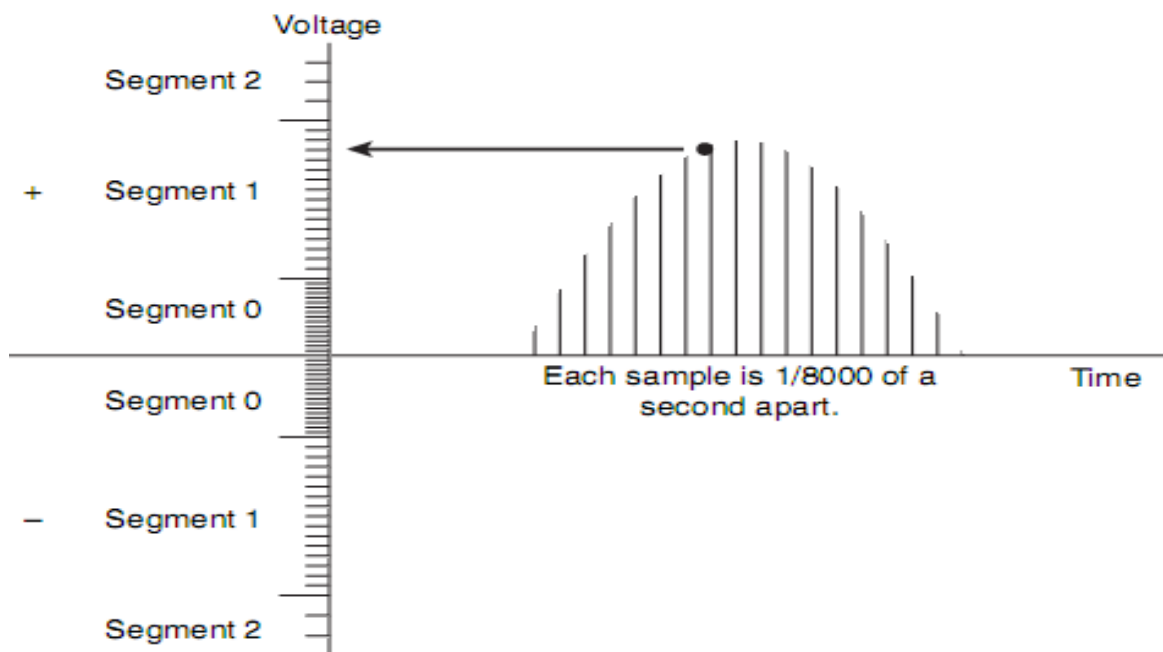
### 1.10.1.2 Numérisation

La voix passe alors dans un convertisseur analogique numérique qui réalise deux tâches distinctes:

a-Echantillonnage du signal sonore: Un prélèvement périodique de ce signal, il s'agit d'enregistrer à des intervalles très rapprochés la valeur d'un signal afin de pouvoir disposer d'un enregistrement proche de la valeur réelle de ce signal.

b-Quantification: Qui consiste à affecter une valeur numérique (en binaire) à chaque échantillon.

Plus les échantillons sont codés sur un nombre de bits important, meilleure sera la qualité.



**Figure 16: La quantification de l'échantillon**

### 1.10.1.3 Compression

Le signal une fois numérisé peut être traité par un DSP (Digital Signal Processor) qui va le compresser, c'est-à-dire réduire la quantité d'informations nécessaire pour l'exprimer.

L'avantage de la compression est de réduire la bande passante nécessaire pour transmettre le signal.

#### *1.10.1.4 Habillage des en-têtes*

Les données doivent encore être enrichies en informations avant d'être converties en paquets de données à expédier sur le réseau.

#### *1.10.1.5 Emission et transport*

Les paquets sont acheminés depuis le point d'émission pour atteindre le point de réception sans qu'un chemin précis soit réservé pour leur transport.

#### *1.10.1.6 Réception*

Lorsque les paquets arrivent à destination, il est essentiel de les replacer dans le bon ordre et assez rapidement. Faute de quoi une dégradation de la voix se fera sentir.

#### *1.10.1.7 Conversion numérique analogique:*

La conversion numérique analogique est l'étape réciproque de l'étape 2.

#### *1.10.1.8 Restitution*

Dès lors, la voix peut être retranscrite par le haut-parleur du casque, du combiné téléphonique ou de l'ordinateur[9].

## **I.11 La migration de la ligne analogique vers la technologie numérique**

La migration de la ligne analogique vers la technologie numérique est devenue incontournable dans un monde de plus en plus connecté. Les raisons derrière cette transition sont multiples.

Tout d'abord, la qualité audio s'améliore considérablement avec le passage au numérique. Les signaux numériques sont moins susceptibles aux interférences, garantissant ainsi des conversations plus claires et plus fiables. Ensuite, la flexibilité accrue des systèmes numériques permet d'intégrer la voix et les données, offrant une gamme étendue de services et d'applications. Enfin, la réduction des coûts liée à la transmission de la voix et des données est l'un des avantages les plus attractifs de cette migration, notamment grâce à l'utilisation d'internet pour les appels longue distance[10] .

### **I.11.1 Ligne analogique vs. Ligne numérique :**

Les lignes analogiques, en transmettant des signaux électriques continus, sont limitées en termes de qualité audio et sont sujettes à la dégradation du signal sur de longues distances.

Les interférences électromagnétiques et les coûts de maintenance élevés sont des inconvénients notables des lignes analogiques. En revanche, les lignes numériques convertissent la voix en données binaires, garantissant une qualité audio stable, une réduction des interférences et une meilleure évolutivité pour les services[11] .

### I.11.2 Technologies numériques :

La migration vers le numérique peut prendre différentes formes, mais la VoIP est devenue l'une des solutions les plus populaires. Celle-ci repose sur la transmission de la voix sous forme de paquets de données via Internet. D'autres technologies numériques comprennent la commutation de circuits et la Time-Division Multiplexing (TDM) [12] .

### I.11.3 État de l'Art :

The old to the new

Cucm ; pbx ne il fait le transfert d'appel ph 2

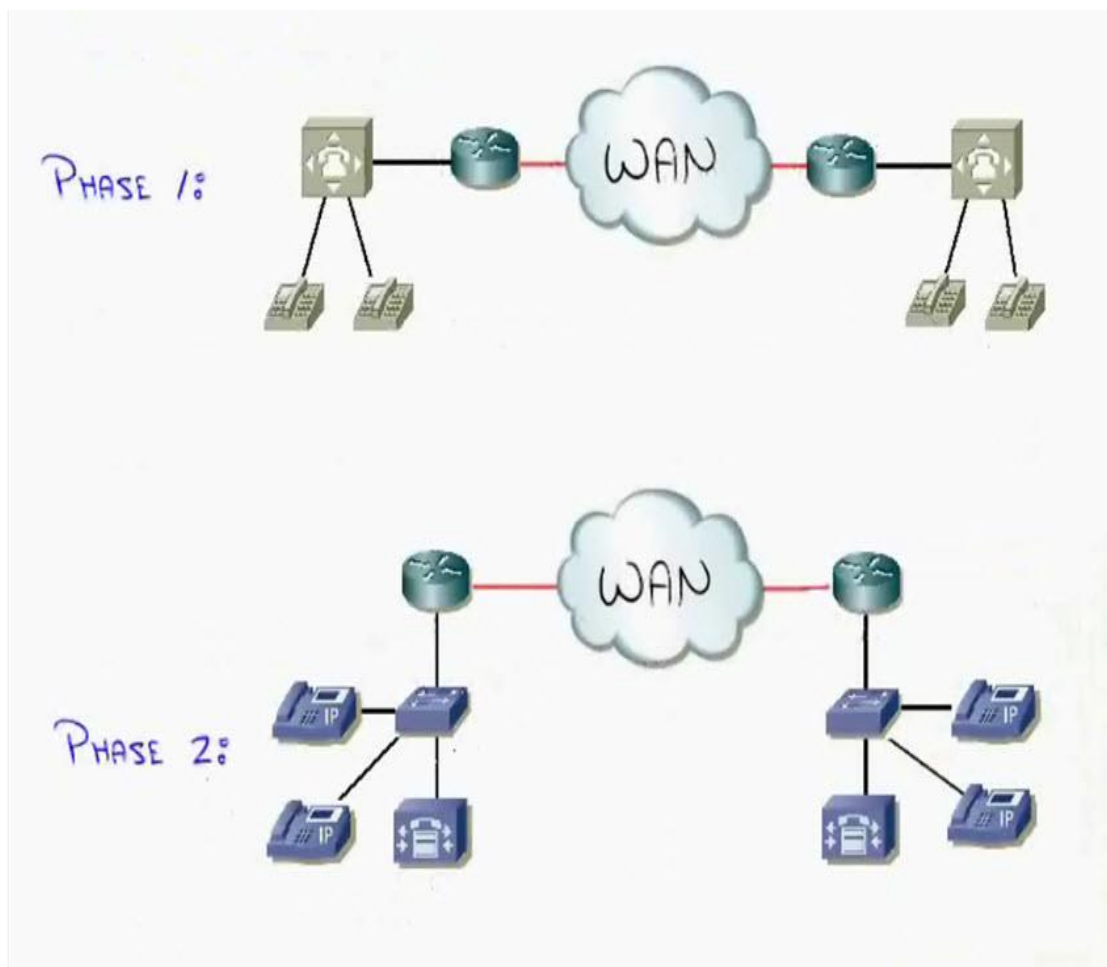


Figure 17: The Old to th new

## I.12 Comprendre les Codecs Vocaux :

- Les autorités compétentes ont créé un système de mesure appelé Score Moyen d'Opinion (MOS) pour évaluer la qualité des différents codecs vocaux.

<b>Mean opinion score (MOS)</b>		
<b>MOS</b>	<b>Quality</b>	<b>Impairment</b>
<b>5</b>	Excellent	Imperceptible
<b>4</b>	Good	Perceptible but not annoying
<b>3</b>	Fair	Slightly annoying
<b>2</b>	Poor	Annoying
<b>1</b>	Bad	Very annoying

Tableau 1: Note d'opinion moyenne

Le tableau montre comment chaque codec audio s'est comporté lors des tests MOS (Mean Opinion Score, ou Score Moyen d'Opinion).

<b>Codec</b>	<b>Bandwidth Consumed</b>	<b>MOS</b>
G.711	64 kbps	4.1
Internet Low Bitrate Codec (iLBC)	15.2 kbps	4.1
G.729	8 kbps	3.92
G.726	32 kbps	3.85
G.729a	8 kbps	3.7
G.728	16 kbps	3.61

Tableau 2: Comportement des codec lors des tests MOS

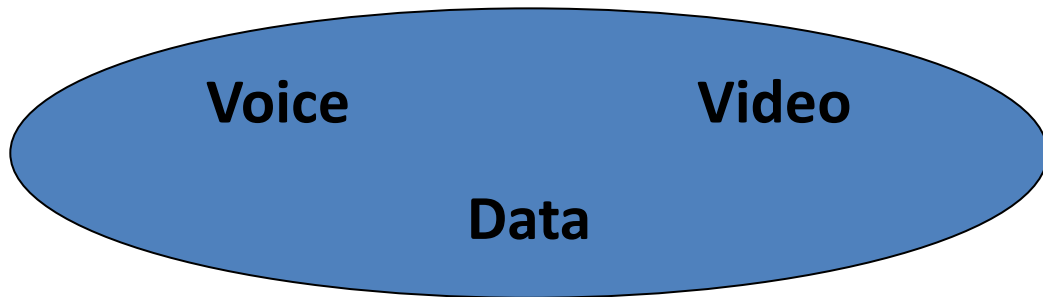
**Le g711 et le plus utile parce qu'il consomme moins de ressources pvdms et dsp**

### **I.13 Objectifs Cisco : Communications Unifiées**

-Les capacités de la bande passante (B.W) augmentent depuis des années.

-Les fournisseurs de services voient l'opportunité.

-L'opportunité s'étend désormais aux entreprises et aux particuliers[13] .



### **I.14 Rôles du Processeur de Signal Numérique (DSP) :**

Dsp : processeur ajouté pour traitement de la voix dans le routeur

Pvdm : mémoire spéciale pour traitement de la voix dans le routeur

- Cisco a conçu ses routeurs avec un objectif principal en tête :

Le routage Dans le domaine de la VOIP, le réseau exige du routeur qu'il convertisse les charges vocales en une transmission numérisée et encapsulée en paquets.

Cette tâche surchargerait les ressources disponibles sur le routeur.

Les DSP (Processeurs de Signal Numérique) déchargent la responsabilité du traitement des tâches liées à la voix du processeur du routeur.

Le DSP est une puce qui effectue toutes les opérations d'échantillonnage, d'encodage et de compression sur l'audio entrant dans votre routeur[14] .

En fonction des besoins en DSP (Traitement Numérique du Signal) indiqués par le calculateur DSP de Cisco, vous pouvez acheter un ou plusieurs des PVDM suivants :

PVDM2-8 : Fournit 0,5 puce DSP

PVDM2-16 : Fournit 1 puce DSP

PVDM2-32 : Fournit 2 puces DSP

PVDM2-48 : Fournit 3 puces DSP

PVDM2-64 : Fournit 4 puces DSP



Figure 18: Carte PVDM

Medium Complexity	High Complexity
G.711 (a-law and μ-law)	G.728
G.726	G.723
G.729a, G.729ab	G.729, G.729b
—	iLBC

Tableau 3: Comparaison des codecs

En ajoutant les surcharges liées à la liaison de données et au réseau :

-Ethernet 18 octets



-Frame relay 4-6 octets                      LAYER 2

-PPP/MLPPP 6 octets

-IP 20 octets	}	Network + Transport layer = 40
-UDP 8 octets		
-RTP 12 octets		

160 + 18 + 40 = 218 Bytes/ Packet

### Mesures d'économie de bande passante pour la VOIP (Voix sur IP)

1- Détection de l'Activité Vocale (VAD) : Supprime le silence dans la conversation

Economie de la bw moyenne de 35%

2-RTP compressé : Comprime les en-têtes de la couche réseau et de la couche de transport de 40 octets à 2-4 octets :

Économie de bande passante dépendant du codec (environ 40 % avec le codec G.729) [15].

### I.15 Conclusion

Il est évident que l'histoire de la téléphonie est une chronique riche et captivante de l'évolution de la communication humaine. Depuis les premiers pas héroïques d'Alexander Graham Bell dans le domaine de la téléphonie jusqu'aux avancées technologiques de l'ère moderne, cette histoire reflète notre insatiable désir de connectivité et de rapprochement.

Cependant, il est essentiel de se rappeler que ces progrès ne sont pas venus sans leurs propres défis et obstacles, notamment en matière de qualité de service et d'intégration de

diverses technologies. Pourtant, à chaque étape, l'innovation et la détermination ont permis de surmonter ces défis.

Dans le chapitre suivant ,j'ai parlé sur les bases nécessaires pour comprendre comment la téléphonie a évolué pour devenir la Voix sur IP (VoIP) et comment elle continue de redéfinir notre manière de communiquer.

A decorative border resembling a scroll, with a grey shadow on the top and right edges, framing the chapter title.

## **Chapitre II : La mise en Œuvre**

### **De la Voix sur le réseau IP**

## II.1 Introduction à la VoIP :

La Voix sur IP (VoIP) est une technologie qui permet de transmettre des communications vocales et d'autres types de données en utilisant le protocole Internet (IP) plutôt que les réseaux téléphoniques traditionnels. En d'autres termes, la VoIP permet aux utilisateurs de passer des appels téléphoniques via une connexion Internet au lieu d'une ligne téléphonique classique.

Pour cela, la VoIP utilise la compression numérique pour convertir les signaux vocaux en paquets de données, qui sont ensuite transmis sur Internet. À destination, ces paquets sont reconstitués en signaux vocaux. Cette technologie présente plusieurs avantages, notamment la réduction des coûts de communication, l'amélioration de la qualité des appels, et l'ajout de fonctionnalités telles que la vidéoconférence, le partage de fichiers, et les messages instantanés.

La VoIP est largement utilisée à la fois à des fins personnelles et professionnelles, devenant ainsi une alternative populaire aux lignes téléphoniques traditionnelles pour les entreprises et les particuliers.

La technologie VoIP repose sur des composants essentiels, notamment les codecs audio pour la compression des données vocales, les protocoles de signalisation tels que SIP (Session Initiation Protocol) et les architectures réseau basées sur IP qui permettent la transmission de la voix.

## II.2 Fonctionnement de la VoIP :

La Voix sur IP (VoIP) est une technologie qui permet de transmettre des communications vocales (appels téléphoniques) et d'autres types de données audio en utilisant Internet Protocol (IP) pour le transport des informations. Voici comment fonctionne généralement la VoIP :

- **Conversion analogique en numérique :** Lorsque vous parlez dans un téléphone VoIP ou un périphérique compatible, votre voix est capturée par un microphone et convertie en signaux électriques analogiques. Ces signaux sont ensuite numérisés, c'est-à-dire convertis en données numériques. Cette étape est appelée échantillonnage[16] .
- **Compression :** Les données vocales numériques sont souvent compressées pour réduire la quantité de bande passante nécessaire à leur transmission. La compression réduit la taille des paquets de données tout en préservant la qualité vocale. Des codecs audio (codeurs-décodeurs) sont utilisés pour cette compression.

- **Encapsulation** : Les données vocales numériques sont ensuite encapsulées dans des paquets IP. Ces paquets contiennent non seulement les données vocales, mais aussi des en-têtes IP qui indiquent la source, la destination et d'autres informations nécessaires au routage.
- **Transmission** : Les paquets IP contenant les données vocales sont transmis sur un réseau IP, que ce soit sur Internet ou un réseau privé. Ils suivent les mêmes routes que les autres données numériques, ce qui permet d'économiser les coûts associés aux lignes téléphoniques traditionnelles.
- **Réception et désencapsulation** : À l'extrémité de réception, les paquets IP sont désencapsulés pour extraire les données vocales numériques. Ces données sont ensuite décompressées et converties en signaux analogiques.
- **Conversion numérique en analogique** : Enfin, les signaux numériques sont convertis en signaux électriques analogiques, qui sont transmis à un haut-parleur pour que vous puissiez entendre la voix de votre interlocuteur.

Le processus complet se déroule en temps réel, de sorte que vous pouvez avoir une conversation vocale fluide via une connexion Internet. La VoIP offre de nombreux avantages, notamment des coûts réduits par rapport aux appels téléphoniques traditionnels, des fonctionnalités avancées, et la possibilité de combiner la voix avec d'autres types de données, tels que la vidéo et les messages instantanés.

### **II.3 Applications de la VoIP :**

La VoIP trouve des applications dans de nombreux domaines, de la téléphonie d'entreprise à la visioconférence, en passant par les centres d'appels et les applications de messagerie vocale.

### **II.4 Sécurité VoIP :**

La sécurité des communications VoIP est cruciale. Les risques potentiels incluent l'interception d'appels et les attaques DoS. Le chiffrement des données vocales et les pare-feu VoIP sont des contre-mesures indispensables[17] .

### **II.5 Tendances actuelles :**

Actuellement, la VoIP s'intègre de plus en plus avec l'intelligence artificielle (IA) pour la transcription vocale, l'analyse des sentiments et l'amélioration de l'expérience utilisateur. De plus, la convergence des technologies de communication unifiée gagne en popularité.

## II.6 Comparaison entre la migration de la ligne analogique vers numérique et la VoIP :

- **Coûts et économies :**

La migration vers la VoIP peut entraîner des coûts initiaux, mais elle offre des économies potentielles significatives sur les coûts des appels longue distance par rapport aux lignes analogiques.

- **Qualité audio :**

La VoIP offre généralement une qualité audio plus stable et moins sujette aux interférences par rapport aux lignes analogiques.

- **Flexibilité et évolutivité :**

La VoIP est plus flexible en termes de gestion des appels et d'évolutivité par rapport aux systèmes analogiques.

- **Sécurité :**

La sécurité des communications doit être gérée avec soin dans les deux cas, mais la VoIP peut présenter des défis supplémentaires.

- **Intégration avec d'autres technologies :**

La VoIP offre une plus grande capacité d'intégration avec d'autres systèmes et technologies, améliorant ainsi l'efficacité des communications et la collaboration.

La migration de la ligne analogique vers la technologie numérique et l'adoption de la VoIP représentent des étapes cruciales dans l'évolution des communications modernes. Chaque approche comporte ses avantages et ses défis, mais la tendance vers le numérique et la VoIP semble irréversible en raison des bénéfices substantiels qu'elle apporte en termes de qualité, de flexibilité et d'économies.

Les organisations doivent soigneusement évaluer leurs besoins et ressources pour déterminer la meilleure approche pour leurs communications[18] .

## II.7 Avantages de la migration vers la VoIP :

La VoIP offre une multitude d'avantages qui renforcent sa position en tant que technologie de communication numérique de premier plan.

- ✓ Intégration de la voix et des données : La VoIP permet une intégration transparente de la voix et des données, facilitant la communication unifiée et la gestion globale

des communications.

- ✓ Réduction des coûts d'appels interurbains et internationaux : L'utilisation d'Internet pour la transmission des données vocales se traduit par des économies substantielles sur les coûts des appels longue distance.
- ✓ Flexibilité accrue : Les systèmes VoIP offrent une flexibilité en matière de gestion des appels, de redirection des appels et d'ajout de fonctionnalités[19] .

## II.8 Défis et considérations :

Cependant, la migration vers la VoIP n'est pas exempte de défis. Il est essentiel de prendre en compte ces considérations.

- Sécurité des communications : La VoIP présente des vulnérabilités potentielles, notamment l'interception d'appels et les attaques par déni de service (DoS). Des mesures de sécurité robustes, telles que le chiffrement, sont nécessaires.
- Qualité de service (QoS) : Assurer une qualité audio optimale sur les réseaux VoIP peut être complexe, car elle dépend de la qualité de la connexion Internet.
- Compatibilité avec l'infrastructure existante : La migration vers la VoIP peut nécessiter des ajustements de l'infrastructure existante pour assurer une intégration fluide et efficace[20] .

## II.9 L'Architecture VoIP

### II.9.1 Les schémas VoIP

Voici le schéma général de l'utilisation de la VoIP en entreprise :

Protocole du contrôle et de signalisation : H.225, H.245, Q.931, RTCP

Standard audio : G.711, G.722, G.723, G.726, G.728, G.729

Standards vidéo : H.261, H.263, H.263+, H.264

Pour les données : T.123, T.124, T.125

Le g711 est beaucoup plus utile par rapport a ILBCvu qu'il consomme moins de ressource

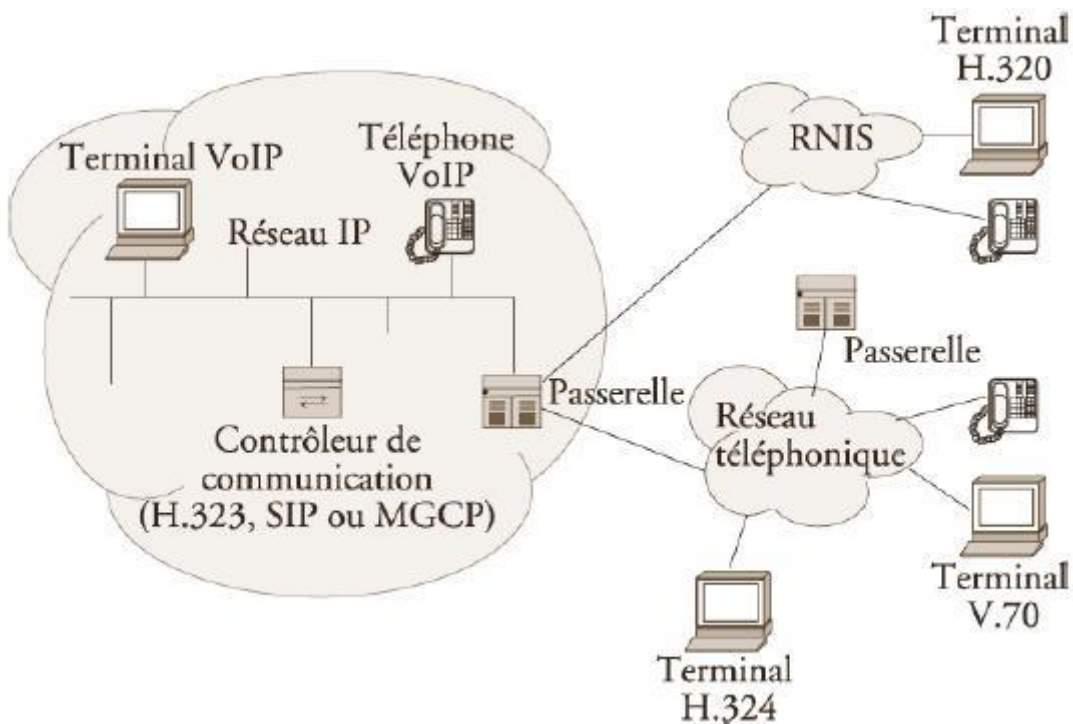


Figure 19: Architecture Voip

### II.9.2 DOMAINE D'UTILISATION :

- La téléphonie mobile sur IP: utiliser le téléphone portable dans un endroit fermé (l'usine, l'immeuble) ou un lieu public (la gare, l'aéroport ou l'hôpital) .
- La conférence IP: réaliser une conférence audio, vidéo ou en mode texte par IP.
- La télécopie IP: envoyer une télécopie en empruntant la route IP.
- L'unification des applications : la messagerie unifiée (des messages vocaux, des courriers électroniques, des télécopies) [21] .

### II.9.3 Risques et sécurité :

L'entreprise a toutes les chances de se retrouver avec un réseau de VoIP qui, certes, fonctionne correctement, mais est ouvert à tous et à tout Les risques.

À commencer par le spit (spam over IP telephony), pratique visant à encombrer les boîtes vocales de messages publicitaires. Il s'agit, avec les attaques par déni de service (interruption du trafic ou saturation de la capacité de stockage des boîtes vocales) de l'attaque la plus évidente .

l'interception des appels et le détournement du service (n'importe qui pouvant alors téléphoner via l'infrastructure de l'entreprise). Ou encore l'usurpation de l'identité de l'appelant

(se faire passer pour le patron d'un grand groupe auprès de quelques employés importants peu s'avérer particulièrement tentant).

## **II.9.4 Standards VoIP**

### *II.9.4.1 Le Protocole H.323*

Avec l'évolution du multimédia sur les réseaux, il est devenu impératif de concevoir des protocoles capables de prendre en charge de nouvelles fonctionnalités, notamment la visioconférence impliquant la transmission de son et de vidéo en temps réel. Le protocole H.323 est l'un de ces protocoles et il facilite la visioconférence sur les réseaux IP.

### *II.9.4.2 LE PROTOCOL SIP*

Le protocole SIP (Session Initiation Protocol) joue un rôle essentiel dans les communications en temps réel sur les réseaux IP (Internet Protocol). Voici les principaux rôles et fonctions du protocole SIP :

- **Établissement de sessions** : SIP est principalement utilisé pour établir, modifier et terminer des sessions de communication en temps réel, telles que des appels vocaux, des vidéoconférences, des sessions de messagerie instantanée, etc. Il permet aux utilisateurs de démarrer des sessions de communication avec d'autres utilisateurs ou dispositifs connectés sur le réseau.
- **Localisation des utilisateurs** : SIP aide à localiser les utilisateurs et à déterminer leur disponibilité. Il permet de trouver l'emplacement (adresse IP) d'un utilisateur ou d'un dispositif, de sorte que les communications puissent être acheminées correctement vers la destination souhaitée.
- **Négociation des médias** : L'un des rôles essentiels de SIP est la négociation des paramètres multimédias entre les participants à la session. Cela inclut la définition des codecs audio/vidéo à utiliser, la résolution de l'écran, le débit binaire, etc.
- **Authentification et sécurité** : SIP prend en charge l'authentification des utilisateurs, ce qui garantit que seuls les utilisateurs autorisés peuvent initier des sessions. Il peut également être utilisé en conjonction avec d'autres protocoles de sécurité pour chiffrer les données des sessions et protéger la confidentialité des communications.
- **Redirection des appels** : SIP permet la redirection des appels. Par exemple, si un utilisateur n'est pas disponible, SIP peut rediriger l'appel vers un autre dispositif ou une boîte vocale.

- **Gestion de session** : SIP gère la session une fois qu'elle est établie. Il prend en charge des fonctionnalités telles que le transfert d'appels, le maintien d'appels, la conférence téléphonique et la modification des paramètres de session en cours.
- **Intégration avec d'autres services** : SIP peut être utilisé pour intégrer des services supplémentaires, tels que la messagerie vocale, la messagerie texte, la présence en ligne, etc., dans les sessions de communication.
- **Évolutivité** : SIP est conçu pour être évolutif et peut être utilisé dans des réseaux de toutes tailles, des réseaux locaux (LAN) aux réseaux étendus (WAN) et à l'Internet.

En résumé, le protocole SIP joue un rôle central dans la mise en place de communications en temps réel sur les réseaux IP. Il offre la flexibilité nécessaire pour prendre en charge divers types de sessions multimédias et permet aux utilisateurs de communiquer efficacement, que ce soit par la voix, la vidéo ou d'autres moyens de communication en temps réel.

#### *II.9.4.3 Comparaison des deux protocoles H-323 et SIP*

SIP est un autre protocole pour l'interactivité en temps réel. Il a été développé par l'IETF et s'inspire du protocole Http alors que H.323 s'inspire de la téléphonie. Le protocole SIP est plus modulaire et peut fonctionner avec d'autres protocoles. Il est donc plus souple que H.323.

Voici la comparaison entre le protocole SIP et H323 :

- Nombre échanges pour établir la connexion:
  - SIP : 1,5 aller-retour.
  - H323 : 6 à 7 aller-retour
- Maintenance du code protocolaire
  - SIP : Simple par sa nature textuelle à l'exemple de Http
  - H323 : Complexe et nécessitant un compilateur
- Evolution du protocole
  - SIP : Protocole ouvert à de nouvelles fonctions
  - H323 : Ajout d'extensions propriétaires sans concertation entre vendeurs
- Fonction de conférence
  - SIP : Distribuée
  - H323 : Centralisée par l'unité MC

- Fonction de téléservices
  - SIP : Oui, par défaut
  - H323 : H.323 v2 + H.450
- Détection d'un appel en boucle
  - SIP : Oui
  - H323 : Inexistante sur la version 1un appel routé sur l'appelant provoque une infinité de requêtes
- Signalisation multicast
  - SIP : Oui, par défaut
  - H323 : Non

La simplicité, la rapidité et la légèreté d'utilisation, tout en étant très complet, du protocole Sip sont autant d'arguments qui pourraient permettre à Sip de convaincre les investisseurs. De plus, ses avancées en matière de sécurité des messages sont un atout important par rapport à ses concurrents[22] .

## **II.10 Protocoles de transport**

### **II.10.1 Le protocole RTP**

Le protocole RTP a été créé par l'IETF pour simplifier le transport de données audio et vidéo en temps réel sur les réseaux IP, de l'expéditeur au destinataire. RTP n'est pas un protocole de transfert en soi, car il est généralement utilisé avec UDP pour garantir le temps réel. Les applications en temps réel posent des défis particuliers au réseau Internet

#### *II.10.1.1 Les fonctions de RTP*

- Séquencer les paquets pour détecter les pertes éventuelles, facilitant ainsi la récupération des paquets perdus.
- Horodater les paquets pour synchroniser les flux de données.
- Identifier la source des paquets, notamment dans les flux multicast.
- Transporter des données audio et vidéo dans des trames incluses dans les paquets pour une récupération efficace lors de la segmentation des paquets et du décodage de l'application.

#### *II.10.1.2 Avantages et inconvénients*

Le protocole RTP permet de reconstituer la base de temps des différents flux multimédia (audio, vidéo, etc.); de détecter les pertes de paquets; et d'identifier le contenu des paquets pour leur transmission sécurisée.

Par contre, il ne permet pas de réserver des ressources dans le réseau ou d'apporter une fiabilité dans le réseau. Ainsi il ne garantit pas le délai de livraison .

### II.10.2 Protocole srtp

« Secure real time protole » : il assure il assure le ticktage de la trame et la crypter.

DSP : processeur ajouté pour traitement de la voix dans le routeur

PVDM : mémoire special pour stockage de voix traité par la dsp

## II.11 Le modèle de structure vocale Cisco

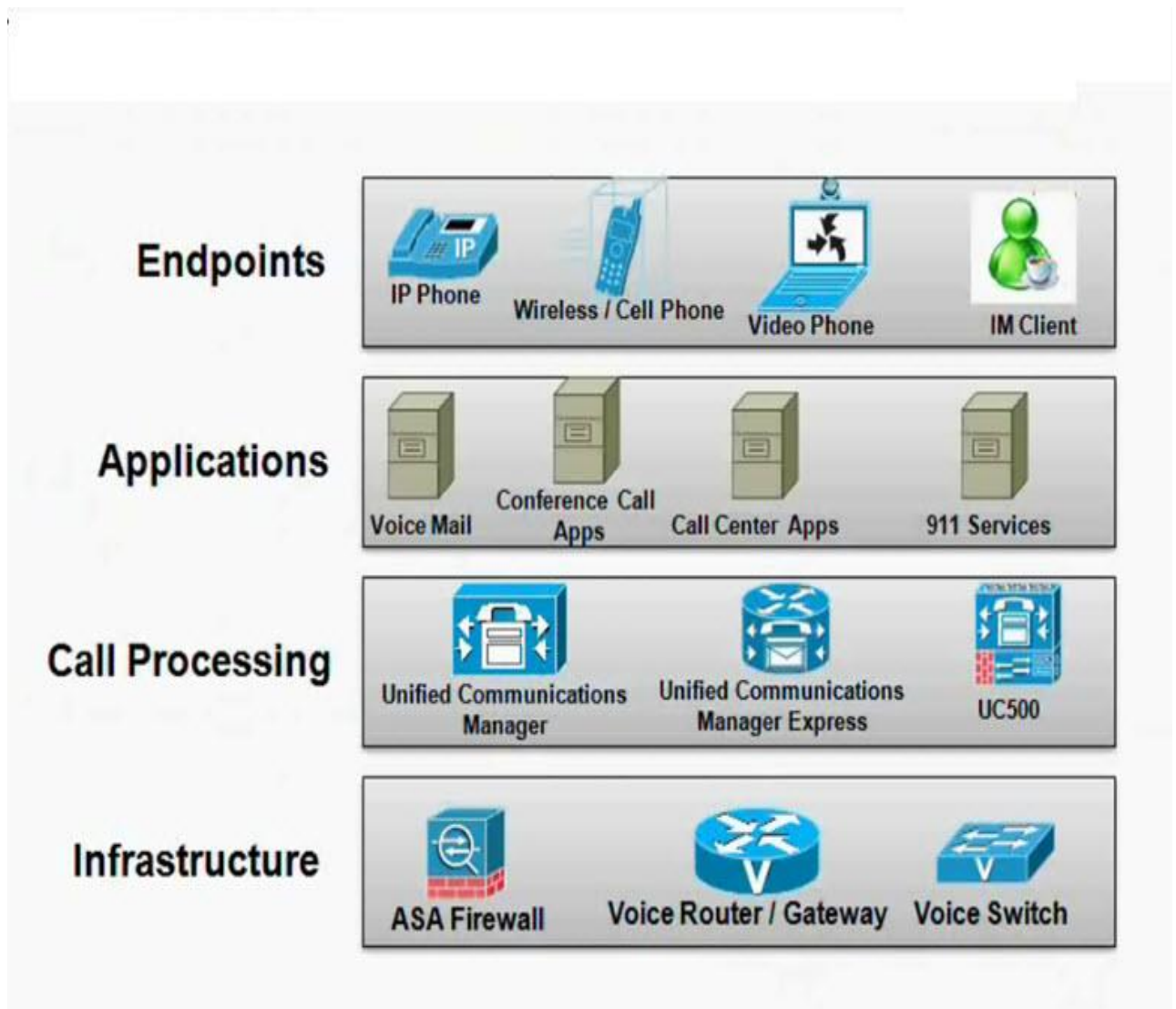


Figure 20: Model de structure vocale Cisco

CME : cisco call manager express il sera installé dans un routeur qui supporte 450 IP PHONES

CUCM : cisco unifie call manager il fait la gestion d'appels

Le choix se fait selon le nombre de tel ip

## II.12 Le traitement des appels:

Cisco Unified Communication Manager Express (CME).

- Il prend en charge un maximum de 450 téléphones IP.
- Marché cible : Succursales d'entreprise / PME (Petites et Moyennes Entreprises).
- Prise en charge de la messagerie vocale ajoutée via Unity Express (CUE).
- Fonctionne sur les routeurs ISR Cisco (2800, 2900, 3800, ...).
- Prise en charge de la ligne de commande et de Cisco Configuration Professional (CCP).



Figure 21: Routeur 'G2' (CME)

## II.13 Problème et QoS

La latence dans la VoIP est cruciale pour assurer une expérience de communication fluide et minimiser les désagréments tels que l'écho. La latence dépend de plusieurs facteurs, notamment le débit sur chaque lien réseau, le nombre d'équipements traversés, le temps de traitement de chaque équipement, la mise en file d'attente des paquets, le temps d'accès en sortie, et même le délai de propagation de l'information s'il y a une communication à travers des distances considérables.

Il est important de noter que la latence ne dépend pas uniquement du temps de transmission sur le réseau, mais aussi du temps de codage et de mise en paquets de la voix. Contrairement aux réseaux téléphoniques traditionnels, les réseaux IP actuels ne garantissent pas une qualité de service constante, ce qui signifie que chaque paquet IP suit son propre chemin indépendamment des autres. Cela contraste avec les réseaux téléphoniques où un circuit est établi pendant toute la durée de la communication.

En conclusion, pour une communication téléphonique considérée comme acceptable, la limite supérieure de latence se situe généralement entre 150 et 200 ms par sens de transmission, en prenant en compte à la fois le traitement de la voix et le délai d'acheminement sur le réseau.

## II.14 Perte de paquets voip

Lorsque les tampons de différents éléments du réseau IP se trouvent encombrés, ils libèrent automatiquement de la bande passante en éliminant une partie des paquets entrants, en fonction de seuils prédéfinis. Cela envoie également un signal implicite aux terminaux TCP, les incitant à réduire leur débit en réponse aux accusés de réception négatifs émis par le destinataire qui ne reçoit plus les paquets. Malheureusement, pour les paquets de voix qui sont transportés via UDP, il n'existe aucun mécanisme de contrôle de flux ou de retransmission des paquets perdus au niveau du transport. C'est là que les protocoles RTP et RTCP entrent en jeu, permettant de déterminer le taux de perte de paquets et d'agir en conséquence au niveau applicatif.

En l'absence d'un mécanisme efficace de récupération des paquets perdus (ce qui est souvent le cas avec les équipements actuels), la perte de paquets IP se traduit par des interruptions au cours de la conversation et une impression de distorsion de la parole. Cette détérioration est d'autant plus prononcée si chaque paquet contient un long segment vocal (plusieurs trames de voix par paquet). De plus, les codeurs à très faible débit sont généralement plus sensibles à la perte d'information et prennent plus de temps pour reconstituer un encodage fidèle.

Enfin, il est important de noter que connaître le pourcentage de perte de paquets sur une liaison n'est pas suffisant pour déterminer la qualité de la voix attendue, mais cela donne une bonne estimation. Un autre facteur essentiel est le modèle de distribution de cette perte de paquets, qui peut être soit réparti de manière "régulière", soit de manière corrélée, avec des pics de perte pendant les périodes de congestion, suivis de périodes moins altérées en termes de qualité de service.

## II.15 Etat de marché de Voip :

On compte une bonne vingtaine de firmes sur le marché. Les principaux sont Cisco, Clarent, Avaya, Alcatel, Nortel Network, Siemens

Ce qu'il faut souligner, c'est le fait qu'il y ait peu de concurrents car comme je l'ai dit précédemment, la téléphonie sur IP est un marché très jeune et très novateur. D'ailleurs, le fait que la téléphonie sur IP soit un marché chevauchant 2 secteurs qui se rapprochent et étaient complètement différent auparavant, la téléphonie et l'informatique, nous assistons ici à une concurrence ayant des origines différentes. En effet, nous retrouvons le géant de l'équipement réseaux Cisco en concurrence avec des entreprises de téléphonies tel que Alcatel ou Siemens. Mais Cisco et Clarent arrivent largement en tête, sur un marché qui de 259 millions de dollars cette année pourrait atteindre 2,89 milliards en 2006. La téléphonie sur IP propose 3 types de terminaux différents : Les hardphones qui sont des téléphones physiques IP, les softphones qui sont des logiciels permettant de téléphoner sur IP au travers d'un PC et les téléphones IP Wi-fi qui sont des téléphones sans-fil IP. Mais la plupart des concurrents proposent ces 3 produits qui sont plutôt homogènes. Un softphone Cisco et un Softphone Siemens sont quasi-identiques. Seule l'interface graphique les distingue. Pour le client, le produit des 2 concurrents est identique dans la mesure où il apporte les mêmes services.

Mon dernier point de données concernant l'état du marché de la VoIP date de septembre 2021, il est donc possible que certaines évolutions aient eu lieu depuis lors. À cette époque, la VoIP était en pleine expansion et connaissait une croissance continue pour plusieurs raisons :

- **Tendance à la numérisation des communications** : Les entreprises et les particuliers adoptaient de plus en plus la VoIP pour tirer parti des avantages de la communication numérique, y compris des coûts réduits et des fonctionnalités améliorées.
- **Travail à distance et communications virtuelles** : La pandémie de COVID-19 a accéléré la transition vers le travail à distance et a augmenté la demande de solutions de communication virtuelle, ce qui a favorisé la croissance de la VoIP.
- **Flexibilité et mobilité** : Les solutions VoIP permettent aux utilisateurs de communiquer depuis n'importe où avec une connexion Internet, ce qui répond à la demande croissante de mobilité.
- **Économies de coûts** : La VoIP offre souvent des tarifs de communication plus avantageux, en particulier pour les appels internationaux, ce qui attire les entreprises et les particuliers.
- **Fonctionnalités avancées** : Les solutions VoIP offrent une gamme de fonctionnalités avancées, telles que la vidéoconférence, la messagerie vocale, l'acheminement intelligent des appels, etc., ce qui les rend attrayantes pour les entreprises.

- **Intégration avec d'autres services** : La VoIP peut être intégrée à d'autres services, tels que les logiciels de gestion des relations clients (CRM), améliorant ainsi l'efficacité des opérations commerciales.
- **Sécurité accrue** : Les fournisseurs de VoIP ont renforcé la sécurité de leurs services pour répondre aux préoccupations liées à la confidentialité et à la protection des données.

## II.16 Sécurité :

La sécurité consiste à isoler les serveurs VoIP du reste du monde, et s'assurer qu'ils traitent uniquement des requêtes de VoIP, et dialoguent avec les seuls postes autorisés et authentifiés.

La sécurité du matériel est ensuite l'autre chantier sécurité : les serveurs qui hébergent le cœur de l'infrastructure. Du côté de l'infrastructure, la solution la plus évidente est de séparer totalement le trafic VoIP du reste du réseau.

## II.17 Conclusion

Actuellement, il est évident que la VoIP et la téléphonie IP va continuer de se développer dans les prochaines années. Le marché VoIP de la téléphonie IP est très jeune mais se développe à une vitesse fulgurante. C'est aujourd'hui que les entreprises doivent investir dans la téléphonie IP si elles veulent y jouer un rôle majeur.

Le fait est que le protocole IP est maintenant un protocole très répandu, qui a fait ses preuves et que beaucoup d'entreprises disposent avantage de la téléphonie IP, car elle demande un investissement relativement faible pour son déploiement. La téléphonie IP ouvre la voie de la convergence voix/données et celle de l'explosion de nouveaux services tels que les CTI.

Maintenant que la normalisation a atteint une certaine maturité, il n'est plus dangereux de miser sur le standard H323 qui a été accepté par l'ensemble de la communauté.

La téléphonie IP est une bonne solution en matière d'intégration, de fiabilité, d'évolutivité et de coût. La VoIP fera partie intégrante des Intranets d'entreprises dans les années à venir et apparaîtra aussi dans la téléphonie publique pour permettre des communications à bas coût.

Enfin, le développement de cette technologie VoIP représente-t-il un risque ou une opportunité pour les opérateurs traditionnels ? La réponse n'est pas tranchée. D'un côté, une stagnation des communications classiques; d'un autre côté l'utilisation massive d'Internet va augmenter le trafic et développer de nouveaux services que pourront développer les opérateurs. Bientôt nous téléphonerons tous sur IP...

On peut ainsi vraisemblablement penser que le protocole IP deviendra un jour un standard unique permettant l'interopérabilité des réseaux mondialisés. C'est pourquoi l'intégration de la voix sur IP VoIP n'est qu'une étape vers EoIP : Everything over IP.



## **Chapitre III : Implémentation de la VOIP et QOS**

**sur équipement Cisco**

### III.1 Introduction :

Ce chapitre se concentre sur la manière de mettre en place une solution VoIP. Il devrait couvrir des sujets tels que la configuration des équipements, le choix des logiciels et matériels appropriés, la gestion de la qualité de service (QoS) pour assurer une bonne qualité audio, la sécurité des communications VoIP, et des exemples concrets d'implémentation de la VoIP à l'aide de technologies spécifiques.

La voix sur IP et standard sur tous les équipements.

L'implémentation de la VoIP (Voix sur IP) sur un Cisco CallManager Express (CME) implique plusieurs étapes. Le Cisco CallManager Express est un système de gestion des appels basé sur un routeur Cisco qui permet aux entreprises de mettre en place un système de téléphonie IP interne. Voici les étapes générales pour mettre en place la VoIP sur un CME :

a) **Préparation du matériel :**

- Assurez-vous que vous disposez d'un routeur Cisco prenant en charge le Cisco CallManager Express.
- Obtenez les téléphones IP compatibles avec CME pour les utilisateurs.

b) **Configuration de base du routeur :**

- Configurez les interfaces réseau sur le routeur.
- Assurez-vous que le routeur est capable de communiquer avec d'autres réseaux IP si nécessaire.

c) **Installation et configuration du CME :**

- Installez le logiciel Cisco CallManager Express sur le routeur si ce n'est pas déjà fait.
- Configurez les paramètres de base de CME, tels que le nombre maximal d'appels simultanés, les téléphones, etc.

d) **Configuration des téléphones IP :**

Configurez les téléphones IP en leur attribuant une adresse IP, un numéro de téléphone et d'autres paramètres nécessaires.

e) **Configuration des utilisateurs :**

Créez des profils d'utilisateurs pour associer les téléphones aux utilisateurs.

f) **Mise en place des extensions et numérotation :**

Définissez les extensions téléphoniques pour chaque utilisateur et configurez la numérotation pour les appels internes et externes.

g) **Configuration des fonctionnalités avancées :**

Configurez des fonctionnalités avancées telles que la messagerie vocale, le transfert d'appel, la conférence téléphonique, etc.

h) **Sécurité :**

Mettez en place des mesures de sécurité telles que des mots de passe pour les téléphones et des règles de filtrage d'appels.

i) **Test et débogage :**

- Testez le système en effectuant des appels internes et externes pour vous assurer que tout fonctionne correctement.
- Si nécessaire, dépannez les problèmes éventuels en consultant les journaux d'appels et les outils de débogage.

j) **Formation des utilisateurs :**

Formez les utilisateurs sur l'utilisation des téléphones IP et des fonctionnalités du système.

k) **Maintenance et suivi :**

Surveillez et maintenez régulièrement le système pour vous assurer qu'il fonctionne correctement et appliquez les mises à jour logicielles si nécessaire.

## **III.2 Téléphone IP :**

Un téléphone IP (Internet Protocol) est un appareil de communication qui utilise la technologie IP pour transmettre la voix et d'autres données via des réseaux IP, tels qu'Internet ou un réseau local d'entreprise. Contrairement aux téléphones traditionnels qui fonctionnent sur des lignes téléphoniques analogiques, un téléphone IP numérise la voix en données numériques, les divise en paquets et les transmet sur un réseau IP.

Les téléphones IP sont couramment utilisés pour les appels vocaux, la vidéoconférence, la messagerie instantanée et d'autres services de communication sur IP. Ils offrent généralement des fonctionnalités avancées, telles que la messagerie vocale, la gestion des appels, la vidéo en temps réel et la prise en charge de protocoles de communication tels que SIP (Session Initiation Protocol) ou H.323.

Ces téléphones peuvent être utilisés dans divers contextes, notamment les entreprises, les centres d'appels, les télétravailleurs et même les particuliers. Ils sont souvent interopérables avec d'autres équipements de communication, ce qui permet aux utilisateurs de se connecter à différents réseaux et de communiquer avec divers appareils.

### III.3 Comment alimenter et enregistrer un tel IP :

Connexion et alimentation des téléphones IP Cisco.

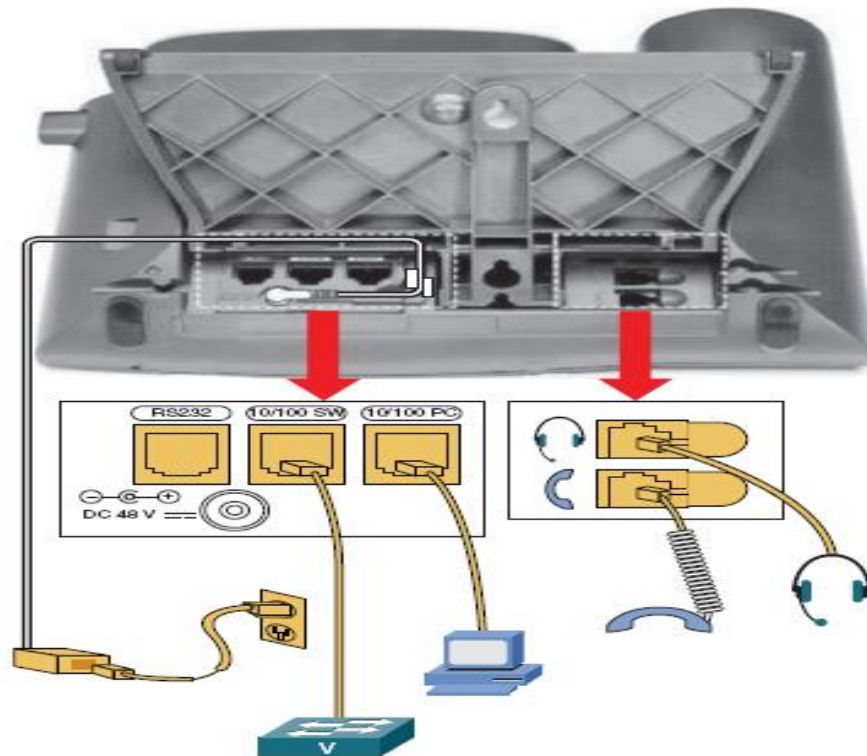


Figure 22: Les différents ports d'un téléphone IP

-RS 232

-10/100 SW

-10/100 PC

❖ Je peux alimenter mon tel ip a travers 3 methodes:

1- a travers la prise

2-patch pannel relie entre le sw et le tel prise t

3- power over Ethernet 15,4 watt:

- Cable Ethernet contient 8 petit fil
  - Deux fils pour send data
  - Deux fils pour receive data
  - Deux fils pour la redondance en cas de perte un de ces fil
  - Deux fils power plus et moins

Pour mesure de securité on eteint les autres interfaces

La première technologie qui permet de passé l'électricité via câble Ethernet est :

- Inline power 7w (ancien)

-POE 15 ,4 watt

-POE + 30 watt pour alimenter les tel IP avec vidéo

### III.4 Configuration du Switch liées avec les tel IP :

Un vlan : il sert à différencier la voix et data dans les ports dans le Switch.

❖ On a créé 2 Vlan dans le switch :

-VLAN10 : vlan pour data donnée

-VLAN20 : vlan pour Voice

```
Switch#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#int f0/3
Switch(config-if) #switchport trunk encapsulation dot1q
Switch(config-if) #switchport mode trunk
Switch(config-if) #ex
Switch(config)#int f0/1
Switch(config-if) #switchport mode access
Switch(config-if) #switchport access vlan 10
Switch(config-if) #SWITchport VOICe Vlan 20
Switch(config-if) #EX
Switch(config)#int f0/2
Switch(config-if) #switchport mode access
Switch(config-if) #switchport access vlan 10
Switch(config-if) #SWITchport VOICe Vlan 20
```

❖ Pour vérifier si les deux Vlan sont créés, on utilise la commande **Show run** :

Switch# SH RUN

```
interface FastEthernet0/1
  switchport trunk encapsulation dot1q
  switchport mode trunk
!
interface FastEthernet0/2
!
interface FastEthernet0/3
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
  switchport voice vlan 20
  spanning-tree portfast
!
interface FastEthernet0/4
!
interface FastEthernet0/5
  switchport access vlan 10
  switchport mode access
  switchport voice vlan 20
  spanning-tree portfast
```

Figure 23: Vlan10/Vlan20

## III.5 Configuration dans le router :

### III.5.1 Configuration de DHCP

Pour donner automatiquement des adresses IP à tous les équipements et la Gateway et le serveur tftp.

Le tel ip a besoin d'un fichier de configuration sous forme Xml pour faire la connexion

#### ❖ le Processus de Démarrage des Téléphones IP Cisco :

- Le SW Cisco détecte les capacités PoE (Power over Ethernet).
- Le SW envoie le Voice VLAN via CDP (Cisco Discovery Protocol).
- Le téléphone IP reçoit une demande DHCP qui inclut l'option 150.

```
ip dhcp pool voice
network 172.16.20.0 255.255.255.0
default-router 172.16.20.1
option 150 ip 172.16.20.1
```

- Le téléphone IP contacte le serveur TFTP (Trivial File Transfer Protocol), reçoit le fichier de configuration.
- Le téléphone IP s'enregistre auprès de CME (Cisco Unified Communications Manager Express).

```
cme#show run
ip dhcp pool data
network 172.16.10.0 255.255.255.0
default-router 172.16.10.1
ip dhcp pool voice
network 172.16.20.0 255.255.255.0
default-router 172.16.20.1
option 150 ip 172.16.20.1
interface GigabitEthernet0/0
interface GigabitEthernet0/0.10
encapsulation dot1Q 10
ip address 172.16.10.1 255.255.255.0
interface GigabitEthernet0/0.20
encapsulation dot1Q 20
ip address 172.16.20.1 255.255.255.0
```

### III.5.2 Créer un numéro d'un tel ip dans un serveur CME

```
cme(config-telephony)#
cme(config-telephony)#max-ephones 2
cme(config-telephony)#max-dn 2
cme(config-telephony)#ip source-address 172?
cme(config-telephony)#ip source-address 172.16.20.1 po
cme(config-telephony)#ip source-address 172.16.20.1 port 2000
cme(config-telephony)#exit
cme#clock se
cme#clock set 14
cme#CONF T
cme(config)#TELEphony-service
cme(config-telephony)#no auto-reg-ephone
cme(config-telephony)#reset all
cme(config-telephony)#exit
cme(config)#eph
cme(config)#ephone-d
cme(config)#ephone-dn 1
cme(config-ephone-dn)#number 1001
cme(config-ephone-dn)#EXIT
cme(config)#ephone-dn 2
cme(config-ephone-dn)#EXIT
cme(config-ephone-dn)#number 1001
cme(config-ephone-dn)#number 1002
cme(config-ephone-dn)#exit
cme(config-ephone)#type 7911
cme(config-ephone)#MAC-address 0025.8418.0461
cme#CONF T
cme(config)#ephone 1
cme(config-ephone)#BUTton 1:1
```

Tous ces enregistrements seront enregistrés dans le serveur CME pour connaître les numéros des tel IP.

### III.6 comment changer les périphériques dans un tel IP ?

```
cme#conf t
cme(config)#ephone-dn 1
cme(config-ephone-dn)#label Mr.Adel
cme(config-ephone-dn)#exit
cme(config)#ephone-dn 2
cme(config-ephone-dn)#Label Mr.Aymen
cme(config-ephone-dn)#exit
cme(config)#telephony-service
cme(config-telephony)#reset all
```

```
telephony-service
max-ephones 2
max-dn 2
ip source-address 172.16.20.1 port 2000
max-conferences 8 gain -6
transfer-system full-consult
create cnf-files version-stamp Jan 01 2002 00:00:00
!
!
ephone-dn 1
number 1001
label adel
name MR ADEL
!
!
ephone-dn 2
number 1002
label AYMEN
name MR AYMEN
!
!
ephone 1
device-security-mode none
mac-address 0025.8418.2D36
type 7911
button 1:1
!
!
!
ephone 2
device-security-mode none
mac-address 0024.142F.E557
type 7961
button 1:2
!
```

Figure 24: Les périphériques

### III.7 Qos et mesure de sécurité :

On définit le nombre de ephone dn pour limiter les numéros de ligne e-phone.

```
cme#conf t
cme(config)#ephone-dn 1
cme(config-ephone-dn)#label Mr.Adel
cme(config-ephone-dn)#exit
cme(config)#ephone-dn 2
cme(config-ephone-dn)#Label M.aymen
cme(config-ephone-dn)#exit
cme(config)#telephony-service
cme(config-telephony)#reset all
```

**comment configuré la music on hold ?**

```
cme(config)#telephony-service
cme(config-telephony)#show flash
cme(config-telephony)#moh flash : music fichier bureau
```

**QOS :class-map voice**

acces list ACL est de préférer certain add ip sur les autre add

```
cme#access-list 10 permit 172.16.20.0 0.0.0.255
```

```
cme# class-map voice
```

```
cme# match acces-group number 10
```

```
cme#EX
```

```
cme# policy-map voice-pl
```

```
cme#class voice
```

```
cme#set dscp ef
```

```
cme#exit
```

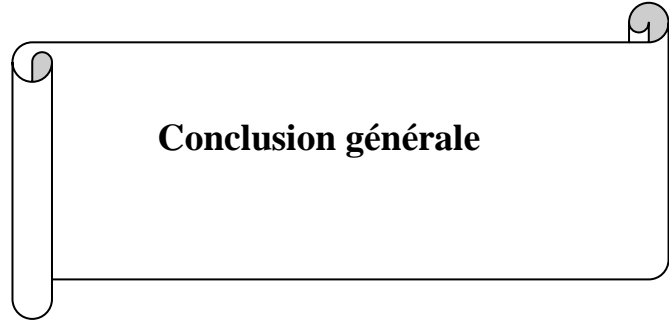
```
cme#int G0/1
```

```
cme#service-policy outbound voice-pl
```

**III.8 Conclusion**

L'implémentation de la VoIP offre des avantages considérables, notamment la réduction des coûts de communication, la flexibilité accrue des systèmes téléphoniques, une meilleure accessibilité et une plus grande mobilité pour les utilisateurs. Cependant, pour garantir une expérience de communication fluide et de haute qualité, il est impératif de mettre en place des mécanismes de gestion de la QoS.

La QoS permet de prioriser le trafic VoIP sur le réseau, assurant ainsi la stabilité de la voix et de la vidéo en temps réel. Cela garantit une communication claire et sans interruption, même dans des réseaux congestionnés.



**Conclusion générale**

La technologie VoIP représente une véritable révolution qui remet en question les normes établies de la téléphonie RTC. Elle se distingue par sa flexibilité, sa facilité d'utilisation, son coût moindre, son potentiel en termes de nouveaux services, et bien d'autres avantages. Pour toute entreprise cherchant à rester compétitive et à adopter une approche moderne, la téléphonie sur IP s'impose comme la solution incontournable pour gérer efficacement les communications internes et externes. Elle vise principalement à améliorer l'environnement de travail en permettant aux utilisateurs de se libérer des contraintes liées à la localisation de leur appareil téléphonique.

L'avenir de la VoIP s'annonce prometteur, avec l'avènement de la 5G et d'autres avancées technologiques ouvrant la voie à des opportunités stimulantes. Toutefois, il est impératif de demeurer vigilants face aux menaces potentielles pesant sur la sécurité des communications VoIP.

En fin de compte, ce mémoire souligne l'importance cruciale de la VoIP dans notre monde interconnecté. Elle a également démontré que pour exploiter pleinement les avantages de cette technologie, il est essentiel de mettre en place des mesures de sécurité solides et de continuer à innover pour répondre aux besoins évolutifs des utilisateurs. La VoIP transcende la simple évolution de la téléphonie traditionnelle ; elle constitue une véritable révolution qui continue de façonner notre manière de communiquer et de collaborer à l'ère numérique.

En examinant les méthodes de classification et de marquage des paquets, nous avons compris comment la QoS peut être mise en œuvre dans un environnement VoIP, en garantissant que les paquets vocaux reçoivent un traitement prioritaire sur le réseau. Nous avons également exploré les outils et les mécanismes de gestion du trafic, tels que les buffers anti-jitter et les techniques de mise en forme du trafic.

En fin de compte, ce mémoire souligne l'importance cruciale de la QoS dans le contexte de la téléphonie et de la VoIP. Une mauvaise QoS peut entraîner des perturbations de la communication, tandis qu'une mise en œuvre efficace de la QoS garantit une expérience utilisateur optimale.

Alors que nous clôturons ce mémoire, nous sommes témoins de l'évolution constante de la téléphonie et de la VoIP, notamment avec l'avènement de la 5G et d'autres technologies de pointe. Il est essentiel de continuer à surveiller et à s'adapter aux développements futurs pour garantir que la communication vocale reste fiable et accessible.



**Références bibliographiques**

- [1] D. Endler et M. Collier « Hacking Exposed VoIP: Voice Over IP Security Secrets & Solutions ». McGraw-Hill/Osborne, 2007. **Consulté le 28/07/ 2023**
- [2] [https://www.idtexpress.com/fr/blog/history-voip-voice-termination/.](https://www.idtexpress.com/fr/blog/history-voip-voice-termination/), **consulté le 01/08 2023**
- [3] Peter Thermos and Ari Takanen, Securing VoIP networks threats, vulnerabilities, and counter measures, (Addison-Wesley (c) 2007
- [4] Laurent OUAKIL, GUY PUJOLLE, Téléphonie sur IP, Eyrolles, Paris, 2008
- [5] sécurisation d'un réseau informatique ainsi que l'intégration d'un service de téléphonie cas de l'ESIBA, TFC Inédit ESIBA 2001-2002
- [6] Jonathan Davidson, James Peters, Manoj Bhatia et Satish Kalidindi - Ce livre couvre les principes fondamentaux de la VoIP, de la théorie à la pratique, en passant par les protocoles et les architectures.
- [7] par Olivier Hersent, David Gurle et Jean-Pierre Petit - Ce livre se penche sur les protocoles et les infrastructures de la VoIP, y compris IMS (IP Multimedia Subsystem).
- [8] par William A. Flanagan - Ce livre examine l'évolution de la téléphonie IP et son intégration avec les communications unifiées.
- [9] par Patrick Park - Ce livre se concentre sur les aspects de sécurité de la VoIP, ce qui est crucial compte tenu des risques associés à la communication sur Internet.
- [10] par Theodore Wallingford - Un livre pratique qui couvre des astuces et des hacks pour optimiser et sécuriser les systèmes de VoIP.
- [11] par Alan B. Johnston et Richard G. Newell - SIP (Session Initiation Protocol) est un protocole clé en VoIP, et ce livre explique en détail son fonctionnement.
- [12] par Bruce Hartpence - Un guide pratique pour les administrateurs système couvrant divers aspects de la VoIP. "**Voice Over IP First-Step**" par Kevin Wallace - Un livre d'introduction à la VoIP qui convient aux débutants.
- [13] par Timothy V. Kelly - Une ressource conviviale pour ceux qui souhaitent comprendre la VoIP sans trop de jargon technique.
- [14] par Mark A. Miller et P.J. Louis - Un livre qui explore les stratégies de convergence réseau pour la VoIP.
- [15] par William A. Flanagan - Un autre livre de Flanagan qui examine les communications unifiées et leur relation avec la VoIP.
- [16] par Wayne A. Lawson - Un guide avancé pour la mise en œuvre et la gestion de réseaux VoIP basés sur Cisco.
- [17] par Patrick Park - Une approche détaillée des questions de sécurité liées à la VoIP.

[18] par Jonathan Davidson, Brian Morgan, Jeremy Cioara et Michael J. Corey - Un guide pratique pour le déploiement de solutions VoIP Cisco.

[19] par Torjus Gylstorff - Un livre qui se penche sur le protocole H.323, largement utilisé pour la VoIP.

[20] par Leif Madsen, Jim Van Meggelen et Russell Bryant - Si vous vous intéressez à Asterisk, ce livre est une ressource incontournable.

[21] par Flavio E. Goncalves - Un guide pour OpenSIPS, un serveur SIP open source couramment utilisé dans les implémentations de VoIP.

[22] par Anthony Minessale II, Michael S. Collins et Darren Schreiber - Une ressource pour FreeSWITCH, une autre plateforme de téléphonie open source.