

# Chapitre 2

## La téléphonie sur IP (TOIP)

## **CHAPITRE 2 :      LA TELEPHONIE SUR IP (TOIP)**

### **1. Introduction**

L'émergence de nouvelles technologies peut parfois être effrayante pour les entreprises qui ne savent pas toujours déterminer la voie à suivre. Bien souvent, elles sont en retard dans l'évolution de leurs réseaux ou de leur matériel informatique.

Aujourd'hui, des standards sont en train d'émerger et des entreprises commencent à satisfaire le marché en fournissant des passerelles faisant le lien entre le monde IP et le monde RTCP.

Le but de la téléphonie sur IP est de finaliser la convergence voix/données autour d'un protocole unique IP. En effet, la téléphonie IP se base sur la même architecture que l'Internet et utilise les mêmes infrastructures. De plus en plus d'entreprises sont équipées de réseaux LAN et peuvent donc tirer profit de la voix sur IP à moindre coût. En intégrant voix et données, la téléphonie IP simplifie l'administration du réseau car tout est centralisé dans un unique réseau. Elle procure aussi des facilités pour le développement d'applications utilisant de la voix et des données en téléphonie, tout est basé sur le matériel alors que la téléphonie IP tire avantage d'une architecture basée sur du logiciel.

Ce chapitre va présenter : l'historique de la téléphonie ,quelque définitions importante aussi le principe de la TOIP , une technique très nécessaire pour la transmission de signal audio qui est la commutation de ce signal ,une présentation des réseaux RTC , une petite comparaison entre la téléphonie traditionnel et la téléphonie IP ,ainsi que les différents type de TOIP et l'architecture de cette dernière dans les entreprises en plus les éléments pouvant être composés un réseau VOIP, sans oublier les avantages et les inconvénients de cette nouvelle technologie et en fin prévoir l'avenir de TOIP dans les prochaines années.

### **2. Historique**

Durant les années 1870, essayant de comprendre le son et les communications sonores, l'inventeur d'origine écossaise Alexander Graham Bell eut l'idée d'un équipement qui transmettrait le son sur de longues distances, en convertissant le son en signal

électrique. Cet équipement fut ensuite appelé téléphone. De nombreux autres développements furent réalisés autour de cet équipement à la fin de l'année 1870. Bell fut à l'origine de l'écouteur (inducteur), et Thomas Edison fut le concepteur du microphone (à base de carbone). L'incorporation de ces améliorations réalisa du téléphone un objet utilisable pratiquement.

Les réseaux téléphoniques sont passés sur plusieurs changements depuis cette époque. Cependant la plus part des techniques restent les mêmes. Le téléphone « deux fils » utilisé par la plupart des foyers d'aujourd'hui fonctionnent grossièrement de la même manière qu'il y a cent ans.

Jusqu'au milieu des années 90, les organismes de normalisation ont tenté de transmettre les données de manière toujours plus efficace sur des réseaux téléphonique. A partir de cette date, il y a eu changement de paradigme. C'est sur les réseaux de données, en particulier sur l'Internet, que l'on s'est évertué à convoier la parole. [11]

### ❖ l'histoire du temps réel :

Les scientifiques et les universitaires n'ont pas attendu les années 90 pour confronter le temps réel aux aléas du réseau de données. Les premiers essais de transmission audio sur un réseau à commutation de paquets remontent aux origines du réseau ARP Anet créé en 1973.

Quelques dates qui ont marqué l'histoire du temps réel sont à retenir :

- ✓ En 1976, les essais ont repris avec la transmission de paquets audio codés en LPC (Linear Predictive Coding).
- ✓ En 1978, un brevet américain est accordé à J.Flanagan, pour ses travaux sur la transmission de la voix par paquets.
- ✓ En 1990, la sortie de la station de travail « SPARCstation 1 » de Sun Microsystems avec code intégré.
- ✓ En 1991, les tests des outils audio sur le DARTnet, réseau de test de l'ARPA qui débouchera sur la création du MBONE (Multicast Backbone).
- ✓ En 1992, et plus précisément en Mars, la mise en disposition de l'outil audio « VAT » de Van Jacobson du Lawrence Berkeley National Laboratory. C'est « VAT » (Visual Audio Tool) qui a permis de tester et mettre au point le protocole temps réel RTP.

- ✓ En Novembre 1995, RTP devient le protocole standard de l'IETF pour les transmissions temps réel
- ✓ En 1995-1996 : l'utilisation des logiciels PC-to-PC.

Jusqu'en 1995, les scientifiques et les chercheurs étaient les principaux utilisateurs des réseaux, ils disposaient de connexions permanentes, exploitant de puissantes stations de travail sous Unix, pour lesquelles étaient conçus la plupart des logiciels.

L'année 1995 a vu l'Internet supplanter les réseaux propriétaires, et pour la téléphonie sur Internet, c'est cette année-là que plusieurs conditions étaient pour favoriser l'émergence des logiciels grand public parmi eux :

- La puissance de traitement des PC augmente avec l'arrivée du Pentium grand public à un prix abordable. La plupart des PC sont équipés pour le multimédia, avec carte son et accessoires.
- Les algorithmes de compression du signal audio, puissant et fidèles, sortent des laboratoires pour s'installer sur de simple micro-ordinateur.
- Les modems passent à la vitesse 14 400 bps, un débit suffisant pour laisser passer le flux de paquets audio codés avec le tout dernier algorithme.
- En 1997-1999 le temps des passerelles et le logiciel Skype qui est un logiciel de téléphonie IP développé par l'équipe de KaZaA. [11]

### 3. Définitions importantes et principe

Une certaine confusion règne dans la terminologie des services de communication vocale sur Internet. Afin de dissiper toute ambiguïté l'UIT utilise les termes suivants:

#### 3.1. Définitions

❖ **Voice over Internet Protocol (VoIP)** : VoIP signifie textuellement Voix sur IP, (Voice Over IP) est une technique qui permet de communiquer par voix à distance via le réseau Internet, ou tout autre réseau acceptant le protocole TCP/IP comme (Ethernet, RNIS, PPP, etc.). La téléphonie sur IP ou ToIP (Telephony over IP) est un service de téléphonie qui transporte les flux voix des communications téléphoniques sur un réseau IP. A la différence de la VoIP où l'on ne fait qu'établir une communication « voix », la ToIP intègre l'ensemble des services associés à la téléphonie : double appel, messagerie, renvoi d'appel, FAX, etc. [6]

- ❖ **Telephone over Internet Protocol (ToIP)** : également appelée téléphonie Internet, est un service spécifique de VoIP utilisant la transmission par paquets sur le réseau public Internet, par définition ouverte Et non contrôlable. [6]
- ❖ **Voice over the Net (VoN)** : définit le transport de trafic vocal au moyen de la transmission par Paquets sur le réseau Internet public uniquement. [6]

### 3.2. Principe de TOIP

Que signifie « téléphonie sur IP », ou TOIP ? Cet ensemble de technologies assure la communication vocale, textuelle et multimédia entre deux personnes, en véhiculant ces données sur un réseau utilisant les protocoles Internet.

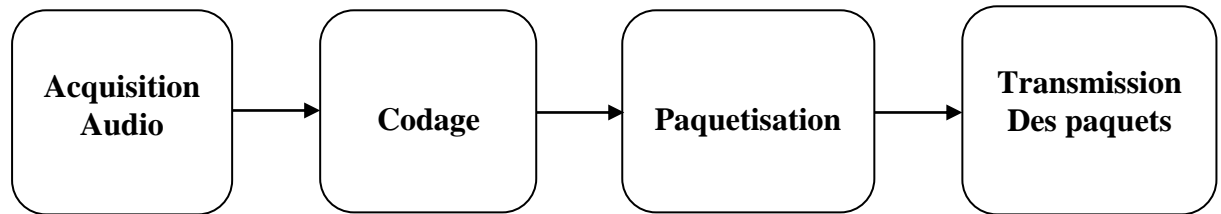
Le stade ultime dans la téléphonie sur IP est le remplacement des postes téléphoniques traditionnels par des "postes téléphoniques IP". Les caractéristiques d'un poste IP sont:

- ❖ le remplacement de la prise téléphonique (RJ11) par une prise réseau (RJ45),
- ❖ le remplacement de l'interface analogique ou numérique du poste téléphonique avec le réseau par une interface de protocole IP,
- ❖ le remplacement du protocole de signalisation téléphonique traditionnel par un système de voix sur IP,
- ❖ le remplacement du combiné téléphonique par un nouveau ayant les caractéristiques précitées ou encore par un logiciel pouvant être installé sur un ordinateur (muni d'un casque et d'un micro).

On notera dans les propos du dirigeant toute l'ironie de cette situation paradoxale. Les fournisseurs d'accès lancent des offres de téléphonie sur IP dans le sillage d'acteurs comme Skype, et les utilisateurs en déduisent que la téléphonie sur IP n'est pas prête pour l'entreprise. Or, les offres et les architectures proposées par les prestataires sérieux en la matière sont bien plus maîtrisées et performantes que les packs destinés au grand public. Cependant, il est vrai que certaines sociétés, déjà installées ou créées opportunément, vendent aux entreprises des prestations de type grand public avec une qualité plus que discutable. Comment alors trier le bon grain de l'ivraie ?

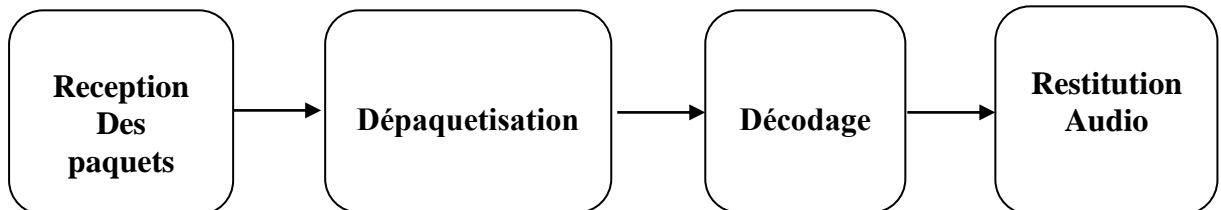
A l'instar des services de sécurité informatique, tout dépend de ce que l'entreprise accepte en termes de qualité téléphonique, de prestation et d'investissement. Elle ne peut obtenir à très bas prix l'équivalent d'une offre haut de gamme. Ce dossier détaille les divers éléments qui permettent de distinguer les offres : libre ensuite à chacun de choisir en connaissance de cause. En effet, les offres d'entrée de gamme peuvent aussi répondre à

certaines demandes. De manière générale, le principe de la téléphonie sur réseau de donnée par paquets consiste, à partir d'une numérisation de la voix (acquisition audio), à compresser le signal numérique correspondant (codage), et découper le signal obtenu en paquets de données (packetisation). Enfin, transmettre ces paquets sur un réseau de données utilisant la même technologie.



**Figure 2.1 :** traitement effectué par l'émetteur

A l'arrivée, les paquets transmis sont ré-assemblés, le signal de donnée obtenu est décompressé puis converti en signal analogique pour restitution sonore à l'utilisateur. En téléphonie numérique traditionnelle, les opérations de numérisation de la voix au départ et de conversion en signal analogique à l'arrivée existent déjà.



**Figure 2.2 :** traitement effectué par le récepteur

La technique de compression / décompression est possible en téléphonie traditionnelle, mais n'a été utilisée jusqu'à présent que sur des circuits à très grande distance et non entre « Abonnés », c'est à dire entre utilisateurs finaux.

Dans une communication téléphonique, le problème du transport de la voix est une chose importante, l'établissement de la communication en est autre : il faudra que l'appelant puissent indiquer les coordonnées du correspondant qu'il veut joindre, ce dernier soit prévenu de l'appel, quand accepte l'appel, les lignes des deux correspondants soient considérées comme occupées pendant toute la durée de la communication. Enfin que les lignes des deux correspondants soient à nouveau réputées libres lorsque les correspondants mettent fin à la communication.

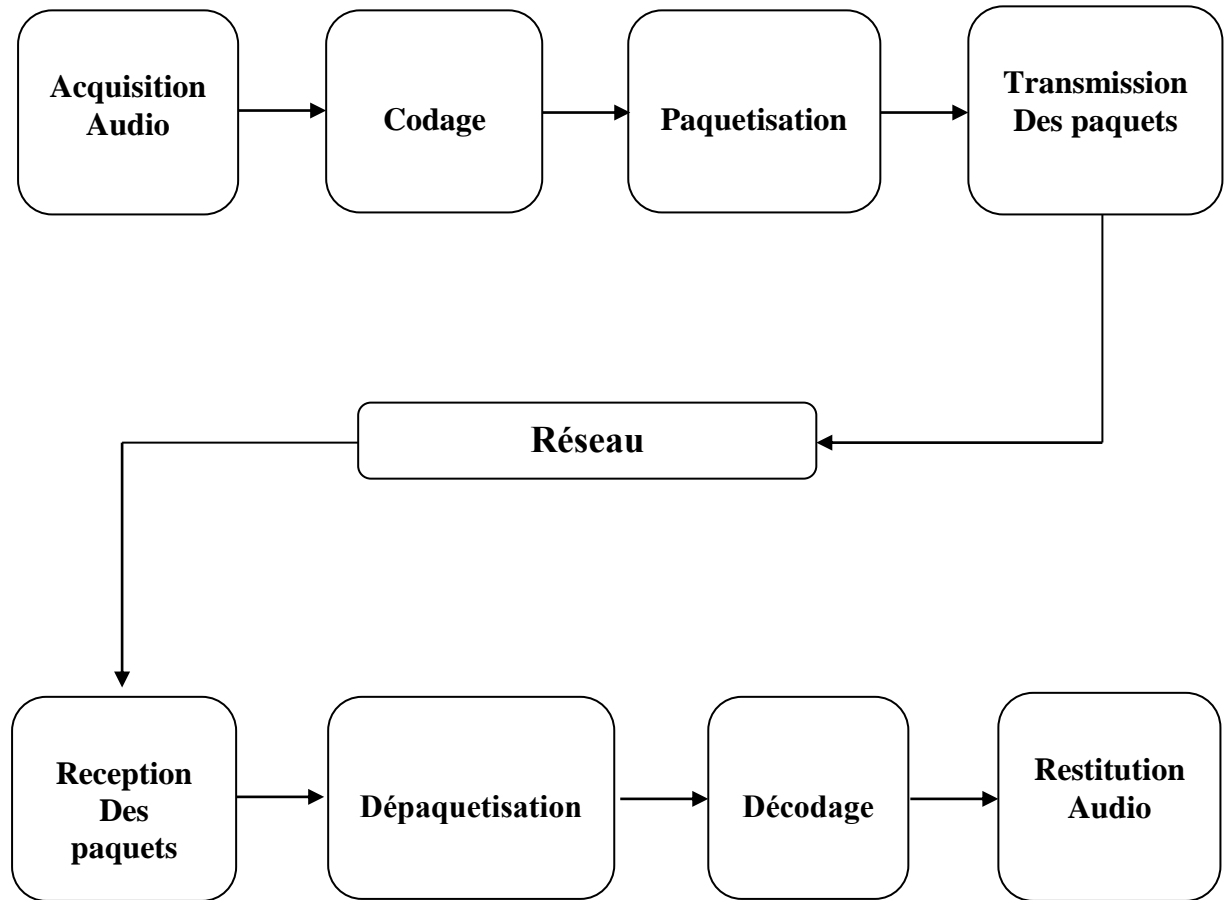


Figure 2.3 : principe de la voix sur IP

#### 4. La compression du signal audio

La compression du signal audio est nécessaire à sa transmission sur Internet, le réseau se satisfait d'acheminer les paquets dans un contexte de pénurie de ressources. La bande passante est limitée, il faut donc compresser le signal, lui faire choisir le débit le plus faible possible, pour l'acheminer plus facilement dans les tuyaux de l'Internet. La compression et la mise en paquets représentent couramment deux ou trois fois le volume des données qu'ils accompagnent. Les façons de compression audio temps réel sont soumises à trois paramètres [11] :

- ❖ **La qualité** : la qualité de restitution se dégrade lorsqu'on augmente le taux de compression, ainsi que les codeurs audio sont optimisés pour la plage de fréquences de la voix et produisent de moyens résultats avec la musique.
- ❖ **Le débit de sortie** : le débit diminue lorsqu'on augmente le taux de compression, mais au prix de traitements lourds et complexes, et au détriment de la qualité.

- ❖ **Le délai de codage** : il correspond à la longueur de trame initiale et au temps de traitement des algorithmes. Téléphonie, vidéoconférence sont des médias temps réel extrêmement sensibles au délai. Celui-ci ne doit pas dépasser au total 200 millisecondes, pour garantir l'interactivité entre les deux correspondants.

#### 4.1. La compression audio

L'objectif principale de la compression de données est de conserver une certaine qualité sonore tout en réduisant le plus possible la taille des données, pour cela en passant sur les trois étapes suivantes :

- ❖ **La numérisation** : c'est la première étape du processus, elle se décompose elle-même en plusieurs opérations, échantillonnage et codage.

Numériser un signal consiste à le mesurer, un mode de représentation analogique transpose un phénomène en un autre, de même forme, alors qu'une représentation numérique en fournira une mesure. C'est cette mesure effectuée régulièrement qui sera stockée, elle permettra de décrire le phénomène et de le reproduire.

- ❖ **L'échantillonnage** : Des échantillons de signal analogique sont prélevés à intervalles réguliers. La description du phénomène sera d'autant plus fidèle que la fréquence de prélèvement est élevée.
- ❖ **Le codage** : Pour chaque échantillon obtenu après échantillonnage, il faut générer un mot binaire correspondant.

Un codage sur un bit ne donnerait que 2 niveaux (bruit ou silence). Sur 2 bits, on disposerait de 4 niveaux, et  $n$  bits permettent de coder  $2^n$  niveaux.

La méthode utilisée pour la représentation numérique des signaux de voix dans les systèmes de téléphonie a été définie par l'ITU-T (Union Internationale des Télécommunications, secteur Télécoms) dans la recommandation G.711. Le signal analogique est échantillonné à une fréquence de 8000 fois par seconde (opération d'échantillonnage), ce signal échantillonné n'est qu'une suite d'impulsions (PAM : Pulse Amplitude Modulation) qui représente l'amplitude du signal analogique lors de chaque échantillonnage.

Chaque échantillon est comparé à certains niveaux de quantification, chacun étant représenté par une suite numérique unique. La suite numérique la plus proche du signal échantillonné est alors utilisée pour représenter le signal. Le nombre de niveaux de



quantification étant limité, ce processus induit une erreur entre la présentation numérique et la signal analogique. Plus le nombre de bits utilisés pour cette représentation est important, plus l'erreur est faible.

Pour économiser la bande passante, la téléphonie numérique doit se contenter de coder la mesure de chaque échantillon sur 8 bits. Dans la réalité, le signal est quantifié sur 12 bits, puis codé sur 7 bits en loi  $\mu$  aux USA et sur bits loi A en Europe. Cette technique s'appelle PCM (Pulse Code Modulation) ou MIC. Numériser le signal sur 8 bits revient à le mesurer avec une règle comportant 256 graduations. Le débit sera donc de  $8 \text{ kHz} \times 8 \text{ bits}$ , soit 64 kbps.

## 4.2. Les techniques de compression

Le codage décrit ci-dessus se satisfait de mesure les échantillons indépendamment les uns des autres, de manière itérative. Le débit de sortie du codeur reste élevé. Les techniques de compression introduisent des procédés de codage plus économiques, permettent de réduire le débit de sortie. Il existe deux grands types de compression, le codage différentiel et le codage par synthèse.

### ❖ Le codage différentiel

Consiste à mesurer la différence entre deux échantillons. Celle-ci est beaucoup plus petite que l'échantillon lui-même, elle pourra donc être codée avec moins de bits, sur 4 bits, 3 ou même 2 bits. Le codage différentiel ne fait que supprimer une partie de la redondance de l'information reçue, il représente une efficacité limitée, mais consomme très peu de temps CPU. Les paquets IP de voix, traités par codage différentiel, contiennent par défaut 20 ms de signal, soit 160 échantillons.

### ❖ Le codage par synthèse

Pour atteindre des débits très bas, inférieurs à 4 kbps, ce n'est plus une mesure compressée du signal qui est transmise mais des valeurs et des coefficients, qui permettront au décodeur de le reproduire. Le signal est synthétisé, c'est-à-dire décomposé en éléments constitutifs déjà connus. Ce sont les indices, les coefficients de ces différents éléments, qui sont envoyés au décodeur. Dans ce type de codage, il y a 3 types de codage selon le codeur utilisé, qui sont:

- ✓ Les codeurs CELPC (Code Excited Linear Predictive Coder)
- ✓ Les codeurs UIT-T G.729 CS-ACELP (Conjugate-Structure Algebraic-Code Excited Linear-Prediction)

- ✓ Les codeurs RPE-LTP (Regular Pulse Excited-Long Term Predictor). [11]

## 5. Les réseaux téléphoniques commutés RTC

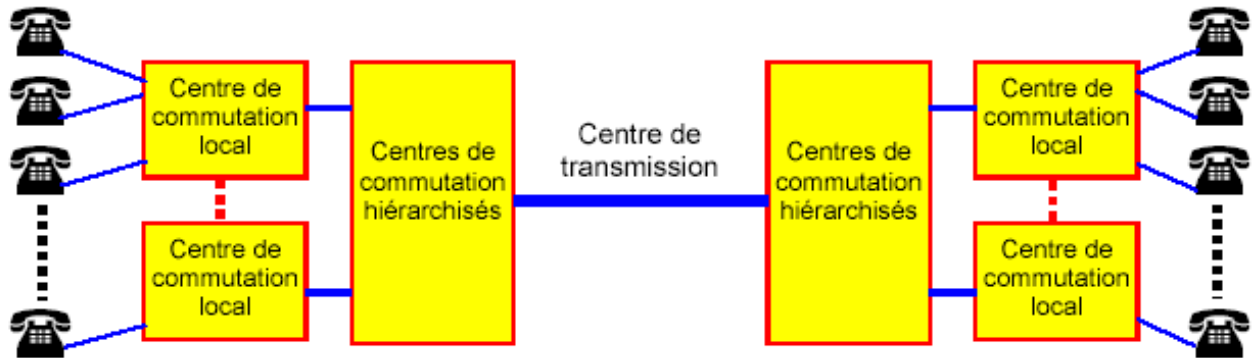
Le RTC est tout simplement le réseau téléphonique que nous utilisons dans notre vie de tous les jours et qui nous donne accès à de multiples fonctions. En effet outre le fait de pouvoir téléphoner, le RTC nous permet d'utiliser de multiples services tel que la transmission et réception de fax, l'utilisation d'un minitel, accéder à Internet etc. Il représente donc l'un des protocoles de communication utilisé sur la paire de cuivre boucle locale. [14]

### ❖ Principe

Le réseau téléphonique public (RTPC, Réseau Téléphonique Public Commuté ou simplement RTC) a essentiellement pour objet le transfert de la voix. Utilisant le principe de la commutation de circuits, il met en relation deux abonnés à travers une liaison dédiée pendant tout l'échange. On peut distinguer deux grandes parties dans ce réseau :

- ✓ **Le réseau de distribution** : c'est le raccordement 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 section du réseau est actuellement numérique. La gestion générale du réseau distingue trois fonctions :
  - ✓ **La distribution** : elle 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 de la fibre optique ou des faisceaux hertziens. Aujourd'hui, le réseau est pratiquement intégralement numérisé, seule la liaison d'abonné reste analogique. [14]



**Figure 2.4:** Le réseau téléphonique commuté RTC. [14]

## 6. Comparaison entre la téléphonie traditionnelle et la téléphonie sur IP

Les services de téléphonie traditionnels, basés sur le Réseau téléphonique public commuté (RTPC), sont gérés par des téléphones, des visiophones, des récepteurs de radio-messagerie, des télécopieurs dédiés, des contrôleurs PBX (autocommutateur privé) et autre matériel connecté au RTPC ou à un PBX. Avec l'intégration des ordinateurs et de la téléphonie, les serveurs de réseau peuvent prendre en charge des systèmes PBX et des ordinateurs personnels peuvent opérer comme des téléphones, des télécopieurs et des répondeurs.

La téléphonie IP s'appuie sur les technologies qui permettent de transmettre du son, des données et des images animées sur des réseaux locaux LAN, sur des réseaux étendus WAN et sur Internet. La téléphonie IP utilise les standards ouverts de IETF et UIT-T pour les transmissions multimédias sur tout réseau utilisant le protocole Internet. Elle permet une intégration parfaite des transmissions de données, audio et vidéo.

Les systèmes téléphoniques basés sur réseau local sont utiles aussi bien aux petites qu'aux grandes organisations. L'emplacement physique des périphériques de téléphonie importe peu, et un système de téléphonie basé sur réseau local fonctionne parfaitement dans un environnement distribué d'une entreprise où des sites distants sont connectés au bureau.

## 7. Les différent type de téléphonie sur IP

Il y a trois types d'utilisation de la voix sur IP, selon les équipements terminaux et les types de réseaux mis en oeuvre :

### 7.1. Téléphonie entre micro-ordinateurs ("PC à PC")

Les deux correspondants utilisent leurs micro- ordinateurs, avec les haut-parleurs généralement livrés en série et en y adjoignant des microphones. Ce mode de fonctionnement nécessite que les deux correspondants utilisent des logiciels compatibles. Une fois les logiciels installés, les deux correspondants peuvent utiliser d'enregistrement, sinon ils peuvent communiquer directement (Sans utiliser le service d'enregistrement) dans le cas où chacun d'eux connaît l'adresse IP de l'autre

De plus, les adresses IP changeant à chaque connexion, les correspondants doivent se mettre d'accord sur la consultation d'un annuaire ("dynamique", car mis à jour à chaque connexion par chaque correspondant potentiel qui doit s'y enregistrer) pour permettre à l'appelant de connaître l'adresse de l'appelé (cette procédure est grandement facilitée pour des utilisateurs connectés en permanence à Internet). Dans un contexte d'entreprise, on peut passer par Internet, par un « Intranet » de l'entreprise. [13]

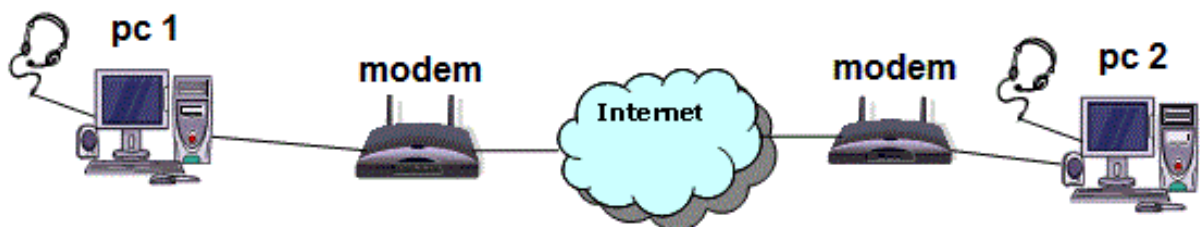
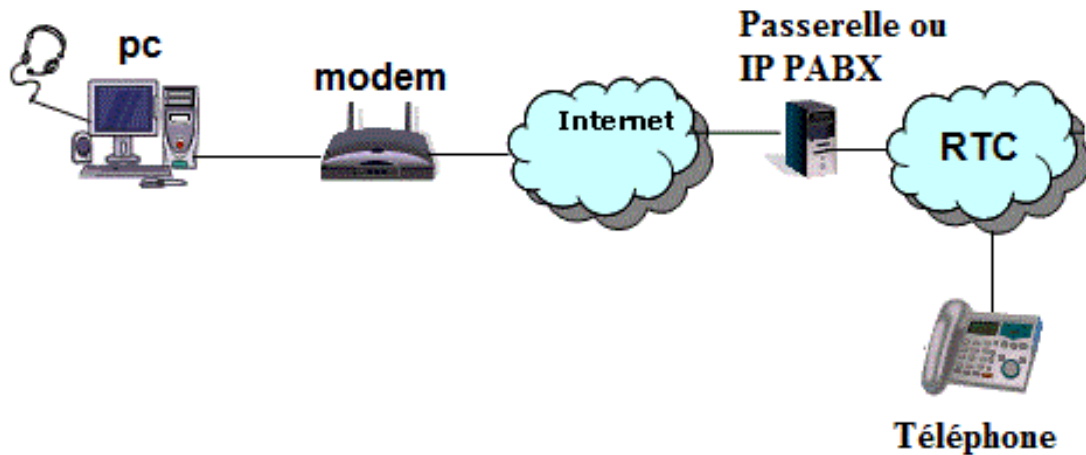


Figure 2.5: Téléphonie IP de type pc à pc [16]

### 7.2. PC- à -téléphone ou téléphone- à -PC

L'un des correspondants est sur son micro-ordinateur, s'il veut appeler un correspondant sur le poste téléphonique, il doit se connecter sur un service spécial sur Internet, offert par un fournisseur de service son ISP (Internet Service Provider) (le rôle de l'ISP est faire l'aide pour accès au réseau qui permet à son tour d'accéder à l'Internet. L'application voix utilisée par le client est transparente pour l'ISP et aucune disposition spécifique n'est assurée afin de garantir la qualité du service vocal), ou par son fournisseur de d'accès à Internet (son IAP « Internet Service Provider »), mais qui doit mettre en œuvre une "Passerelle" avec le réseau téléphonique. C'est cette passerelle qui se charge de l'appel du correspondant et de

l'ensemble de la « signalisation » relative à la communication téléphonique, du côté du correspondant demandé. Si le correspondant qui appelle est sur son poste téléphonique, et qu'il veut joindre un correspondant sur Internet, il faudra appeler un numéro spécial d'une passerelle qui gèrera l'établissement de la communication avec le réseau Internet et le correspondant sur ce réseau de côté pc, une signalisation d'appels est nécessaire pour établir une communication multimédia. [13]



**Figure 2.6:** Téléphonie IP de type pc à téléphone ou de téléphone à pc. [16]

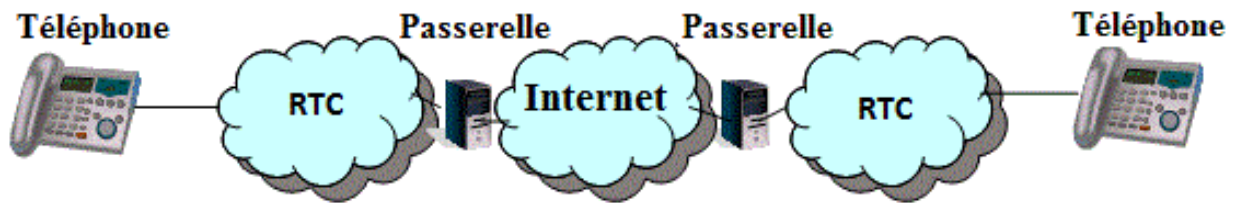
Dans ce cas aussi il faut que les deux correspondants soit au rendez-vous (a moins qu'il ne soit connecté en permanence).

### 7.3. Téléphonie entre postes téléphoniques (téléphone à téléphone)

Il existe deux méthodes utilisables en téléphonie de grand public pour faire le dialogue entre deux postes téléphoniques via un réseau IP :

#### ❖ Utilisation de passerelles analogues

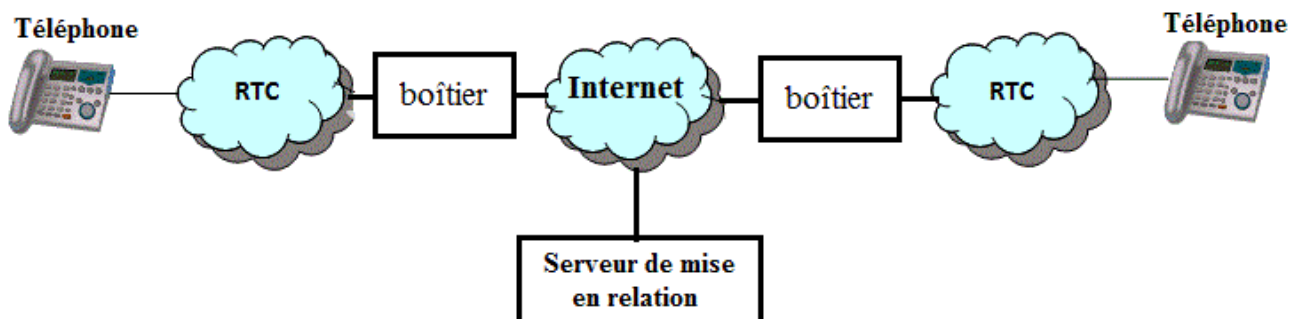
Cela signifie qu'un opérateur a mis en place des passerelle entre le réseau téléphonique et le réseau IP (Internet ou Intranet) et que le correspondant appelle le numéro d'une passerelle et lui communique le numéro du correspondant qu'il cherche à joindre. Les deux passerelles dont « dépendent » les deux correspondants gèrent alors la communication, y compris la signalisation avec le réseau téléphoniques et les conversions à l'entrée et la sortie du réseau IP. [13]



**Figure 2.7:** Téléphonie IP de type téléphone à téléphone en utilisant des passerelles. [16]

#### ❖ Utilisation de boîtiers d'adaptation entre poste téléphoniques et Réseau Internet

Cette solution a été mise par une Société française dénommée APLIO pour utilisation sur Internet. En Parallèle avec ces boîtiers, elle met en oeuvre sur Internet un serveur spécial pour gérer l'établissement de la communication. Le correspondant appelant lance sa communication sur un réseau de télécommunications classique, la communication est établie dans une première phase sur ce réseau mais, immédiatement après, les boîtiers s'échangent les informations nécessaires à la deuxième phase, la communication traditionnelle est alors rompue et les boîtiers établissent, grâce aux informations qu'ils sont échangés et avec l'aide du serveur spécial d'APLIO, en fait la communication sur Internet. [13]



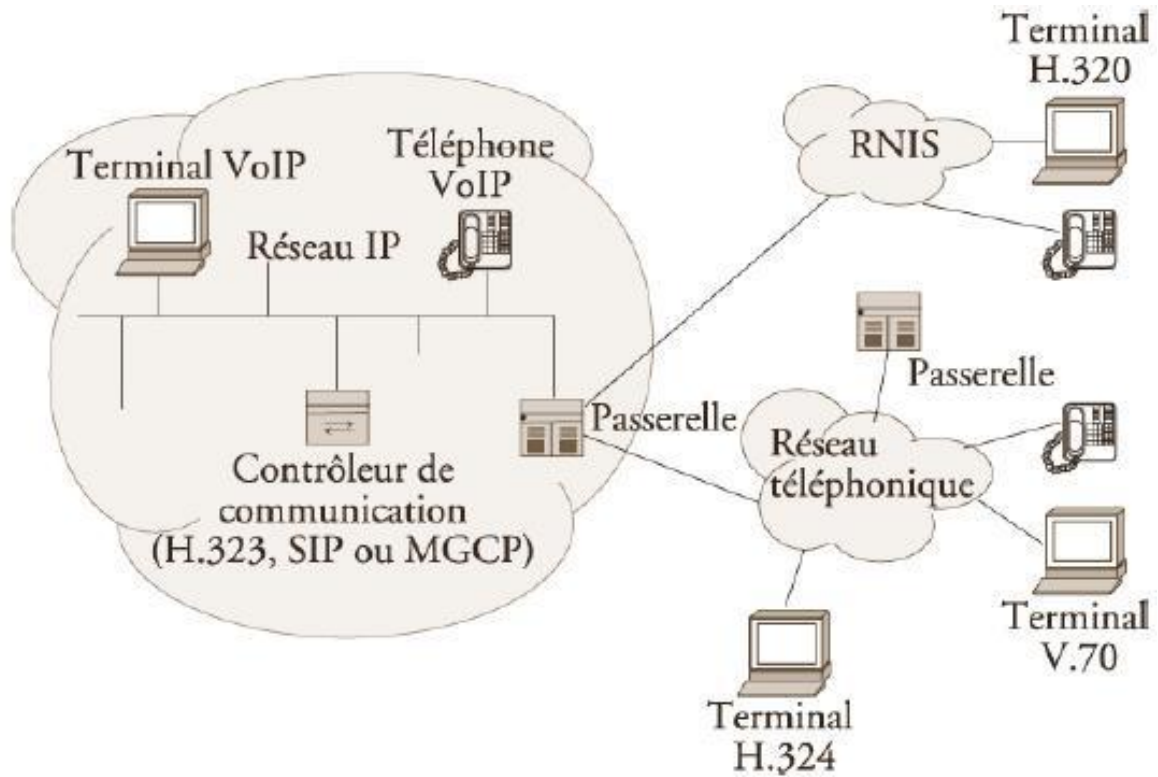
**Figure 2.8:** Téléphonie de type téléphone à téléphone en utilisant des boîtiers d'adaptation[16]

## 8. La voix sur IP dans l'entreprise, et les éléments pouvant être composés un tel réseau

La voix sur IP est une nouvelle technologie de communication, elle n'a pas encore de standard unique. En effet, chaque constructeur apporte ses normes et ses fonctionnalités à ses solutions. Tous les entreprises de ce marché utilisent une ou plusieurs de trois architectures : H.323, SIP et MGCP/MEGACO comme une base pour leur produit.

Le schéma ci-dessous, décrit de façon générale la topologie d'un réseau de téléphonie IP. Elle peut constituée des terminaux, un serveur de communication et une passerelle vers

les autres réseaux. Chaque norme a ensuite ses propres caractéristiques pour garantir une plus ou moins grande qualité de service. On peut retrouver les éléments communs suivants :



**Figure 2. 9 :** La voix sur IP dans l'entreprise [12]

❖ **Les Terminaux :** Des PC ou des téléphones VoIP par exemple:

**L'IP Phone:** C'est un terminal téléphonique fonctionnant sur le réseau LAN IP à 10/100. Avec une norme soit propriétaire, soit SIP, soit H.323. Il peut y avoir plusieurs codecs pour l'audio, et il peut disposer d'un écran monochrome ou couleur, et d'une ou plusieurs touches soit programmables, soit préprogrammées. IL est en général doté d'un hub passif à un seul port pour pouvoir alimenter le PC de l'utilisateur (l'IP PHONE se raccorde sur la seule prise Ethernet mural et le PC se raccorde derrière l'IP PHONE).

❖ **Le Switch :** Il assure la distribution et commutation de dizaines de port Ethernet à 10/100 voire 1000 Mbits/s. Suivant les modèles, il peut intégrer la télé alimentation des ports Ethernet à la norme 802.3af pour l'alimentation des IP-phones ou des bornes WIFI en 48V.

❖ **Le routeur :** Il permet de gérer les données et le routage des paquets entre deux réseaux. Certains routeurs, comme les Cisco 2600, permettent de simuler un gatekeeper grâce à l'ajout de cartes spécialisées supportant les protocoles VoIP.

❖ **Le serveur de communications** : Il gère les autorisations d'appels entre les terminaux IP ou soft phones et les différentes signalisations du réseau. Il peut posséder des interfaces réseaux opérateurs (RTC-PSTN ou RNIS), sinon les appels externes passeront par la passerelle dédiée à cela (Gateway). Exemple : (Call Manager de Cisco).

❖ **Le softphone** : C'est un logiciel qui assure toutes les fonctions téléphoniques et qui utilise la carte son et le micro du PC de l'utilisateur, et aussi la carte Ethernet du PC. Il est géré soit par le Call Manager, soit par le PABX-IP.

❖ **Multipoint Control Unit (MCU)** : Le MCU est un composant très important d'un système de conférence multimédia. Il peut s'agir d'un appareil à part entière ou d'une fonctionnalité spécifique d'un poste de vidéoconférence. En effet, la notion de conférence étant implicitement associée à la collaboration de 3 participants ou plus, ceci implique une croissance exponentielle du nombre de connexions point à point à réaliser afin que chacun des participants puisse émettre et recevoir les flux audio, vidéo ou de partage de données!

C'est pour simplifier et optimiser la mise en oeuvre d'une conférence que le MCU entre en piste. Sa tâche est de transformer les relations point à point qui existent entre chacun des participants en une relation point à point unique: une communication avec le MCU. Chaque participant a alors pour seul et unique interlocuteur la conférence qui est créée au sein du MCU. [12]

❖ **PABX**: un PABX est un autocommutateur téléphonique privé (définition anglaise : Private Automatic Branch eXchange) destiné à alimenter et à mettre en relation une certaine quantité de postes téléphoniques internes dans une entreprise ou dans une administration. [12] En d'autres termes, il représente l'élément central qui :

- 1) distribue les appels téléphonique arrivées.
- 2) autorise les appels téléphoniques départs.
- 3) gère les terminaux téléphoniques qui peuvent être des postes numériques ou Analogiques.
- 4) gère toutes les autres fonctionnalités ou options (CTI, CSTA, Taxation...)

Un PABX travaille aussi bien en numérique qu'en analogique.

Il existe deux sortes de PABX :

Les PABX traditionnels ceux que l'on appelle de génération TDM (Time Division Multiplexing), qui peuvent éventuellement migrer partiellement ou totalement en IP (sur certaines gammes seulement), Et les PABX-IP ou IPBX ou PBXIP (qui nativement offrent une connectivité IP Ethernet afin d'offrir des services de téléphonie sur IP). Les IPBX peuvent actuellement se présenter sous la forme d'un PC traditionnel équipé d'un logiciel



Asterisk par exemple (Open Source), et de cartes d'entrées/sorties RNIS et/ou analogiques. [12]

### ❖ Gateway et Gatekeeper:

Avant de parler sur ces deux composent, il doit parler d'un des éléments clefs d'un réseau VoIP, la passerelle et leurs « Gatekeepers » associés. Les passerelles ou gateways en téléphonie IP sont des ordinateurs qui fournissent une interface où se fait la convergence entre les réseaux téléphoniques commutés (RTC) et les réseaux basés sur la commutation de paquets TCP/IP. C'est une partie essentielle de l'architecture du réseau de téléphonie IP.

Le gatekeeper est l'élément qui fournit de l'intelligence à la passerelle, nous pouvons séparer les parties matérielles et logicielles d'une passerelle, le gatekeeper est le collègue logiciel de la gateway.

Une Gateway peut se trouve en environnements hétérogènes. Ces environnements peuvent être très différents, utilisant diverses technologies tels que le Numéris, la téléphonie commutée ou la téléphonie IP. Les gateways doivent aussi être compatible avec les terminaux téléphoniques analogiques. La Gateway fournit la possibilité d'avoir une connexion entre un terminal analogique et un terminal multimédia (un PC en général). Beaucoup de sociétés fournissent des passerelles mais cela ne signifie pas qu'elles fournissent le même service. Les gateways (partie physique) et les gatekeepers (partie logicielle) font l'objet de deux sections séparées pour bien empêcher la différence. Certaines sociétés vendent un produit " Gateway ", mais en réalité, elles insèrent une autre Gateway du marché avec leur gatekeeper pour proposer une solution commerciale.

Un Gatekeeper peut réaliser deux services principaux suivant : la gestion des permissions et la résolution d'adresses. La gatekeeper est aussi responsable de la sécurité. Quand un client veut émettre un appel, il doit le faire au travers du gatekeeper. C'est alors que celui-ci fournit une résolution d'adresse du client de destination. Dans le cas où il y a plusieurs gateways sur le réseau, il peut rediriger l'appel vers un autre couple gateway/gatekeeper qui essaiera à son tour de router l'appel. Pendant la résolution d'adresse, le gatekeeper peut aussi attribuer une certaine quantité de bande passante pour l'appel. Il peut agir comme un administrateur de la bande passant disponible sur le réseau.

Le Gatekeeper répond aux aspects suivant de la téléphonie IP :

**Le routage des appels** : le Gatekeeper est responsable de la fonction de routage, il doit tester si l'appel est permis et faire la résolution d'adresse mais il doit aussi rediriger l'appel vers le bon client ou la bonne passerelle

**Administration de la bande passante** : le gatekeeper alloue une certaine quantité de bande passant pour un appel et sélectionne les codecs à utiliser. Il agit en tant que régulateur de la bande passante pour assurer le réseau contre les goulots d'étranglement(bottle-neck).

- ✓ **Sécurité** : le gatekeeper est aussi responsable de la sécurité dans un réseau de téléphonie IP. Il doit gérer les redondances des passerelles afin de faire aboutir tout appel. Il connaît à tout moment l'état de chaque passerelle et route les appels vers les passerelles accessibles et qui ont des ports libres.
- ✓ **Gestion des différentes gateways** : dans un réseau de téléphonie IP, il peut y avoir beaucoup de gateways. Le gatekeeper, départ ses fonctionnalités de routage et desécurité, doit gérer ces gateways pour faire en sorte que tout appel atteigne sa destination avec la meilleure qualité de service possible. [13]

## 9. Les avantages et les inconvénients de TOIP

### 9.1. Les avantage

Les offre de téléphonie IP pour PME /TPE se multiplient. Réduction des coûts, convergence des réseaux, simplification de gestion...

Encore faut il s'adresser au bon prestataire, savoir distinguer entre les prestations, et plusieurs d'autre avantages. On va tout d'abord commencer par l'avantage le plus marquée qui est:

- ❖ **Données et téléphonie s'ignorent**: traditionnellement, les réseaux téléphonie et de données sont sépare, avec des câblages spécifique et différent, et des personelles aux compétences distinctes.

Les schémas ci-dessous montrant le changement dans les réseaux des entreprises avec l'arrivée de TOIP.

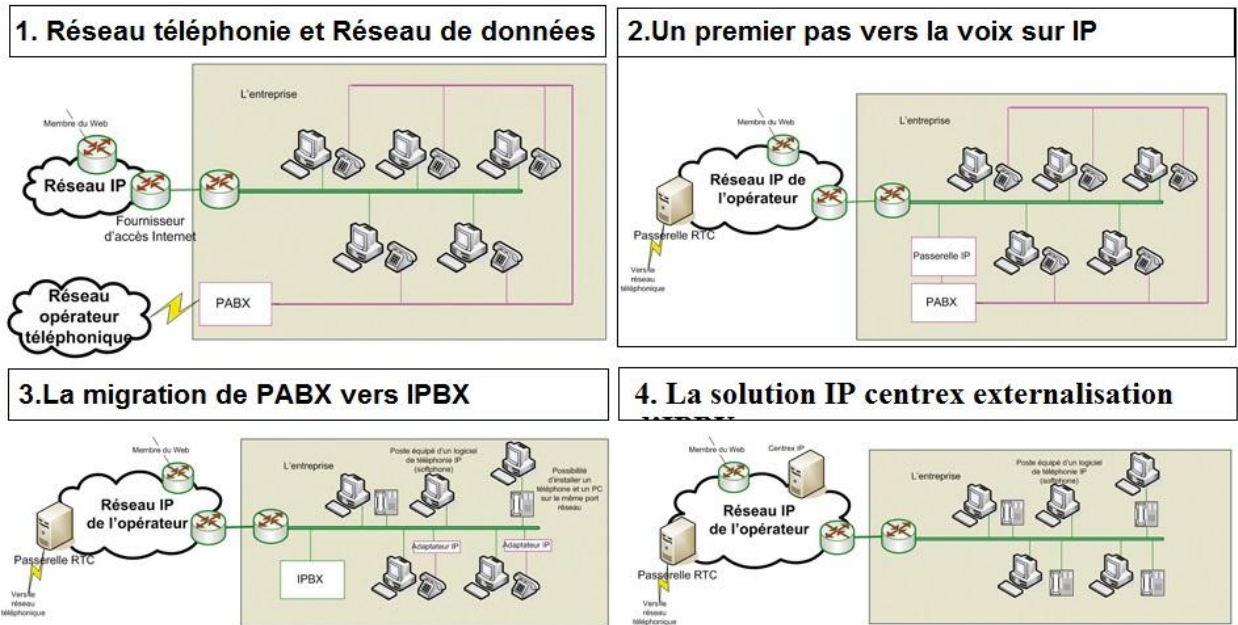


Figure 2.10 : les étapes de développement des réseaux d'entreprises. [12]

- ❖ **Réduction de coût**: en déplaçant le trafic voix RTC vers le réseau privé WAN/IP les entreprises peuvent réduire sensiblement certains coûts de communications. Réductions importantes mises en évidence pour des communications internationales par exemple, le prix d'un appel de Ouargla à Paris revient au même que celui d'un appel urbain, ces réductions deviennent encore plus intéressantes dans la mutualisation voix/données du réseau IP inter sites (WAN). Dans ce dernier cas, le gain est directement proportionnel au nombre de sites distants.
- ❖ **Utilisation rationnelle de la bande passante** : le réseau télécoms dédie un circuit et les ressources associées pendant toute la durée de la connexion. Sur un réseau IP un lien est partagé par l'ensemble des paquets appartenant aux différents flots.
- ❖ **Suppression des silences** : le circuit dédié des télécoms est occupé, dans le meilleur des cas, la moitié du temps que dure une communication téléphonique, en raison des périodes de silences qui émaillent la conversation vocale. Sur IP, aucun paquet n'est émis pendant les périodes de silences, et la bande passante globale est partagée entre plusieurs conversations. Le réseau à commutation de paquets permet ainsi une exploitation optimale des ressources.
- ❖ **Compression du signal** : les techniques de compression du signal permettent également des gains de bande passante importants, en réduisant plusieurs fois le débit des applications. Sur un circuit à 64 Kbps, on peut ainsi passer jusqu'à 10 conversations compressées, et transportées dans des paquets IP.

- ❖ **Le Multicast** : l'adressage IP multicast permet d'économiser jusqu'à 50 % de la bande passante, en ne faisant transiter qu'un seul échantillon d'un même paquet sur une même liaison, lors de vidéoconférences ou de diffusion de média, radio et chaînes de TV en direct par exemple.
- ❖ **Investissements** : il n'y a rien plus facile que de devenir opérateur longue distance, et de se mesurer aux plus grands acteurs du marché. Un million de dollars d'investissement suffit pour équiper 40 villes avec des passerelles et des serveurs.
- ❖ **Prix d'achat** : à débit égal, le prix des équipements de réseau, serveurs, concentrateurs, switches ou routeurs, est inférieur à celui des autocommutateurs télécoms.

## 9.2. Les inconvénients

Une des difficultés essentielles de la téléphonie sur IP concerne la qualité de service, actuellement inférieure, tout au moins sur Internet ou en extranet, à celle que les utilisateurs ont l'habitude de constater sur les réseaux traditionnels de télécommunications (la téléphonie mobile les a habitués toutefois à quelques aléas dans ce domaine ...). Elle résulte de plusieurs paramètres. [15]

- ❖ **Perte** : La perte d'un paquet est l'occasion du manque des informations lors de la réception du signal audio. En fonction du nombre de paquets perdus, la qualité sonore à l'extrémité de réception peut être dégradée. Dans la philosophie IP, la perte de paquets fait partie intégrante du concept : les routeurs sont obligés (avec l'algorithme de détection précoce aléatoire) de détruire des paquets afin d'éviter un éventuel encombrement.

Il existe quatre grandes causes de perte de paquets :

- ✓ durée de vie épuisée (TTL = 0);
- ✓ Retard à l'extrémité de réception supérieur au buffer de gigue;
- ✓ Destruction par un module encombré;
- ✓ Paquet invalide en raison de défauts de transmission.

Le protocole UDP est utilisé pour transmettre de la voix sur IP car il présente l'avantage d'utiliser moins de place et s'appuie sur des protocoles de couches supérieures (comme RTCP/RTP) pour assurer le contrôle d'erreur ou de flux ou lorsque «les besoins du temps réel» rendent la retransmission – telle qu'utilisée par le protocole TCP – inappropriée.

Le taux de perte de paquets dépendra de la qualité des lignes utilisées et du dimensionnement du réseau. Pour que la qualité de la parole soit acceptable, le taux de perte de paquets doit être inférieur à 20%.

Une solution possible pour réduire la perte de paquets est de mettre en oeuvre des systèmes de correction utilisant des codages redondants et adaptatifs, c'est-à-dire variables selon les pertes de paquet observées statistiquement dans le réseau à un instant donné. En utilisant de tels systèmes, il est possible d'obtenir de très hauts niveaux de qualité sonore, même sur l'Internet.

Cette solution engendre néanmoins des difficultés supplémentaires en rapport avec le délai total de transmission, qui doit être maîtrisé si le réseau est destiné à la téléphonie. [14]

❖ **Délai** : Le délai est l'intervalle de temps exprimé en millisecondes qui s'écoule entre l'émission de la voix et sa reconstitution à l'arrivée. S'il doit y avoir un échange interactif, donc l'application des contraintes de délai à la transmission est nécessaire. Les valeurs cidessous (tirés de la recommandation UIT-T G-.114 ) sont données pour indiquer les classes de qualité et d'interactivité selon le délai de transmission dans une conversation téléphonique.

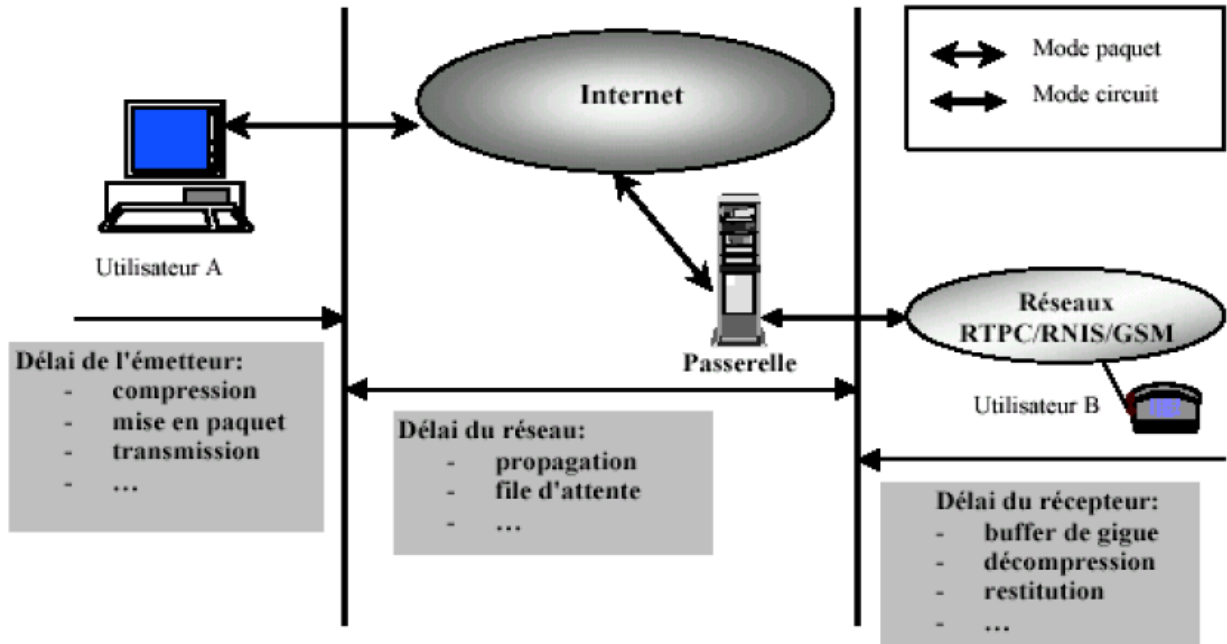
<b>Classe N°</b>	<b>Retard par sens</b>	<b>Commentaires</b>
<b>1</b>	0 à 150 ms	Acceptable pour la plupart des conversations
<b>2</b>	150 à 300 ms	Acceptable pour des communications faiblement interactives (voir satellite 250 ms par bond)
<b>3</b>	300 à 700 ms	Devient pratiquement une communication half duplex
<b>4</b>	Au-delà de 700 ms	Inutilisable sans une bonne pratique de la conversation half duplex (militaire)

**Table 2.1** : Classes de qualité UIT-T pour les retards de transmission.

Le retard introduit par l'Internet (de 50 msec à plus de 500 msec, selon l'état du réseau) est considérablement supérieur à celui qu'on peut trouver dans un réseau téléphonique traditionnelle. Quantifier le délai de transmission sur le réseau de manière fiable est quasi impossible quand on considère le grand nombre d'inconnues.

Cependant, pour l'acheminement qui serait pris par une transmission vocale, il est possible de préciser certains délais essentiels au réseau, comme illustré à la figure suivante qui décrit le

scénario ordinateur vers téléphone via Internet (le réseau IP du fournisseur de services passerelle peut être considéré comme «idéal» et comme ne participant pas de façon significative au délai de transmission global). [15]



**Figure 2.11:** Délais de transmission pour la téléphonie IP. [15]

### ➤ Délai de l'émetteur

À l'extrémité d'émission, la voix est codée et compressée avant d'être encapsulée dans les paquets IP. La taille des paquets représente un compromis entre la nécessité de réduire le délai de transmission et l'optimisation de la largeur de bande.

Les composants du délai de l'émetteur sont :

- ✓ **La numérisation et le codage** : est le temps mis par une carte son ou une passerelle pour numériser et coder un signal analogique.
- ✓ **La compression** : Il se décompose en trois parties
  - 1- **Le délai de trame** : contrairement à la numérisation d'un signal, qui se fait en continu, la compression porte sur une certaine longueur de données. L'attente de ces informations peut induire un délai de traitement notable.
  - 2- **Le délai de codage** : ce délai, qui implique une compression par synthèse fondée sur la prédiction, est demandé par le codeur afin de savoir, en cours de traitement, comment évolue le signal.
  - 3- **Le délai de traitement** : temps pris par l'algorithme pour compresser une trame. Il dépend du processeur et de l'algorithme utilisé.

- ✓ **La mise en paquets** : laps de temps pendant lequel l'application confectionne un paquet (création de l'en-tête et insertion des données).
- ✓ **La transmission** : ce laps de temps dépend de la configuration utilisée, c'est-à-dire si la connexion se fait par modem ou par accès direct sur un LAN/WAN.

Il se trouve trois grandes catégories pour la transmission de la voix sur IP, selon la technique de codage utilisée :

- Le codage temporel (à des vitesses comprises entre 16 et 64 kbit/s);
- Le codage paramétrique (à des vitesses comprises entre 2,4 et 4,8 kbit/s);
- Le codage par analyse-synthèse (à des vitesses comprises entre 5 et 16 kbit/s).

Généralement, les techniques de codage donnant des bas débits appellent des temps de traitement plus longs, élevant ainsi le temps de transit. Actuellement on admit que le temps moyen de traitement de la voix (compression, décompression et mise en paquet) introduit un délai d'environ 50 msec pour une extrémité de la liaison.

#### ➤ **Délai du réseau**

- ✓ La propagation : sur un réseau filaire, la vitesse de propagation est 200 000 km/s, ce qui induit un temps de propagation appréciable.
- ✓ L'acheminement et les files d'attente : selon la nature du réseau, différents temps peuvent être indexés.

Dans le cas d'un réseau IP bien contrôlé, comme un Intranet ou équivalent, la transmission de paquets prend entre 50 et 100 msec (propagation et compensation de gigue), les routeurs introduisant un retard de quelques 50 msec. Le délai total résultant se situe donc entre 200 et 250 msec de bout en bout pour un réseau IP bien contrôlé (Intranet). Ces délais sont significativement plus grands, voire indéterminés (aux périodes de pointe), dans le cas de l'Internet. [15]

#### ❖ **Gigue (délai de réception)**

- ✓ Buffer de gigue : La mémoire tampon permet de resynchroniser les paquets arrivant avec des délais variables. Elle sert donc à compenser les décalages et à remettre en ordre les paquets :
  - Dépaquetisation.
  - Décompression.
  - Décodage et conversion numérique-analogique.

Le résultat de cela, dans les conditions actuelles en termes de technologies utilisées par l'Internet et de leur dimensionnement, est que la téléphonie IP ne serait réalisable que sur un réseau IP contrôlé de type Intranet, mais serait beaucoup plus imprédictible sur l'Internet.

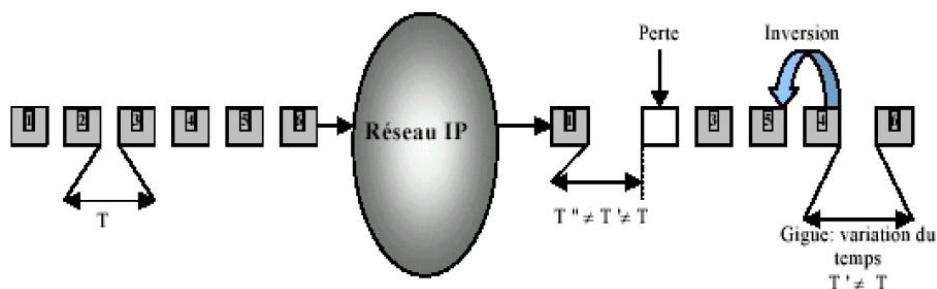
✓ **Gigue de transmission** : La gigue est la variation du délai de transmission. Le protocole utilisé pour transporter les paquets vocaux sur l'Internet est le protocole UDP. La partie signalisation utilise la couche

TCP. Le protocole UDP fonctionne en mode sans connexion, mode dans lequel les paquets ne prennent pas nécessairement la même route, d'où une variation du temps de transit. Une autre cause de variation du temps de transit peut être le nombre de routeurs traversés et de la charge supportée par chacun d'eux. Des tampon de compensation de gigue sont installés afin de reconstituer un flux synchrone à l'extrémité de réception. Mais, ce processus allonge encore le délai de transmission. Afin de garder une qualité acceptable il faut que la gigue reste inférieure à 100 msec.

❖ **Echo** : L'écho est le laps de temps qui s'écoule entre l'émission d'un signal et sa réception (ce même signal) sous la forme d'un écho. Ce problème apparaît généralement dans le cas de communications d'ordinateur à téléphone, de téléphone à ordinateur, ou de téléphone à téléphone. Il est causé par le renvoi d'une partie du signal traité par les composants électroniques des parties analogiques du système.

Un écho inférieur de 50 msec est imperceptible. Au-dessus de ce niveau, le locuteur entend sa

propre voix juste après avoir parlé. Lorsque le but est de fournir un service de téléphonie IP, les passerelles doivent traiter l'écho électrique généré par le transfert de deux à quatre fils. Si un tel traitement n'est pas effectué, il ne sera pas possible d'utiliser le service avec des postes analogiques classiques. Pour résoudre le problème, des annuleurs d'écho haute performance sont installés au niveau des passerelles du réseau. La figure ci-dessous résume les difficultés évoquées ci-dessus. [14]



**Figure 2.12** : Principales difficultés de la transmission téléphonique sur IP. [14]



## 10. Normalisation de la téléphonie sur IP

La plupart des téléphones sont encore, et seront encore pendant plusieurs années, connectés aux réseaux téléphoniques traditionnels à commutation de circuits. Les services de téléphonie IP doivent donc pouvoir accepter tout trafic émanant de ces réseaux et assurer la terminaison d'une communication.

La normalisation technique de la téléphonie IP est en cours dans le cadre de nombreuses entités industrielles et d'organismes de normalisation tels que le secteur de la normalisation des Télécommunications de l'IUT (IUT-T), le secteur des radiocommunications de l'IUT (IUT-R), et le groupe d'étude sur l'ingénierie Internet (IETF).

Un exemple de normalisation dans le cadre de l'IUT est la série de recommandations H323 pour les champs suivants : audioconférence, visioconférence multimédia, établissement et commande d'appel, gestion de la bande passante, interfaces entre différentes architecture réseaux, et le protocole d'initiation de session SIP défini par l'IETF pour la conférence, la téléphonie, la notification d'événements et la messagerie instantanée. [13]

## 11. Conclusion

Le développement des réseaux informatique et aussi de domaine de télécommunication a donné naissance à une nouvelle technologie tel que la TOIP qui va remplacer notre téléphonie classique par ce qu'elle présente plusieurs avantages de sorte qu'elle est une bonne solution en matière d'intégration de fiabilité, d'évolution et de coût, mais malgré tout les avantages de téléphonie IP il reste quelque inconvénients, pas proprement dit des inconvénients mais des difficultés tel que la QoS. Mais il est évident que la TOIP va dépassera tous ces difficultés. Bientôt nous téléphonerons tous sur IP, dans les entreprises et même chez nous.