



# Introduction à la Telephony/Voice over Internet Protocol

**T. BEJAOU**

<http://sites.google.com/site/tarekbejaoui>

# ToIP et VoIP, c'est quoi? (1)



- **ToIP** = “*Telephony over Internet Protocol*”  
**VoIP** = “*Voice over Internet Protocol*”
- **VoIP** : la voix est transmise sur un réseau numérique
- **VoIP** est la dernière d'une longue série d'actions pour changer la transmission de la voix d'un réseau totalement analogique à un réseau totalement numérique
- Utilise le réseau de données (réseau intranet de l'entreprise) à base de technologies Ethernet et IP, pour transporter les flux des communications téléphoniques

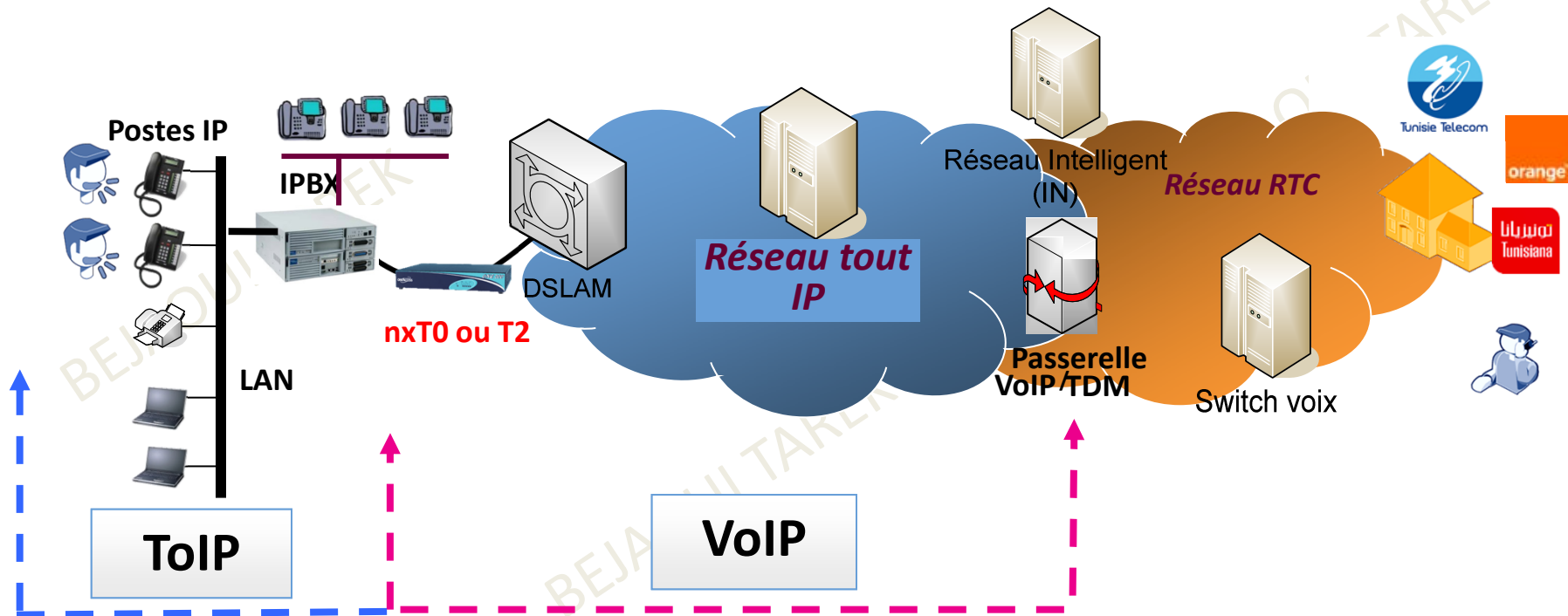
# ToIP & VoIP

## La ToIP = L'IP jusqu'au POSTE TELEPHONIQUE

- Accès à des services avancés
- Intégration simplifiée
- Notion **CLIENT** & **Utilisateurs**

## La VoIP = Le transport de la voix sur un lien IP

- Transforme la voix TDM en sortie du PABX en Paquet IP, et l'achemine jusqu'au réseau RTC
- Notion **OPERATEUR**



# ToIP et VoIP, c'est quoi? (2)



- La VoIP représente seulement la technologie de transport de la voix sur le protocole internet.
- La ToIP représente la VoIP en addition de toutes les applications téléphoniques qu'il peut y avoir



# ToIP et VoIP, c'est quoi? (3)

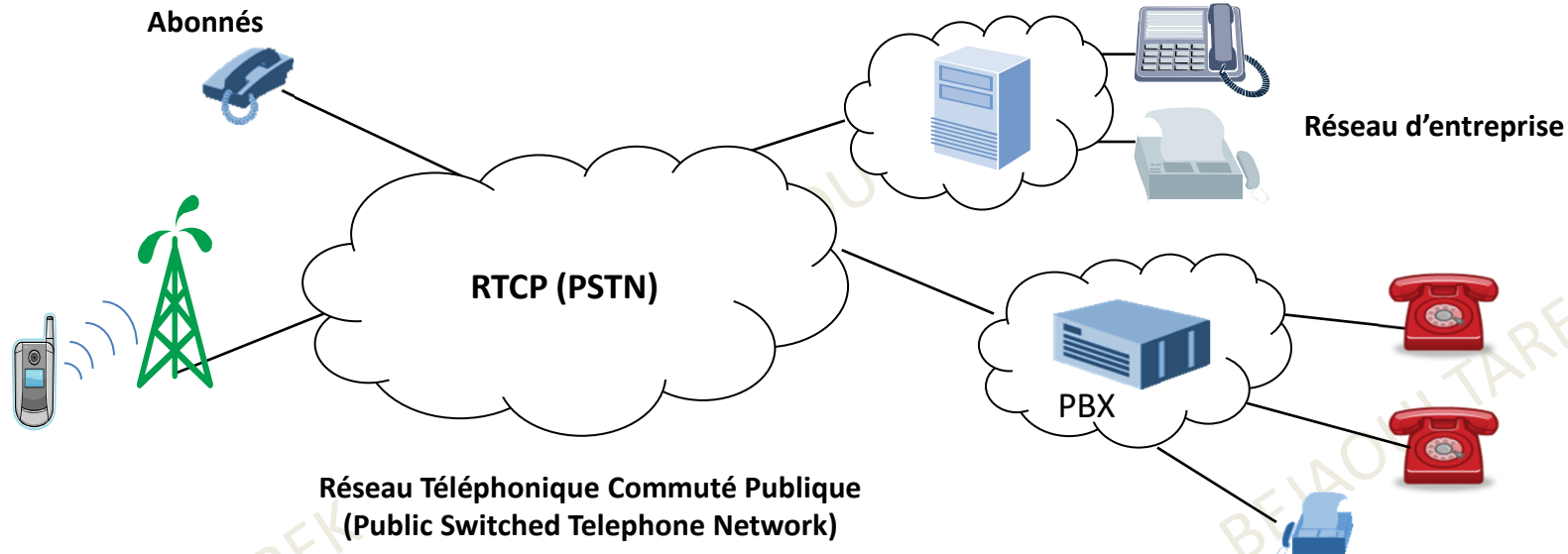


- **Besoin en Qualité** : La voix est une application temps réel
  - Délai < 150 (ITU-G114) - 200 ms OK en réseau d'entreprise
  - Jigue (variation de délai) < 30 ms
  - Packet Loss < 1%
- Basée sur les standards (exple : H.323, G.711, G.729, RTP, UDP, IP, RSVP, SIP)
- Ce qu'on trouve actuellement dans les entreprises 2 réseaux différents: un pour les communications téléphoniques et un pour les données avec tous ces composants

# Rappel sur les RTCP



# Le réseau téléphonique commuté



- Utilise la technologie de commutation de circuit
- Utilise la voix analogique
- Le médium de transport est une paire de cuivre
- Liaison maintenue pendant tout l'échange
- Relativement coûteux
- Nécessite parfois plusieurs hiérarchies de commutateurs
  - Locaux
  - Centraux
  - Internationaux

# PABX : Private Automatic Branch eXchange

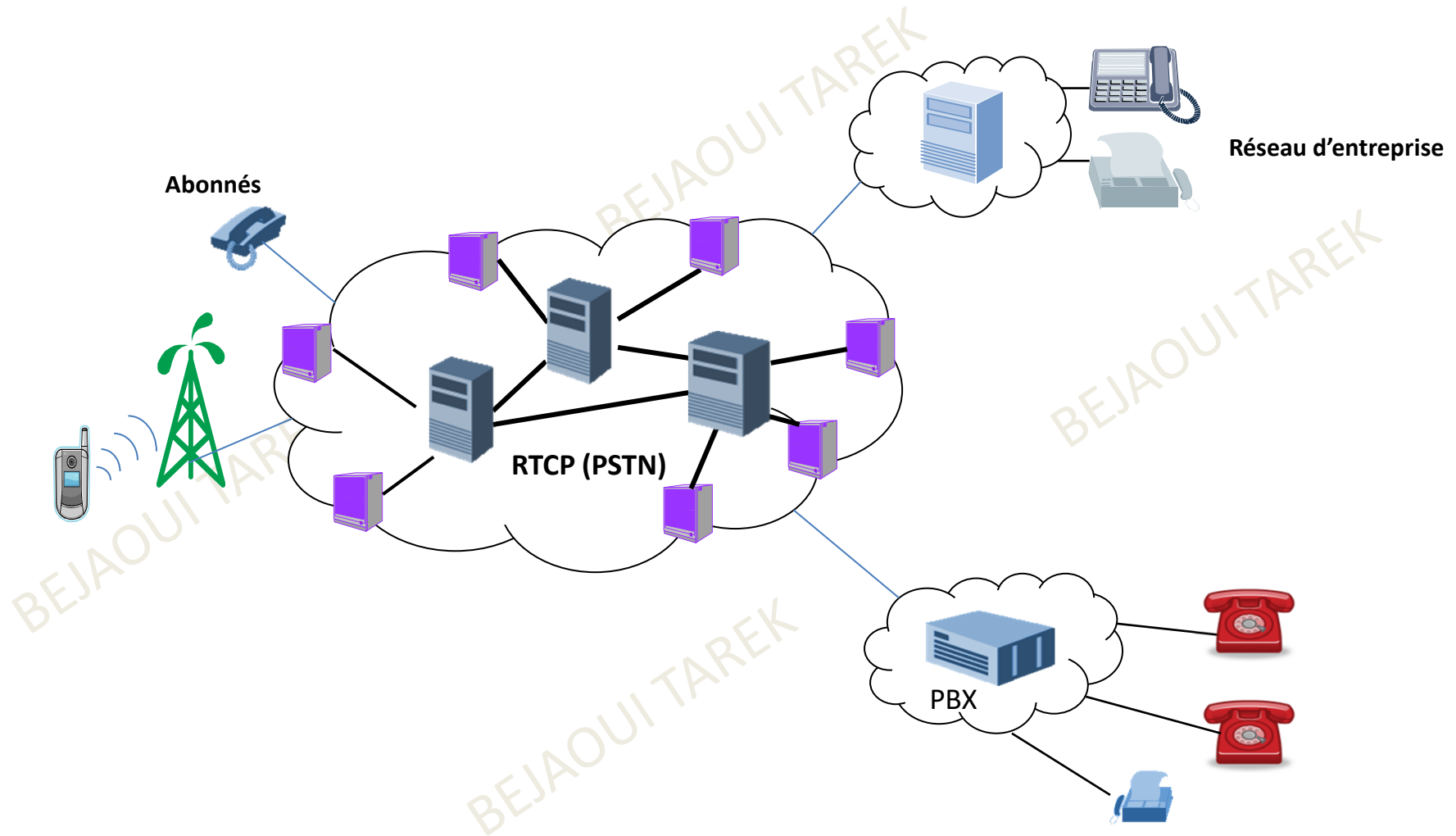


**Autocommutateur téléphonique privé** : relier les postes téléphoniques d'un établissement (lignes internes) avec le réseau téléphonique public (lignes externes).

- Relier plus de lignes internes qu'il n'y a de lignes externes.
- Permettre des appels entre postes internes sans passer par le réseau public.
- Programmer des droits d'accès au réseau public pour chaque poste interne.
- Proposer un ensemble de services téléphoniques (conférences, transferts d'appel, renvois, messagerie, appel par nom...).



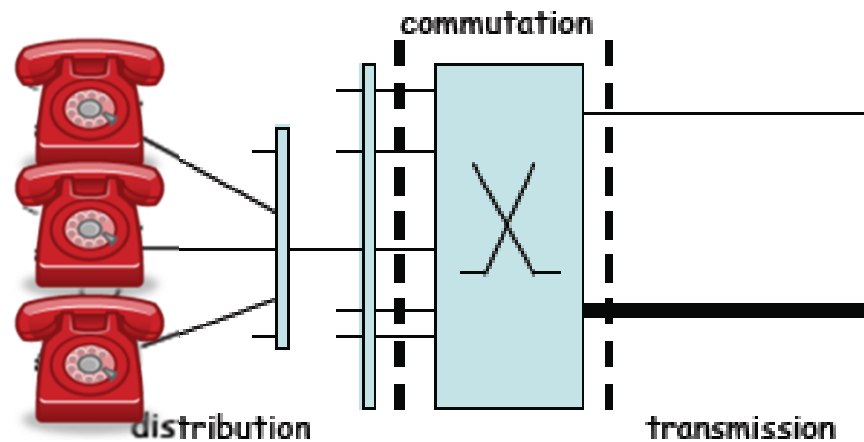
# Qu'est-ce qu'il y a à l'intérieur d'un RTC ?





# Schéma global d'un RTC

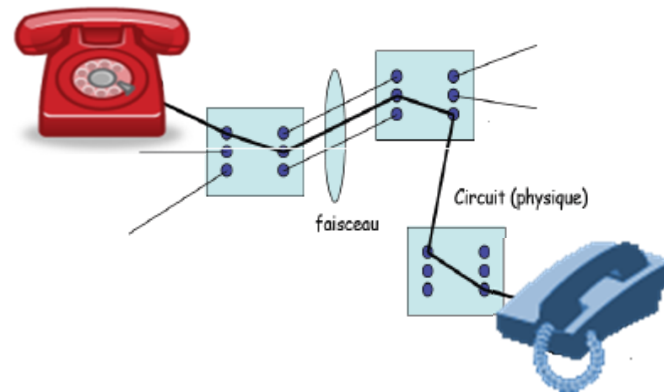
- Le réseau téléphonique commuté met en relation deux postes d'abonnés
- Le protocole pour établir, maintenir et rompre la relation s'appelle la signalisation
- Les 3 étages du réseau



# Schéma global d'un RTC (2)

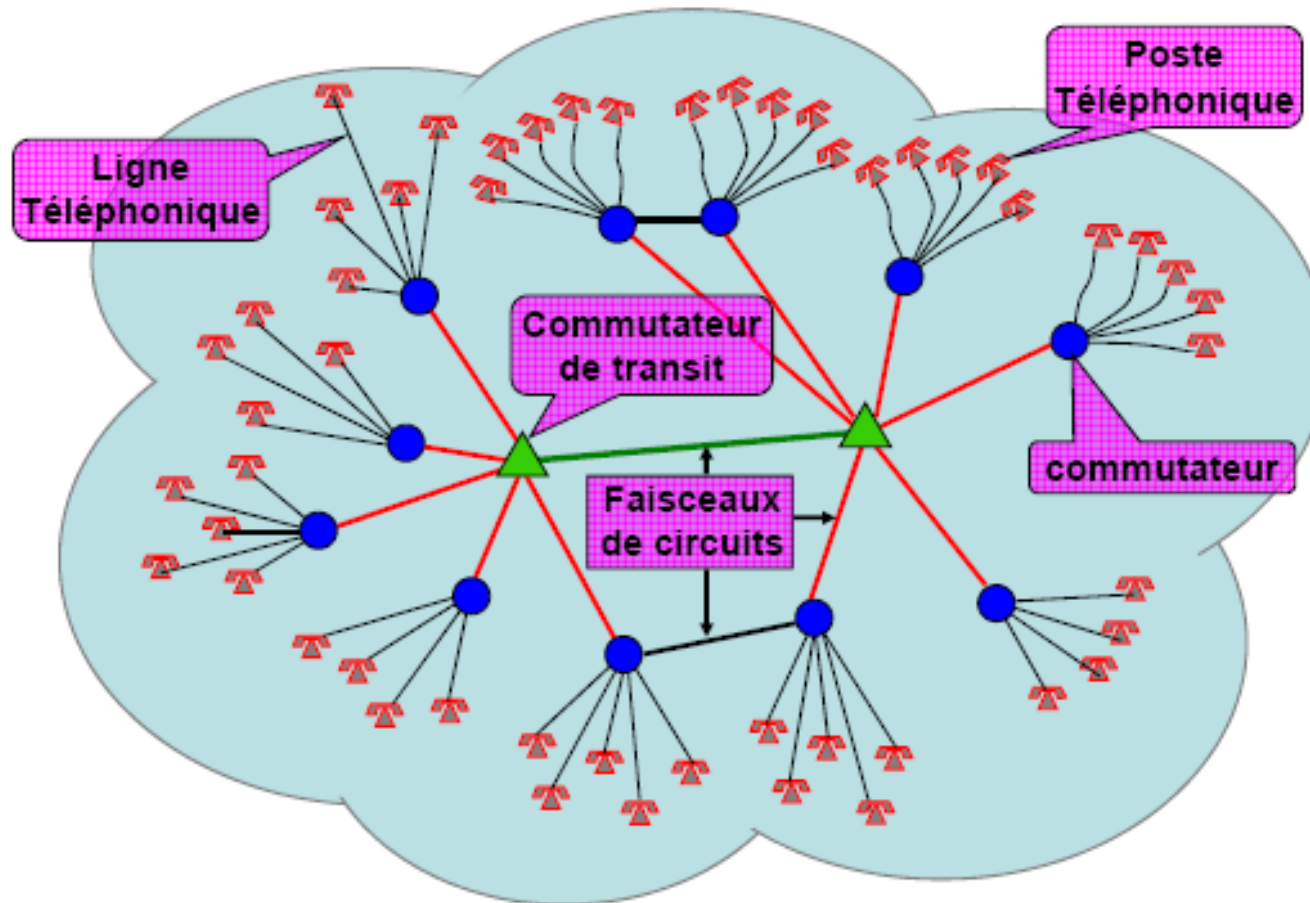


- **Distribution** : le réseau reliant les abonnés au commutateur le plus proche (le commutateur de rattachement)
- **Commutation** : partie centrale du réseau qui mets en relation les abonnés



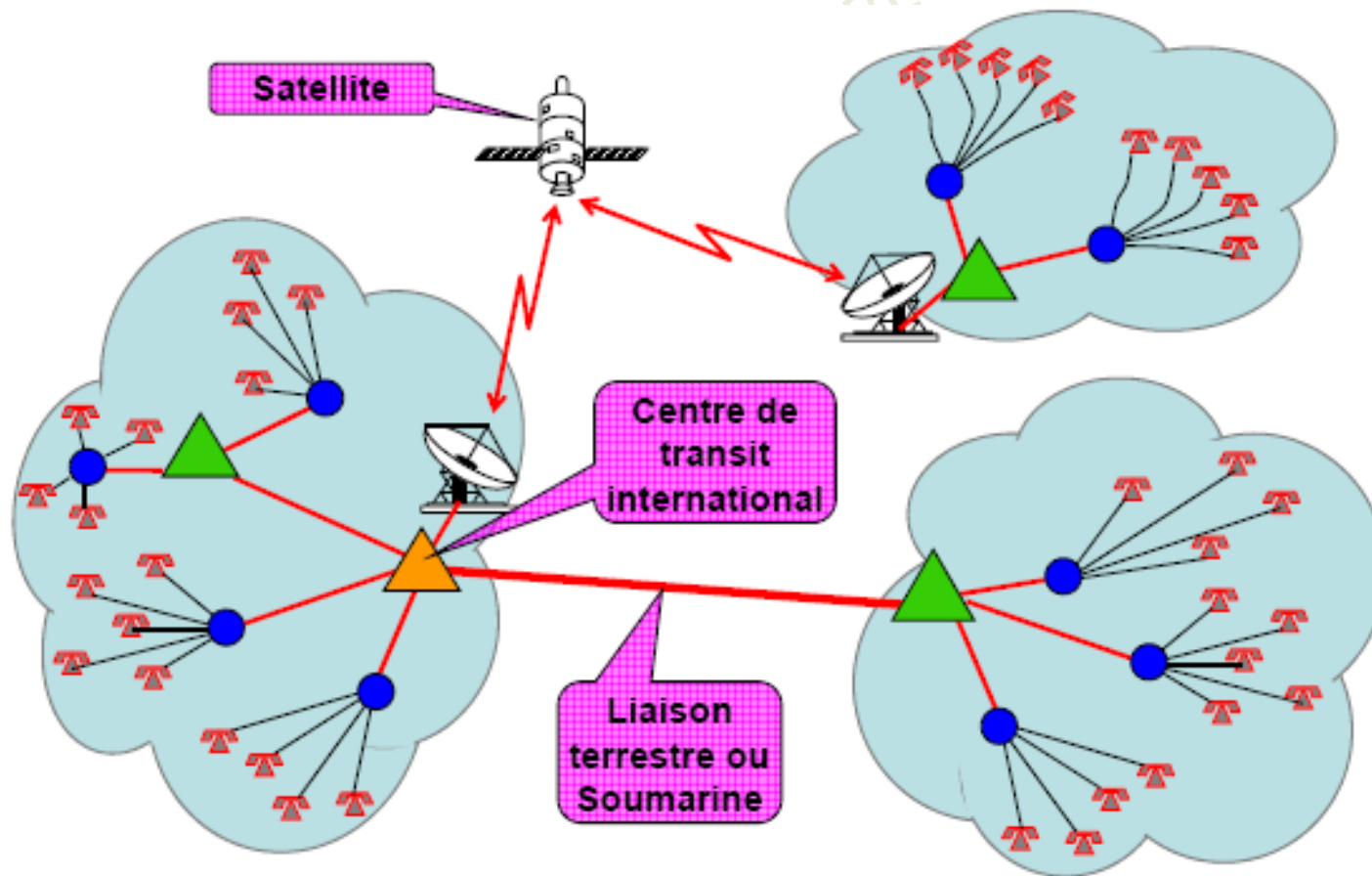
- **Transmission** : la liaison de l'ensemble des commutateurs (réseau de transmission ou réseau de transport)

# Schéma global d'un RTC (3)





# Schéma global d'un RTC (4)

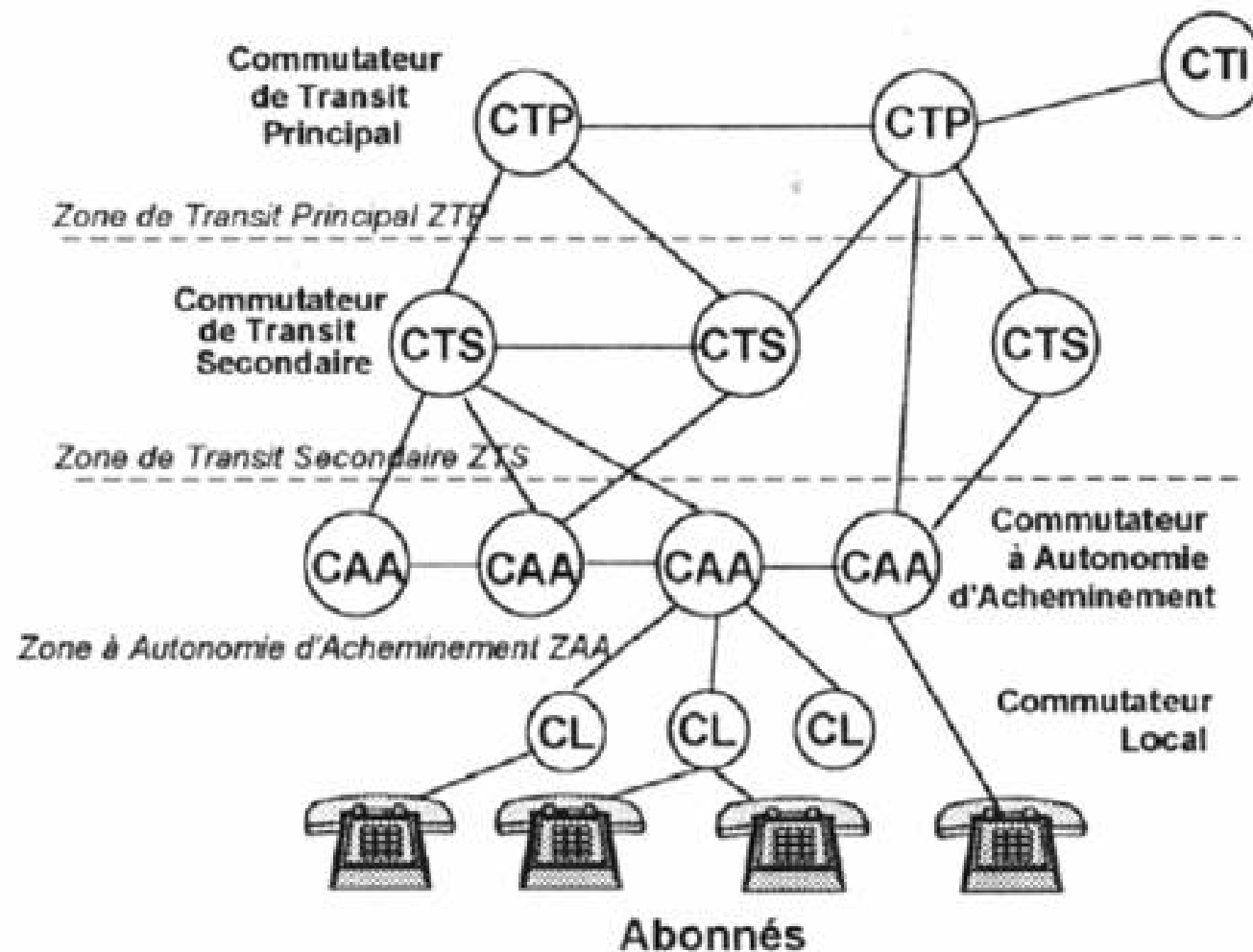


# La hiérarchie du réseau (1)



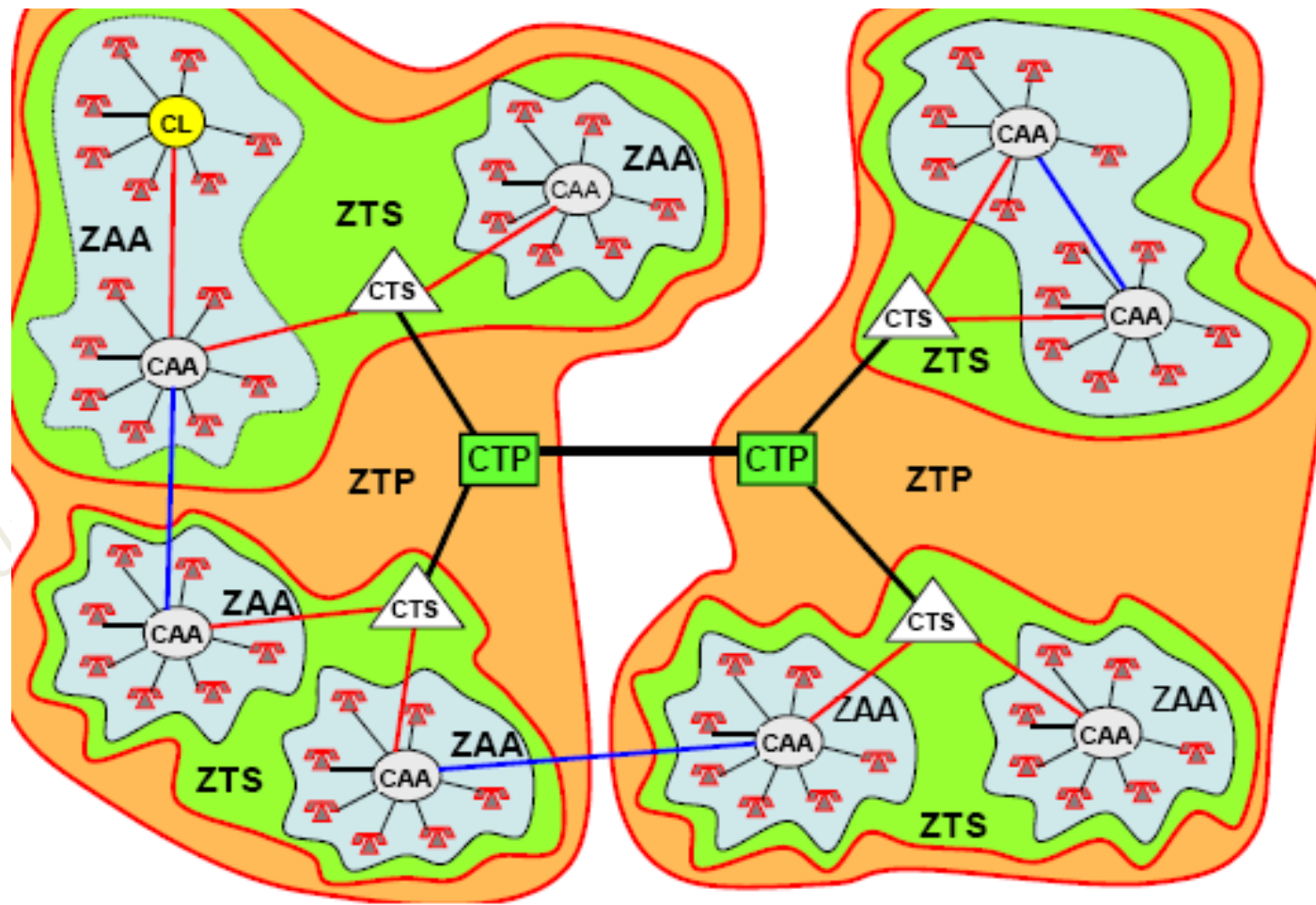
- **Zone à autonomie d'acheminement (ZAA)** : les commutateurs (CAA) accueillent les abonnés et établissent les communications locales. A noter aussi les concentrateurs de trafic dans les zones dispersées : quelques dizaines de milliers d'abonnés.
- **Zone de transit secondaire (ZTS)** : contient les commutateurs "internes" (CTS). Assure le routage si nécessaire ("brassage des circuits").
- **Zone de transit principale (ZTP)** : un CTS est relié à un CTP, lui-même éventuellement à un commutateur de transit international (CTI).

# La hiérarchie du réseau (1)



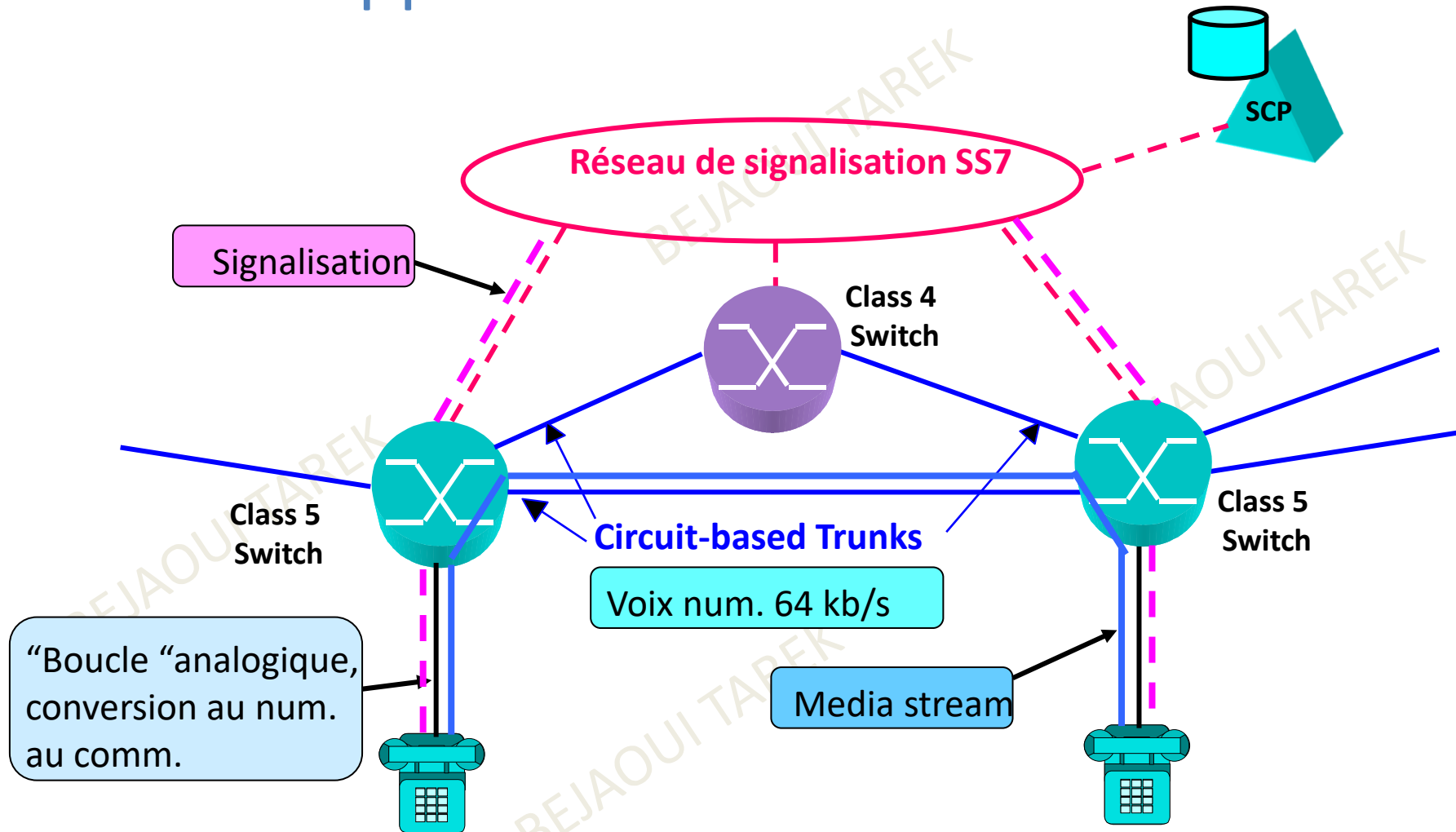


# La hiérarchie du réseau (2)



# Téléphonie à commutation de circuit

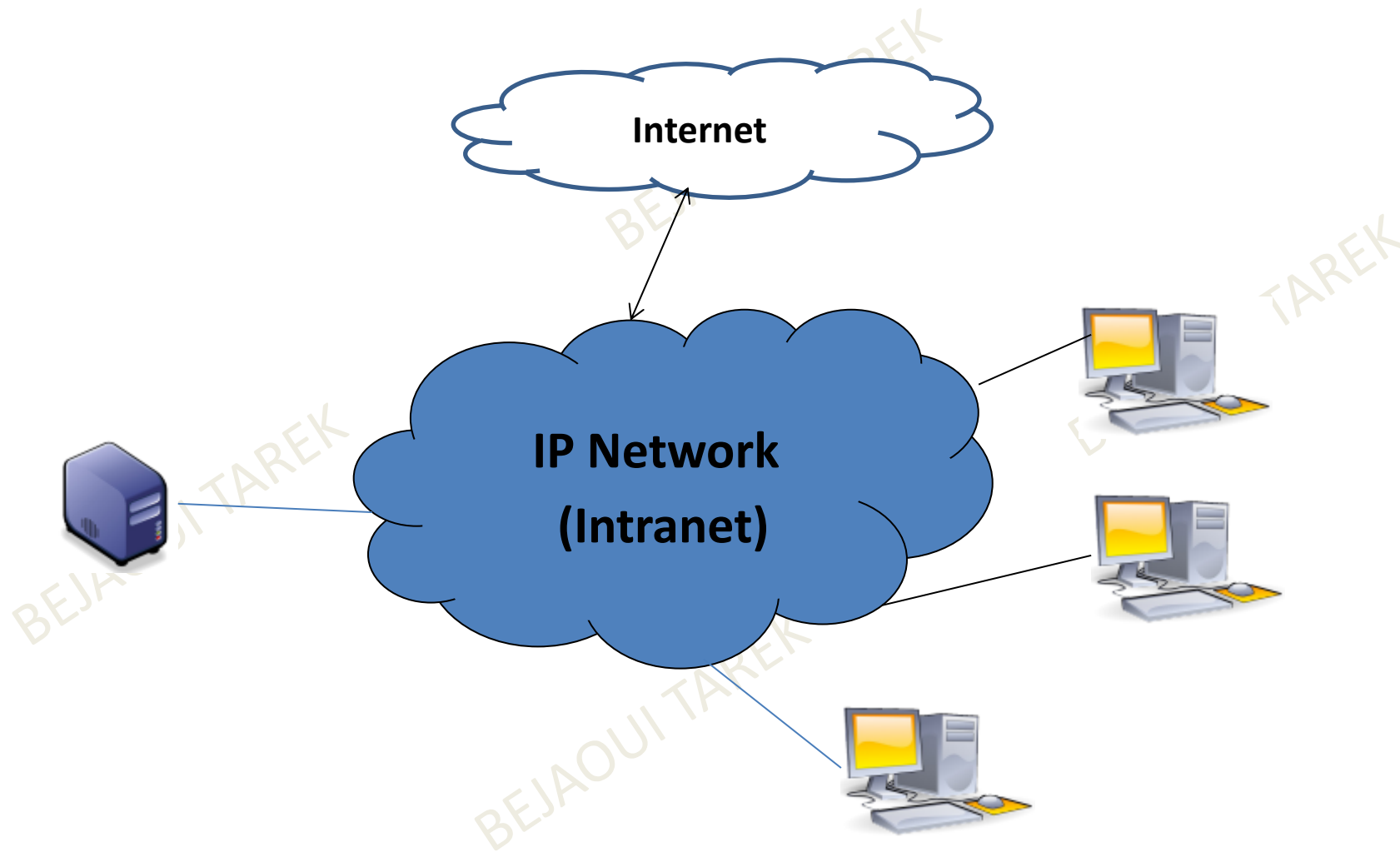
## Approche RTCP traditionnel



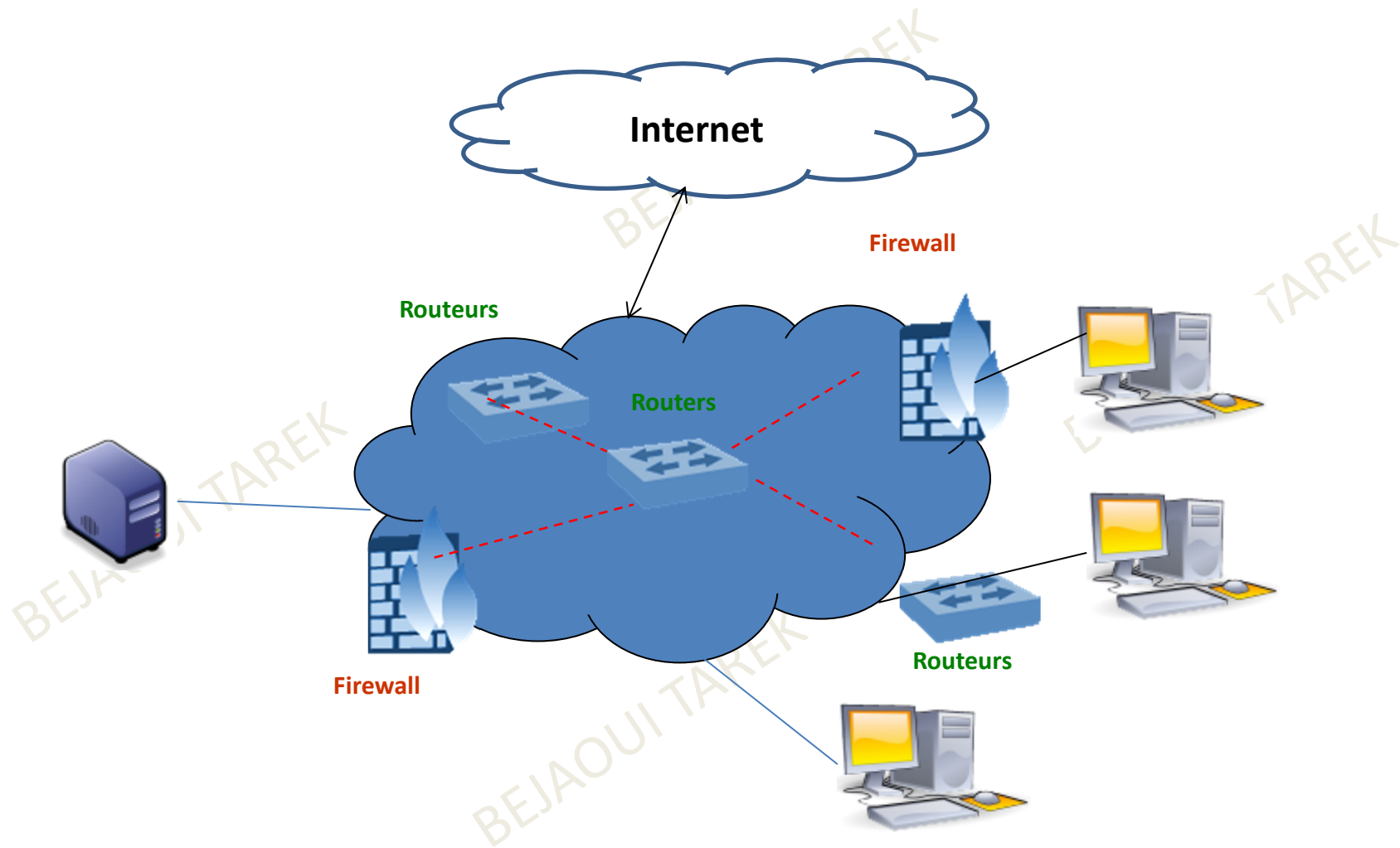
# Les réseaux de données et la VoIP



# Le réseau de données



# Qu'est-ce qu'il y a à l'intérieur d'un Réseau de données ?







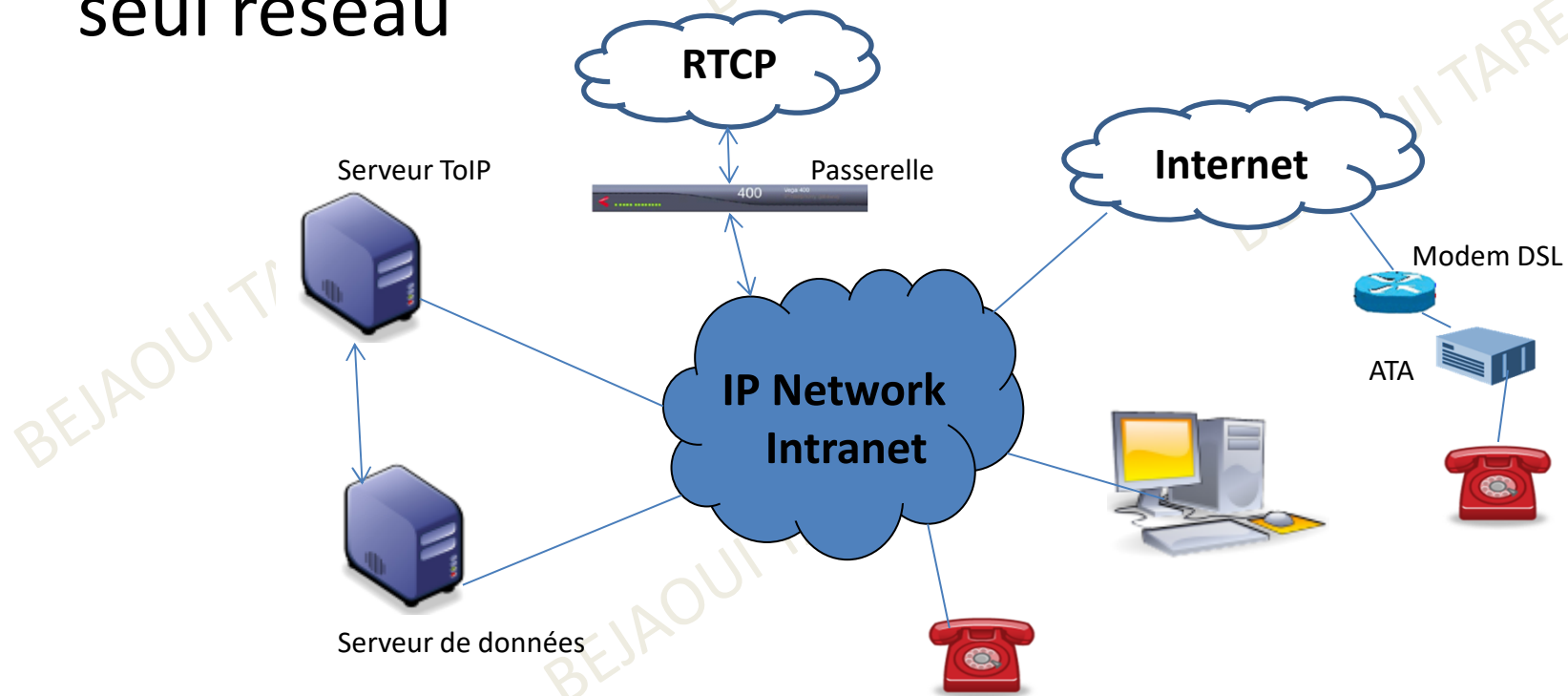
# Principe

**L'objectif de la voix sur IP** est d'appliquer à la voix le même traitement que les autres types de données circulant sur Internet, grâce au protocole IP. Sont donc transportés des paquets de données constituant de la voix numérisée



# Migration

Ne peut se faire qu'à travers une migration vers une nouvelle architecture constituée d'un seul réseau





# La technologie ToIP (1)

Peut se faire de 3 manières

➤ Adaptateur ATA (Adaptateur de Téléphone Analogique)

- C'est le plus simple et le plus populaire
- Utilise le téléphone standard

➤ IP Phone

- Nécessite l'utilisation de téléphone spécialement conçu pour l'usage
- Ainsi que des logiciels spécialisé (SoftPhone)

➤ Ordinateur à Ordinateur

- Plus facile à utiliser
- Nécessite le logiciel, un microphone, des écouteurs.
- Pas de frais associés



# La technologie ToIP (2)

- Nécessite l'Internet haut débit
- Basée sur les réseaux à commutation de paquets
  - La voix analogique est convertie en données numériques
  - Les données numériques sont regroupées en paquets de données
  - Les paquets transitent par des routes différentes pour arriver à la destination
- Utilise un protocole de gestion des appels et de signalisation comme le protocole "Session Initiation Protocol (SIP)"
  - Le protocol établit, modifie, et termine les sessions en se chargeant de l'authentification et de la localisation des divers participants à la session
- Ouvre une brève connexion pour l'envoi des paquets de données
- Utilise rien que l'Internet pour le transport
- Très moins coûteux comparativement au téléphone traditionnel

# Diverses configurations de VoIP

## CAS 1



# La technologie ToIP (3)



- Les défis
  - Délai de transmission de la voix
  - Call setup: établissement d'appel, fin d'appel, etc.
  - Compatibilité avec le RTCP existant (Réseau Téléphonique Commuté Publique)
- Standards de Téléphonie IP :
  - ITU (International Telecommunication Union) contrôle les standards de Téléphonie.
  - IETF (Internet Engineering Task Force) contrôle les standards TCP/IP .

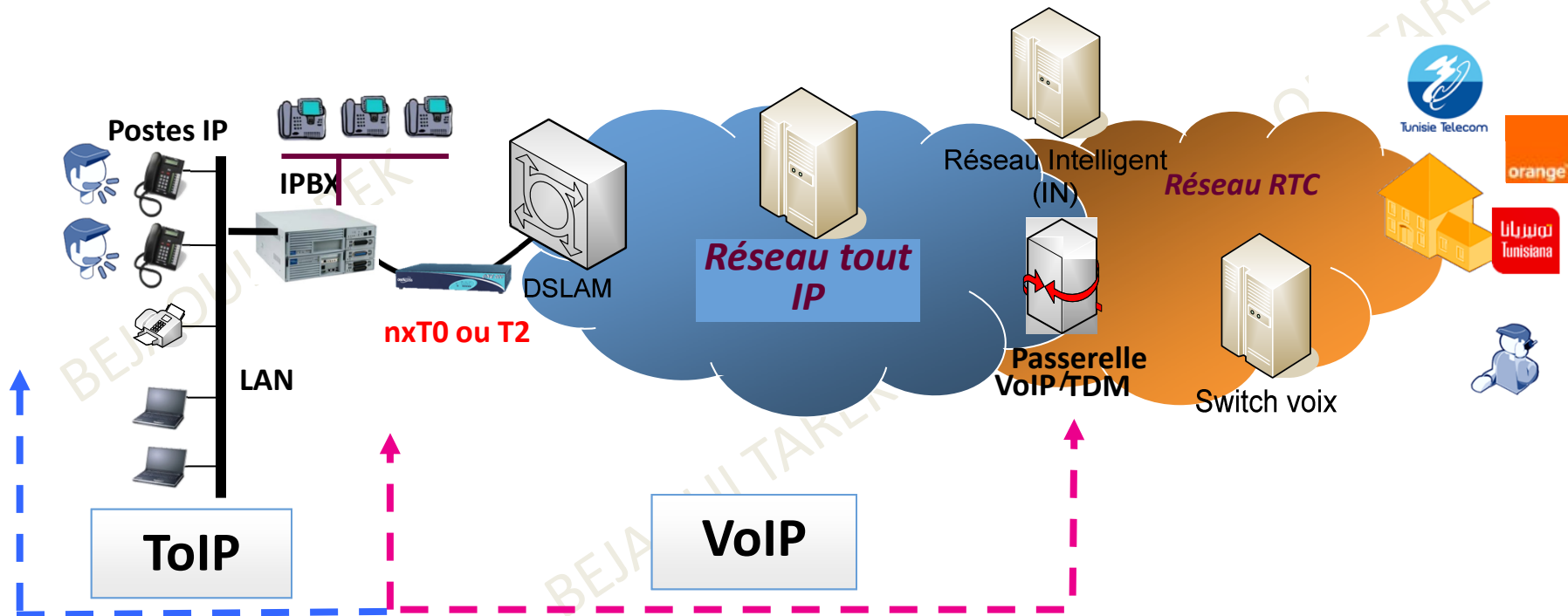
# ToIP & VoIP

## La ToIP = L'IP jusqu'au POSTE TELEPHONIQUE

- Accès à des services avancés
- Intégration simplifiée
- Notion **CLIENT** & **Utilisateurs**

## La VoIP = Le transport de la voix sur un lien IP

- Transforme la voix TDM en sortie du PABX en Paquet IP, et l'achemine jusqu'au réseau RTC
- Notion **OPERATEUR**





# IPBX : c'est quoi ?

- Le PABX IP est l'évolution vers l'IP du PBX traditionnel
- Le PABX IP est un PABX bâti sur un PC faisant tourner un logiciel tel qu'*Asterisk* par exemple, au lieu d'un équipement électronique indépendant et dédié
- **Asterisk** est un logiciel qui transforme un PC sous Linux en standard téléphonique IP (ou gestionnaire téléphonique) et a été développé par la société Digium Inc.
- Ce logiciel est open source et propose toutes les fonctionnalités d'un PABX classique.

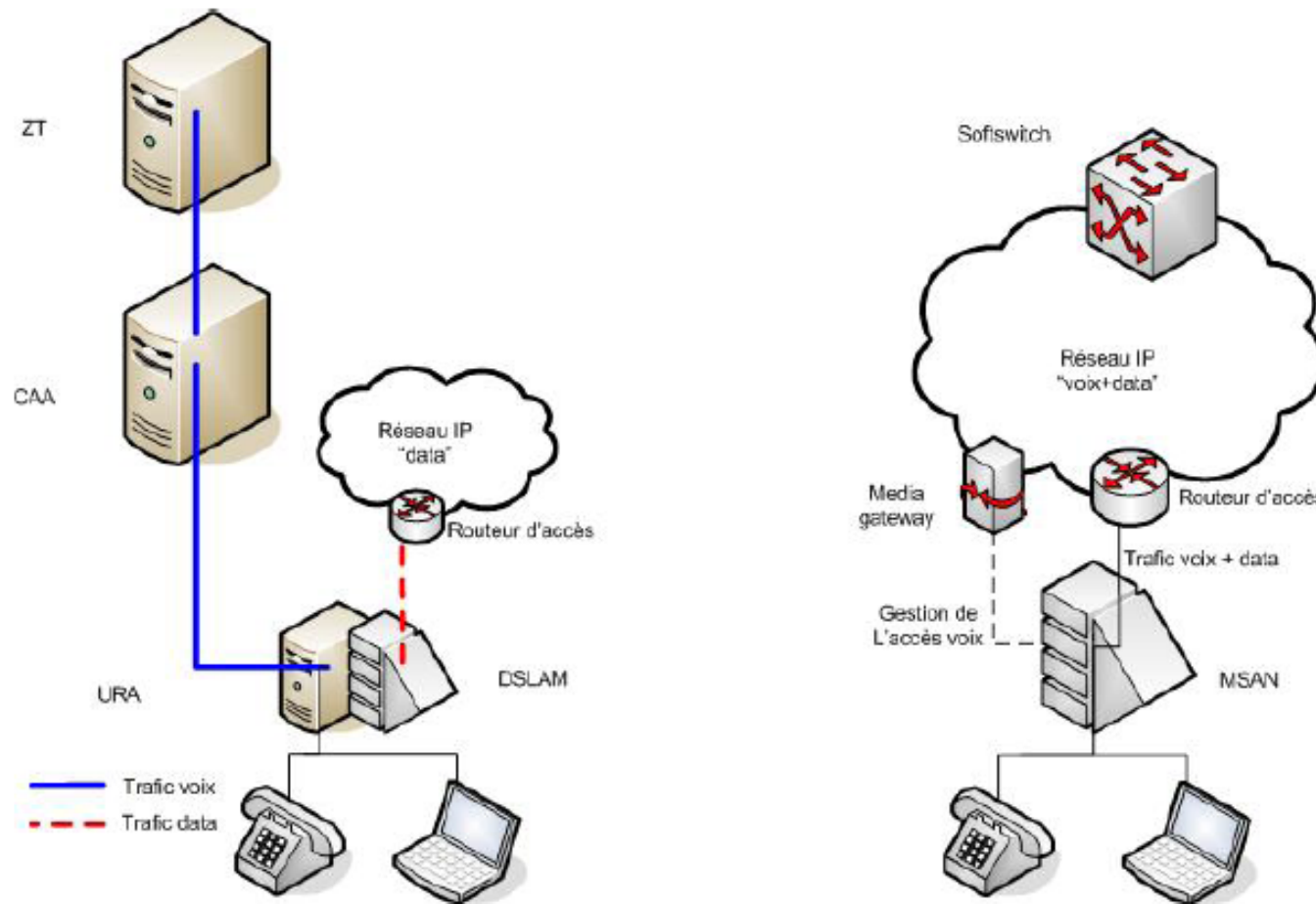




# DSLAM c'est quoi ?

- DSLAM : **digital subscriber line access multiplexer** ou « Multiplexeur d'Accès à la Ligne d'Abonné Numérique » (plus simplement : « Multiplexeur d'accès DSL ») :  
C'est un équipement réseau souvent localisé au sein du commutateur téléphonique de l'opérateur. Il connecte de multiples Lignes d'Abonnés Numériques (**DSL** : VDSL, ADSL 2+, SDSL, ...) à un canal de communication numérique haut débit, utilisant des techniques de multiplexage.
- Géographiquement, le DSLAM se situe à la terminaison de la boucle locale (partie entre la prise téléphonique et le répartiteur).

# Topologies comparées d'un réseau NGN et d'un réseau TDM



Source : Ovum

# Unités de Raccordement d'Abonnés

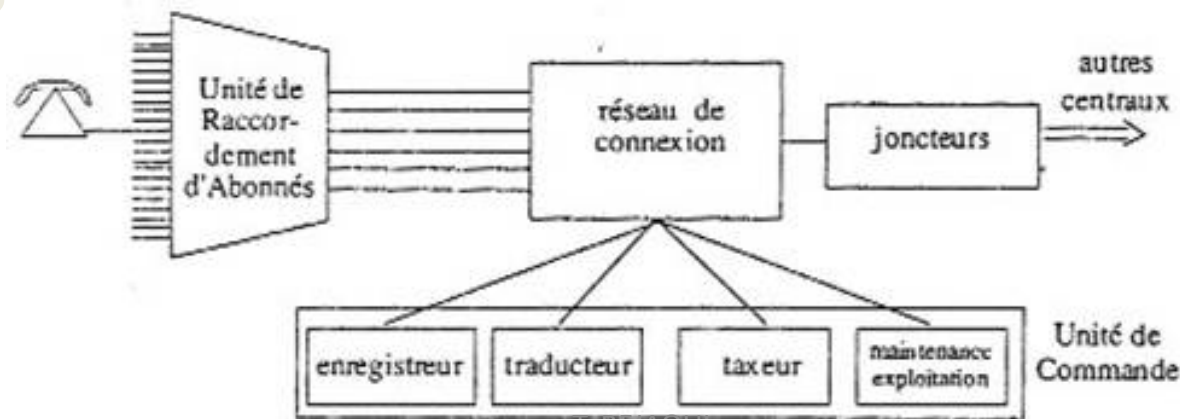


- fournissent l'énergie suffisante à l'alimentation des postes téléphoniques des usagers,
- adaptent la transmission aux caractéristiques électriques nécessaires,
- détectent le décroché et le raccroché d'un poste.

Sur ordre de l'organe de commande, elles génèrent une sonnerie vers un poste et exécutent des tests des lignes d'abonnés.

De la même façon un ensemble de joncteurs permet une transmission adaptée vers les autres commutateurs.

- L'unité de raccordement d'abonnés a également une fonction de concentration
- la probabilité que l'ensemble des abonnés d'une même URA communiquent simultanément étant faible, le nombre de liaisons entre l'URA et le réseau de connexion est inférieur au nombre d'abonnés raccordés à l'URA
- Les commutateurs locaux sont constitués d'Unités de Raccordement d'Abonnés Déportées (URAD) qui concentrent le trafic provenant de zones à faibles densités.



# Eléments de réseaux NGN (1)



Un réseau NGN utilise un ensemble d'équipements qui jouent le même rôle qu'un commutateur traditionnel, mais qui sont désormais séparés en composants distincts, exemple :

- Softswitch
- Media Gateway
- MSAN

# Eléments de réseaux NGN (2)



- **MSAN : Multi-service access Node (MSAN), ou Multi-service access gateway (MSAG)**, est un équipement typiquement installé dans un commutateur téléphonique permettant de connecter des lignes téléphoniques d'abonnés au réseau coeur, pour fournir un service de téléphonie, RNIS, et la large bande comme le DSL, tous à partir d'une seule plateforme.
- Avant le déploiement des MSANs, les fournisseurs de service télécom ont une multitude d'équipements séparés incluant les DSLAM pour fournir les différents types de services aux utilisateurs.
- Intégrant tous les services dans un seul noeud, transmet typiquement tous les flux de données en IP. MPLS par exemple, peut être moins coûteux et peut fournir de nouveaux services aux utilisateurs à une vitesse plus importante que celle obtenue auparavant.

# Eléments de réseaux NGN (3)



- Le « softswitch » est la solution qui gère dans un réseau NGN l'intelligence du service de commutation (gestion de tables d'appels, gestion des plans de numérotation).
- Ce softswitch n'est plus associé à un point physique du réseau, et ne gère plus les liens physiques du réseau, comme c'était le cas dans un réseau TDM.
- Le « media gateway » : assure la gestion (disponibilité, détection de fautes) de la couche physique du réseau. Cette couche physique peut être le réseau de transmission, ou le réseau d'accès. Dans le cas où il s'agit du réseau d'accès, la fonction de media gateway peut être embarquée dans l'équipement d'accès lui-même, comme c'est le cas pour un MSAN.

# La ToIP : les avantages



## ➤ L'opérateur

- Contrôle permanent de la qualité
- la téléphonie sur IP utilise jusqu'à dix fois moins de bande passante que la téléphonie traditionnelle

## ➤ Téléphonie résidentielle

- Baisse de coûts
- Appel international gratuit ou à très moindre coûts
- Disponibilité de nouveaux services à moindre coûts



## ➤ Pour l'entreprise

- Baisse des coûts
- Plus besoin d'avoir 2 réseaux (voix, données et vidéo)
- Diminution de la masse de matériel
- Accroissement de la productivité
- Simplification et autogestion du réseau
- Solutions téléphoniques installées directement sur PC
  - L'identité de l'utilisateur est associée avec le MAC adresse (Media Access Control)
  - Conservation permanente d'un numéro
- Téléphoner et transférer des appels de n'importe où dans le monde
- Appels en conférence faciles



# La ToIP : les inconvénients



- Sont limités
- Qualité du service
  - Écho
  - Retard dans la transmission
  - Les paquets pouvant arriver en désordre
- Coupure de courant
- Problèmes avec l'Internet
- Les problèmes liés au appels d'urgence (exple : 112)
  - Avec la téléphonie traditionnelle, il est possible de connaître l'origine d'un appel alors que avec le VoIP il est difficile de savoir d'où vient l'appel, la personne pouvant être n'importe ou dans le monde





# RAPPEL SUR LA TRANSMISSION ET LA NUMÉRISATION



# Types de transmissions

- ◆ Transmission analogique :
    - signal analogique (radio, téléphone...)
    - signal numérique (ordinateur)
  
  - ◆ Transmission numérique :
    - signal numérique (Bande de Base)
    - signal analogique (MIC<sup>‡</sup>)
      - nécessite la numérisation du signal
- <sup>‡</sup> *MIC : Modulation par Impulsion et Codage (Pulse Coding Modulation)*

# La transmission analogique

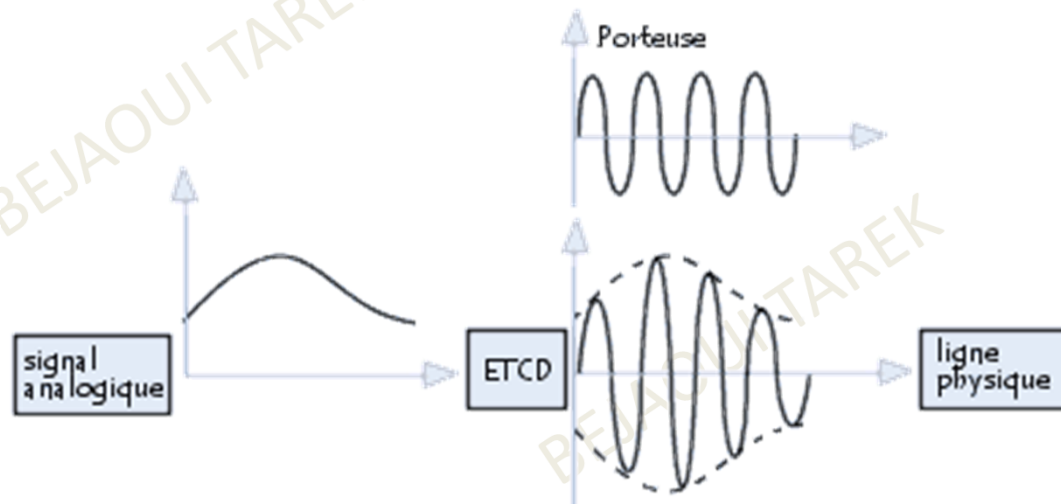


- La transmission analogique de données consiste à faire circuler des informations sur un support physique de transmission sous la forme d'une onde.
- La transmission des données se fait par l'intermédiaire d'une *onde porteuse*, une onde simple dont le seul but est de transporter les données par modification de l'une de ces caractéristiques (amplitude, fréquence ou phase),
- C'est la raison pour laquelle la transmission analogique est généralement appelée **transmission par modulation d'onde porteuse**.
- Selon le paramètre de l'onde porteuse que l'on fait varier, on distinguera trois types de transmissions analogiques:
  - La transmission par modulation d'amplitude de la porteuse
  - La transmission par modulation de fréquence de la porteuse
  - La transmission par modulation de phase de la porteuse

# La transmission analogique de données analogiques (1)



- Ce type de transmission désigne un schéma dans lequel les données à transmettre sont directement sous forme analogique.
- Ainsi, pour transmettre ce signal, l'ETCD (Equipement Terminal de Circuit de Données) doit effectuer une convolution continue du signal à transmettre et de l'onde porteuse, c'est-à-dire que l'onde qu'il va transmettre va être une association de l'onde porteuse et du signal à transmettre.
- Dans le cas d'une transmission par modulation d'amplitude par exemple la transmission se fait de la manière suivante :



La porteuse n'a d'autre rôle que de transporter les signaux dans la BP du support.

Elle ne véhicule en elle-même aucune information, seule sa modulation a une signification



# Transmissions analogiques (2)

## Utilisation des différentes modulations

### ◆ Modulations d'amplitude :

radiodiffusion mono et stéréophonique  
téléphonie

### ◆ Modulation de fréquence :

radiodiffusion stéréophonique, télédiffusion  
téléphonie

### ◆ Modulation de phase :

transport des signaux numériques sur les circuits téléphoniques  
faisceaux hertziens (2GHz / 370 MHz)  
liaisons satellites

# La transmission analogique de données numériques



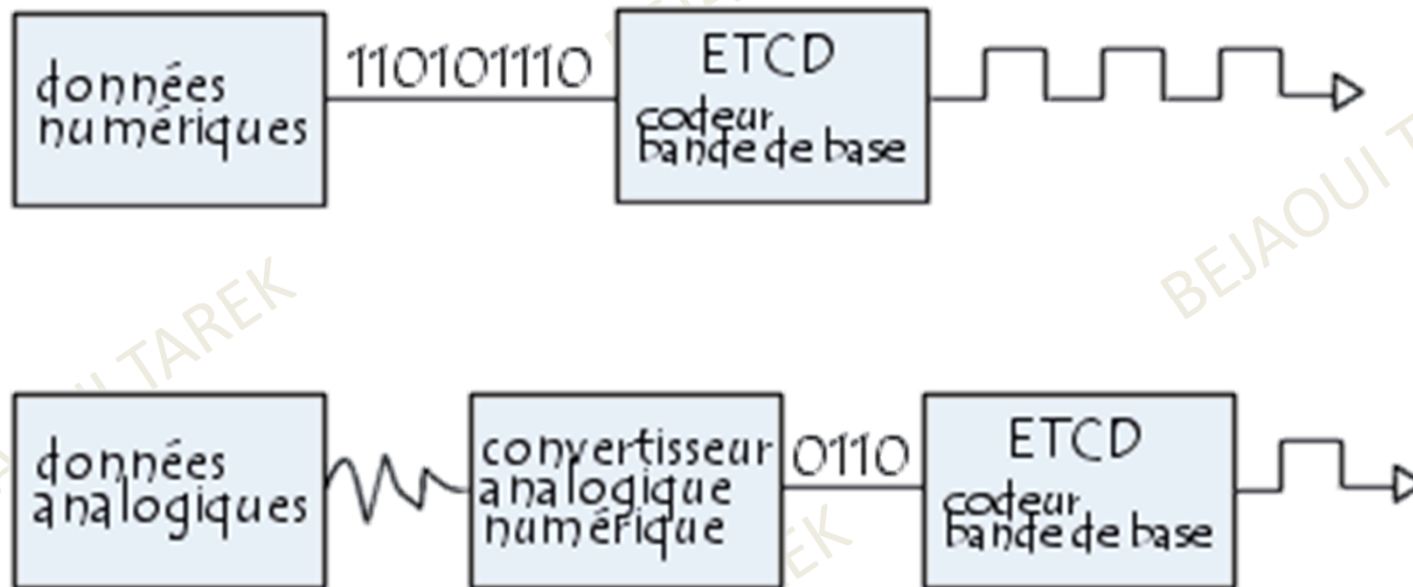
- Lorsque les données numériques ont fait leur apparition, les systèmes de transmission étaient encore analogiques, il a donc fallu trouver un moyen de transmettre des données numériques de façon analogique.
- La solution à ce problème était le **modem**. Son rôle est:
  - **A l'émission**: de convertir des données numériques (un ensemble de 0 et de 1) en signaux analogiques (la variation continue d'un phénomène physique). On appelle ce procédé la *modulation*.
  - **A la réception**: de convertir le signal analogique en données numériques. Ce procédé est appelé *démodulation*.
- C'est pour cela que modem est en réalité l'acronyme de *MO*dulateur/*DE*Modulateur...

# La transmission numérique (1)



- La transmission numérique consiste à faire transiter les informations sur le support physique de communication sous forme de signaux numériques. Ainsi, des données analogiques devront préalablement être numérisées avant d'être transmises.
- Les informations numériques ne peuvent pas circuler sous forme de 0 et de 1 directement, il s'agit donc de les coder sous forme d'un signal possédant deux états, par exemple :
  - deux niveaux de tension par rapport à la masse
  - la différence de tension entre deux fils
  - la présence/absence de courant dans un fil
  - la présence/absence de lumière
  - ...
- Cette transformation de l'information binaire sous forme d'un signal à deux états est réalisée par l'[ETCD](#), appelé aussi *codeur bande de base*, d'où l'appellation de *transmission en bande de base* pour désigner la transmission numérique...

# La transmission numérique (2)





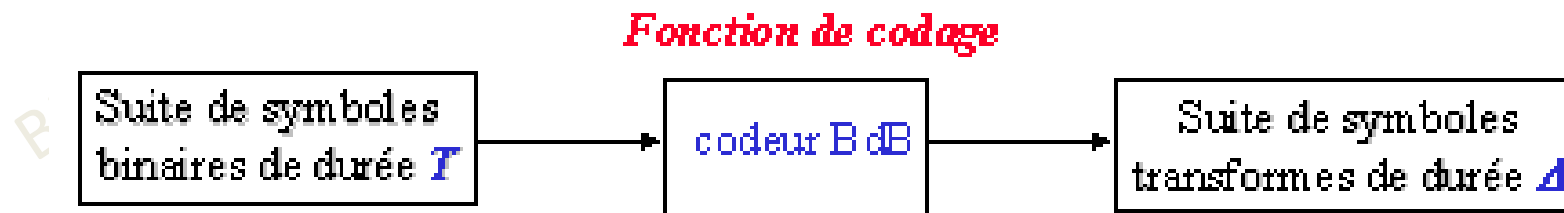


# Transmissions numériques

## Bande de Base

- ◆ Un signal en bande de base (B dB) ne subit pas de transposition en fréquence, l'ETCD est un simple codeur (codeur B dB)
- ◆ utilisable seulement sur les supports n'introduisant pas de décalage en fréquence
- ◆ le signal occupe toute la bande passante disponible
- ◆ avantages : simplicité et faible coût

(pas de phase de modulation / démodulation)



La suite des symboles transformés appartient à un alphabet fini

$$\Delta = n \times T, \quad (n \in \mathbb{N}, n \geq 0)$$



# Transmission synchrone et Asynchrone

- Etant donné les problèmes que pose la liaison de type parallèle, c'est la liaison série qui est la plus utilisée.
- Toutefois, puisqu'un seul fil transporte l'information, il existe un problème de synchronisation entre l'émetteur et le récepteur, c'est-à-dire que le récepteur ne peut pas a priori distinguer les caractères (ou même de manière plus générale les séquences de bits) car les bits sont envoyés successivement.
- Il existe donc deux types de transmission permettant de remédier à ce problème :



# La liaison Synchrone (1)

- Dans laquelle émetteur et récepteur sont cadencés à la même horloge. Le récepteur reçoit de façon continue (même lorsque aucun bit n'est transmis) les informations au rythme où l'émetteur les envoie → C'est pourquoi il est nécessaire qu'émetteur et récepteur soient cadencés à la même vitesse. De plus, des informations supplémentaires sont insérées afin de garantir l'absence d'erreurs lors de la transmission.
- Lors d'une transmission synchrone, les bits sont envoyés de façon successive sans séparation entre chaque caractère → nécessité d'insérer des éléments de synchronisation, on parle alors de **synchronisation au niveau caractère**.
- Le principal inconvénient de la transmission synchrone est la reconnaissance des informations au niveau du récepteur, car il peut exister des différences entre les horloges de l'émetteur et du récepteur. C'est pourquoi chaque envoi de données doit se faire sur une période assez longue pour que le récepteur la distingue. Ainsi, la vitesse de transmission ne peut pas être très élevée dans une liaison synchrone.



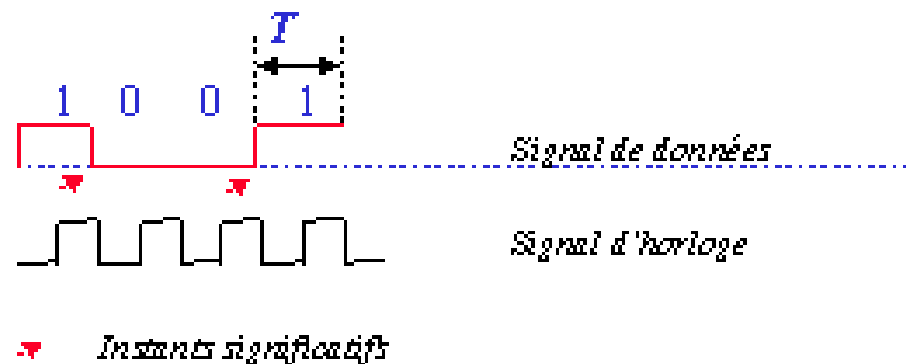
# La liaison Synchrone (2)

• Ainsi :

Une suite de données est synchrone quand le temps qui sépare les différents instants significatifs est un entier multiple du même intervalle de temps  $T$

(les caractères se suivent sans séparation)

Un signal de base de temps (ou d'horloge) est toujours associé aux données



# La liaison Asynchrone (1)



- Dans laquelle chaque caractère est émis de façon irrégulière dans le temps (par exemple un utilisateur envoyant en temps réel des caractères saisis au clavier).
- Ainsi, imaginons qu'un seul bit soit transmis pendant une longue période de silence... le récepteur ne pourrait savoir s'il s'agit de 00010000, ou 10000000 ou encore 00000100...
- Afin de remédier à ce problème, chaque caractère est précédé d'une information indiquant le début de la transmission du caractère (l'information de début d'émission est appelée *bit START*) et terminé par l'envoi d'une information de fin de transmission (appelée *bit STOP*, il peut éventuellement y avoir plusieurs bits STOP).



# La liaison Asynchrone (2)

Ainsi, dans une transmission asynchrone:

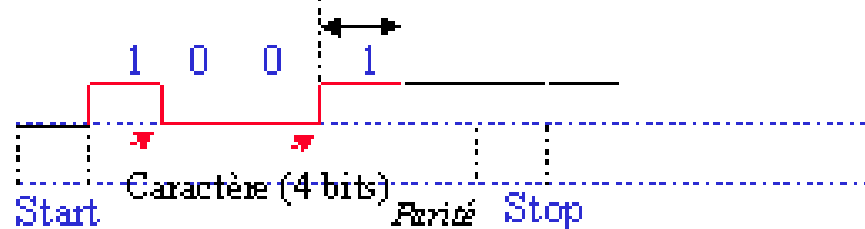
Une suite de données à instants aléatoires est plutôt transmise caractère par caractère

=> succession de trains de symboles binaires séparés par des intervalles quelconques

La transmission asynchrone des données nécessite l'adjonction à chaque caractère transmis d'éléments de repérage : **Start** et **Stop** bits

La durée du **Start bit** = durée de 1 bit du caractère (déclenchement de l'horloge locale)

La durée du **Stop bit** = 1, 1.5 ou 2 bits du caractère (arrêt de l'horloge)

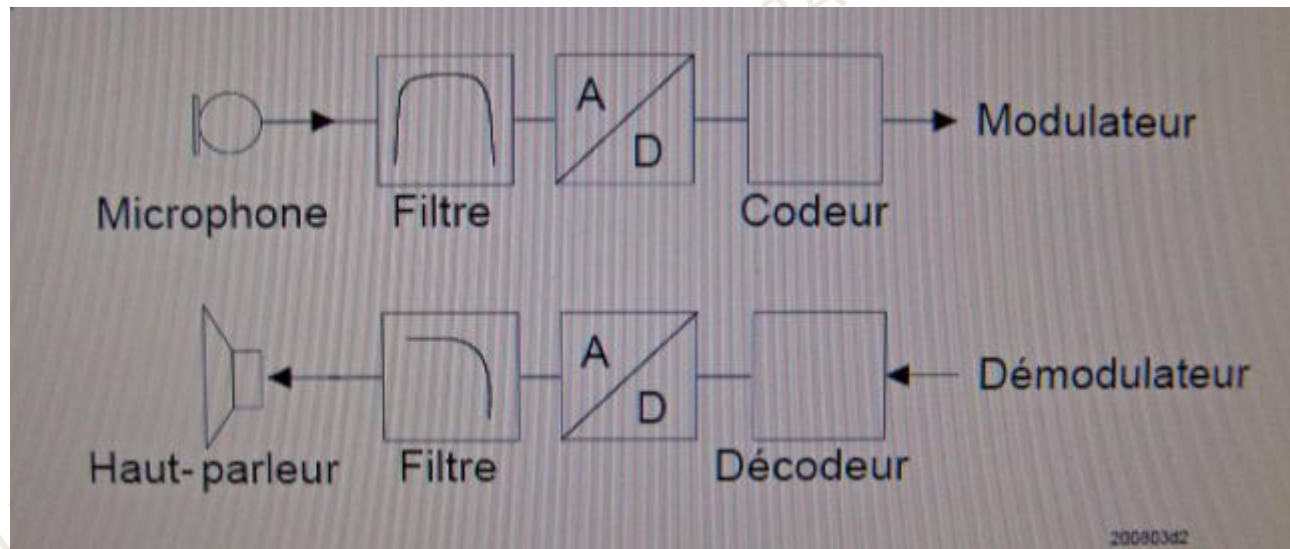




# Modes d'échange

- ◆ Simplex
  - 1 seul sens d'émission dans le canal de transmission*
- ◆ Duplex à l'alternat (semi duplex)
  - Un émetteur à chaque extrémité, émission à tour de rôle dans le même canal de transmission*
- ◆ Duplex
  - Un émetteur à chaque extrémité, émission simultanée*
- ◆ Transmissions parallèles
  - Bus des ordinateurs (E)ISA, PCMCIA, VME ...*
- ◆ Transmissions série
- ◆ Transmissions Point à Point
- ◆ Transmissions Multipoint

# Numérisation de la voix



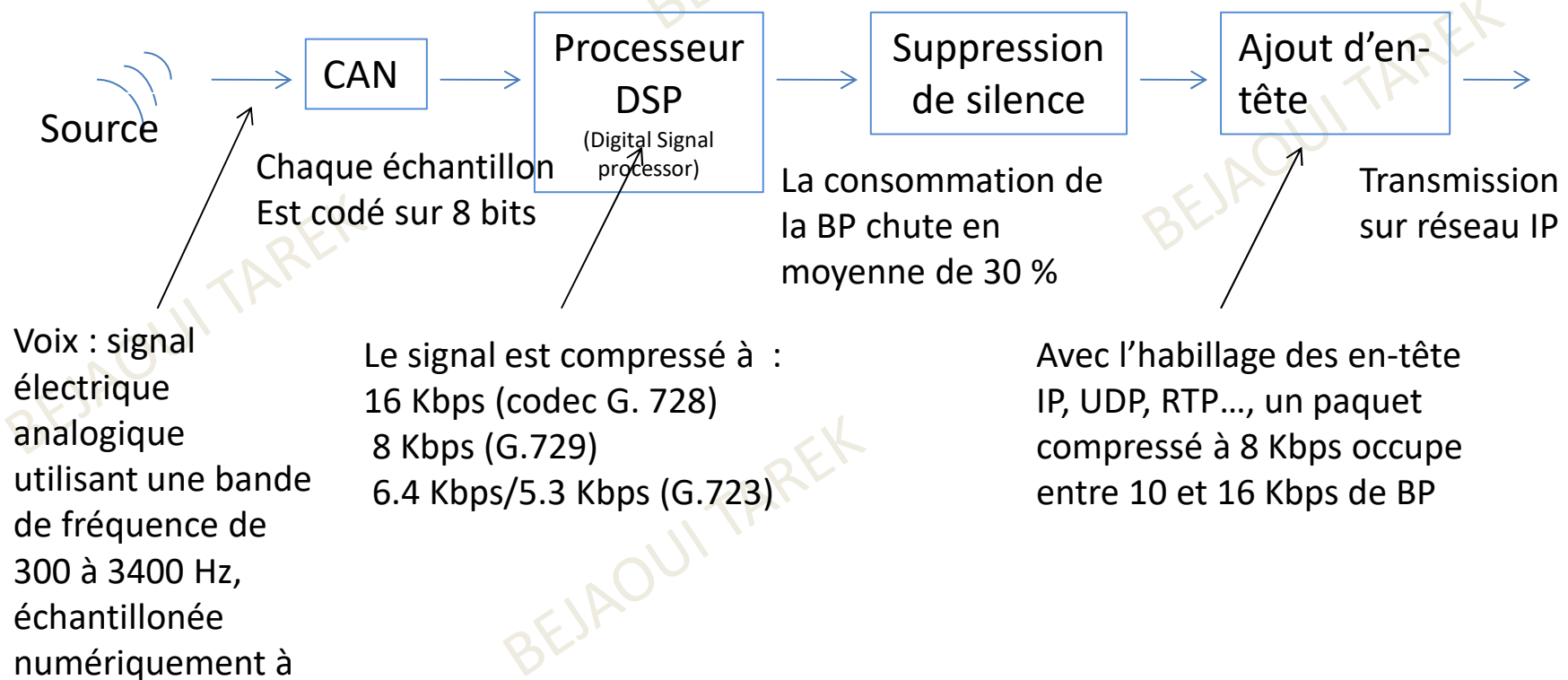
Le signal délivré par le microphone d'un téléphone mobile est un signal analogique qui est converti en un signal numérique constitué d'un « train » d'impulsions valant 0 ou 1. De même, le signal analogique fourni aux bornes de l'écouteur a été transmis sous forme numérique et a été retransformé en signal analogique par un convertisseur numérique–analogique.



# Synoptique du traitement de la voix analogique



- La téléphonie sur IP est une transmission de la voix en mode paquet au format TCP/UDP



# Numérisation : exemple de la modulation par impulsions et codage (MIC, PCM)

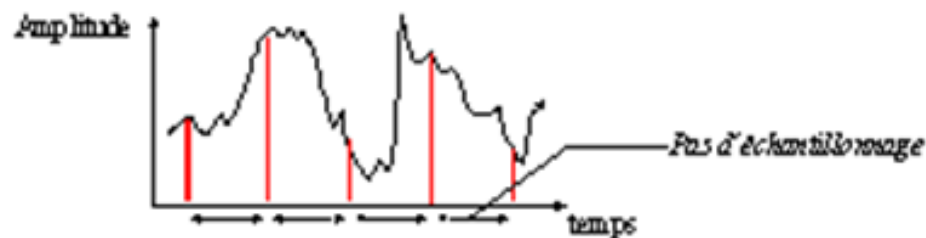


- C'est une modulation numérique.
- Par opposition aux modulations analogiques, où l'on essaie de transmettre une image aussi fidèle que possible, les modulations numériques commencent par générer une approximation du signal à transmettre
- La transmission se fait ensuite sous la forme de caractères discrets (nbres entiers) et une série de nombres entiers sans réalité physique. Cette conversion nécessite 3 opérations : un ***échantillonnage***, une ***quantification*** et un ***codage***



# L'échantillonnage

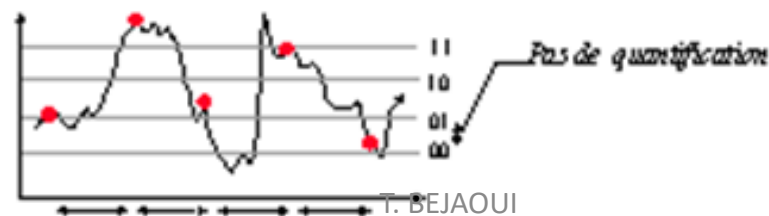
Seule la valeur du signal à certains instants nous intéresse, en vertu du théorème d'échantillonnage qui dit qu'un signal peut être entièrement reconstitué à l'aide d'un nombre d'échantillons choisis de manière adéquate





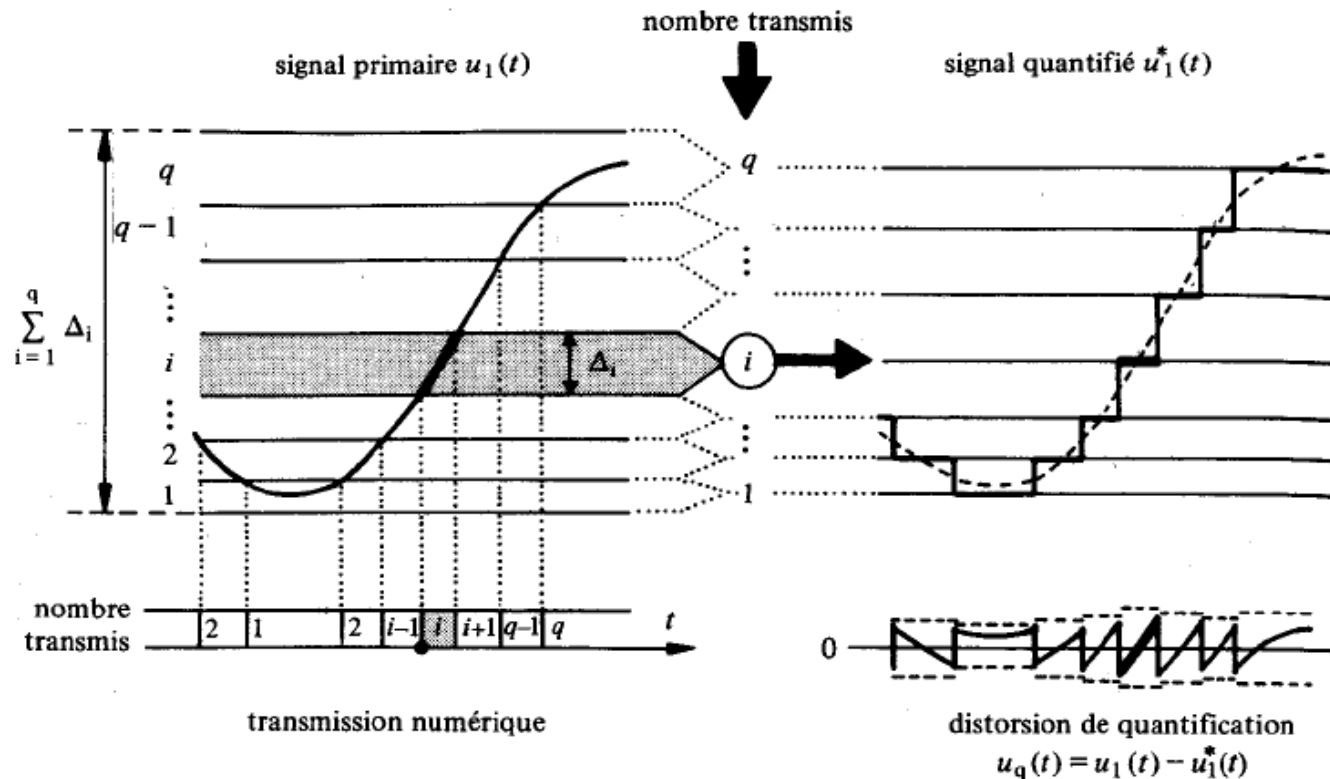
# La Quantification (1)

- Consiste en l'approximation de la valeur instantanée d'un signal par une approximation tirée d'un ensemble **fini** de  $q$  valeurs discrètes, désignables chacune par un nombre entier
- Chacune de ces  $q$  valeurs discrètes se substitue ainsi à une plage de valeurs analogiques appelée **pas de quantification**
- Les pas de quantification peuvent être différents les uns des autres
- Dans le cadre de la CAN, les pas de quantification sont généralement égaux, alors que dans le cas de la transmission d'informations analogiques sous formes numérique, il n'en est pas toujours de même



Quantification

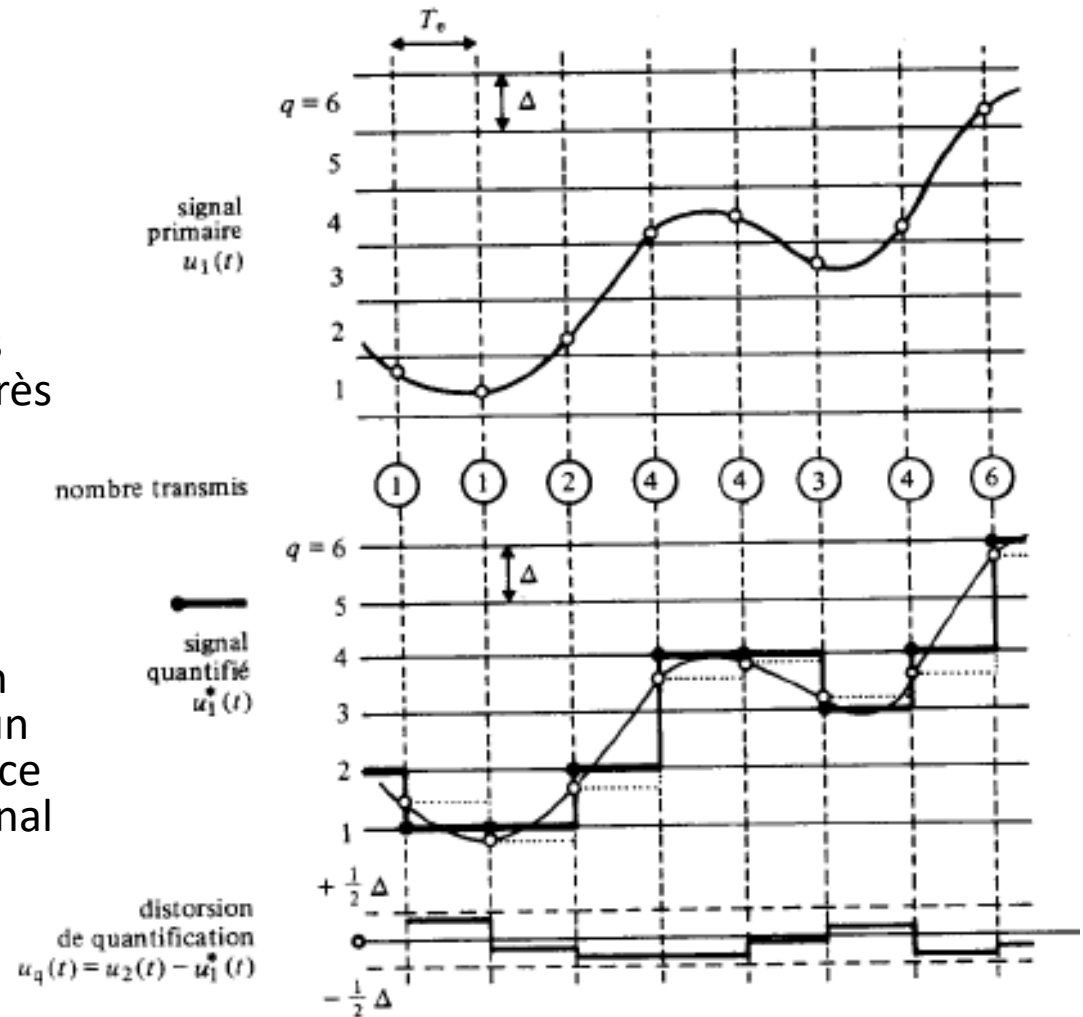
# La Quantification (2)



- L'instant des transitions d'un niveau  $i$  vers  $i+1$  suivant ou  $i-1$  est déterminé par le signal  $u_1(t)$  lui-même, soit par l'instant où ce signal franchit l'une ou l'autre des limites de l'intervalle de quantification correspondant au niveau  $i$ . l'échantillonnage est fonction du signal  $u_1(t)$ , et de ce fait aléatoire, puisque  $u_1(t)$  est lui-même aléatoire;
- On ne pratique presque jamais de cette manière

# La Quantification (3)

- On prélève des échantillons à des instants bien déterminés et effectuer la quantification sur ces échantillons
- Motivations:
  - échantillons prélevés à intervalles fixes, le débit binaire de sortie après quantification est constant et déterministe, ce qui permet le multiplexage temporel
  - Les circuits de conversion A/N nécessitent un signal constant pendant la durée de la conversion → on utilise avant la conversion un circuit échantillonneur-bloqueur, ce qui revient à échantillonner le signal à une fréquence fixe





# Le codage

Codage numérique en bande de base: Consiste à adapter le signal au support de transmission

Codages binaires/à trois niveaux/à multi niveaux

- Codage NRZ
- Codage NRZI
- Codage Manchester
- Codage Manchester Différentiel
- Code de Miller
- Codes bipolaires...



# Codage d'un signal (1)

Pour que la transmission soit optimale, il est nécessaire que le signal soit codé de façon à faciliter sa transmission sur le support physique.

De façon générale un codage permet de passer d'une représentation des données vers une autre.

Parmi les différents codages utilisés, on trouve:

- Le codage **de source**, qui permet de faire de la compression de données (transformer une suite de bits **A** en une suite de bits **B** plus courte pouvant restituer les mêmes info) les formats de données tq Zip, RAR, gzip, ADPCM, MP3, JPEG utilisent des algo de compression de données
- Le codage **de canal**, qui permet une représentation des données de façon à être résistant aux erreurs de transmission. Une code correcteur est une technique de codage basée sur la redondance, destinée à corriger les erreurs de transmission d'une info.

Autres types de codage:

- Le codage des caractères (représentation de caractères comme le code ASCII)
- Le codage visuel (représentation des données en schéma 2D, code-barre, QR-Code)
- Transformation d'une source vidéo ou sonore en un format informatique déterminé. Coder en MP3, AVI...



# Théorie de l'information



- **Problème:** je veux transmettre un message (texte, fichier, image, son, vidéo, ...) au travers d'un canal (téléphone, fax, télévision, ligne satellite,...)
- 2 questions fondamentales:
  - jusqu'où puis-je compresser ce message ? → **calcul de l'Entropie de la source binaire** → **codage entropique d'une source**
  - Quelle est la vitesse de transmission maximale de ce canal ? → **Capacité**

La Théorie de l'information fournit les outils mathématiques pour répondre à ces deux questions, ainsi que des algorithmes de codage qui permettent d'atteindre pratiquement ces limites théoriques



# Exemple de codes source

- Code de Shannon-Fano
- Code de Huffman
- Code arithmétique...

# Schéma de transmission analogique de données numériques



BEJAOUI TAREK

BEJAOUI TAREK

BEJAOUI TAREK

BEJAOUI TAREK



# Codage d'un signal (2)

- ◆ La transmission directe de la suite des symboles binaires n'est pas possible :

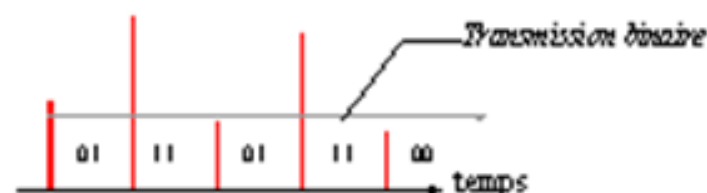
limitation de la bande passante vers les fréquences extrêmes de nombreux supports de transmission :

adaptateurs d'impédance, transformateurs d'isolement ...

il faut transmettre le rythme d'horloge pour pouvoir reconstituer la séquence des données reçues

la déformation des signaux transmis augmente avec la largeur de la bande de fréquence utilisée (*on cherche à réduire la fréquence principale du signal transmis*)

- ◆ Les fonctions de codage permettent d'adapter le signal au support de transmission
- ◆ codages à 2  $(-a, +a)$  ou 3 niveaux  $(-a, 0, +a)$





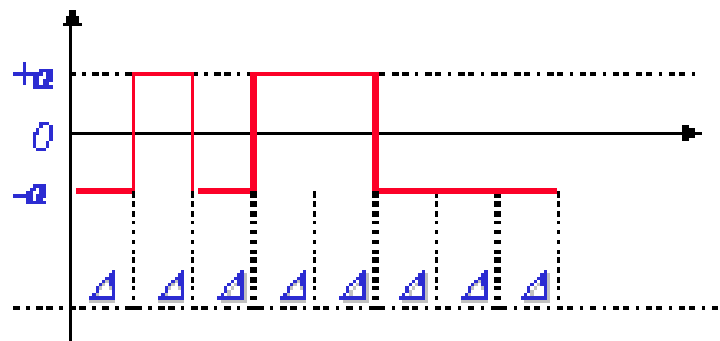
# Exemples de fonctions de codage (1)

## ◆ Codages à 2 niveaux :

codage **NRZ** (*No Return to Zero*)

0 =>  $-a$  et 1 =>  $+a$

la suite binaire **01011000** est représentée par :



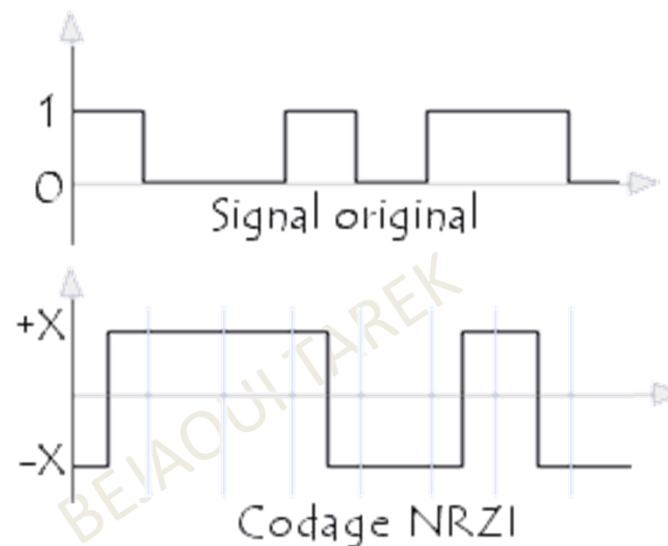
On montre que le spectre de puissance du signal NRZ est concentré au voisinage des basses fréquences  
=> mauvaise transmission par le support

Le codage à 2 niveaux est le premier système de codage, car il est le plus simple. Il consiste tout simplement à transformer les 0 en  $-a$  et les 1 en  $+a$ , de cette façon on a un codage bipolaire dans lequel le signal n'est jamais nul. Par conséquent, le récepteur peut déterminer la présence ou non d'un signal.



# Codage NRZI

- Le codage NRZI est sensiblement différent du codage NRZ. Avec ce codage, lorsque le bit est à 1, le signal change d'état après le top de l'horloge. Lorsque le bit est à 0, le signal ne subit aucun changement d'état.
- Le codage NRZI possède de nombreux avantages, dont :
  - La détection de la présence ou non du signal
  - La nécessité d'un faible courant de transmission du signal
  - Par contre, il possède un défaut: la présence d'un courant continu lors d'une suite de zéro, gênant la synchronisation entre émetteur et récepteur.

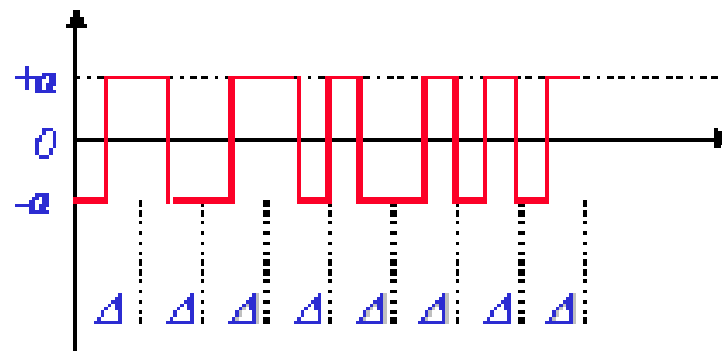


# Codage à 2 niveaux

## ◆ Codage de Manchester :

consiste à introduire dans le signal des transitions au milieu de chaque intervalle  $\Delta$  (ex. : 0 => *front montant*, 1 => *front descendant*)

La même suite binaire que précédemment (01011000) sera codée :



Le spectre de puissance du signal Manchester s'étale sur la bande de fréquence  $[0, 2\Delta]$   
=> bien adapté à un support à bande passante assez large



# Autres codages

- ◆ codage à 2 niveaux

Manchester différentiel

$|a_{i+1} - a_i|$  vaut 0 => front montant

$|a_{i+1} - a_i|$  vaut 1 => front descendant

Code de Miller : codage Manchester en supprimant une transition sur deux.

- ◆ codage à 3 niveaux

bipolaire simple

signal transmis vaut 0 si la donnée vaut 0

signal transmis vaut alternativement +a ou -a si la donnée vaut 1

BHDn

variantes du code bipolaire simple destinées à limiter le nombre de zéros successifs

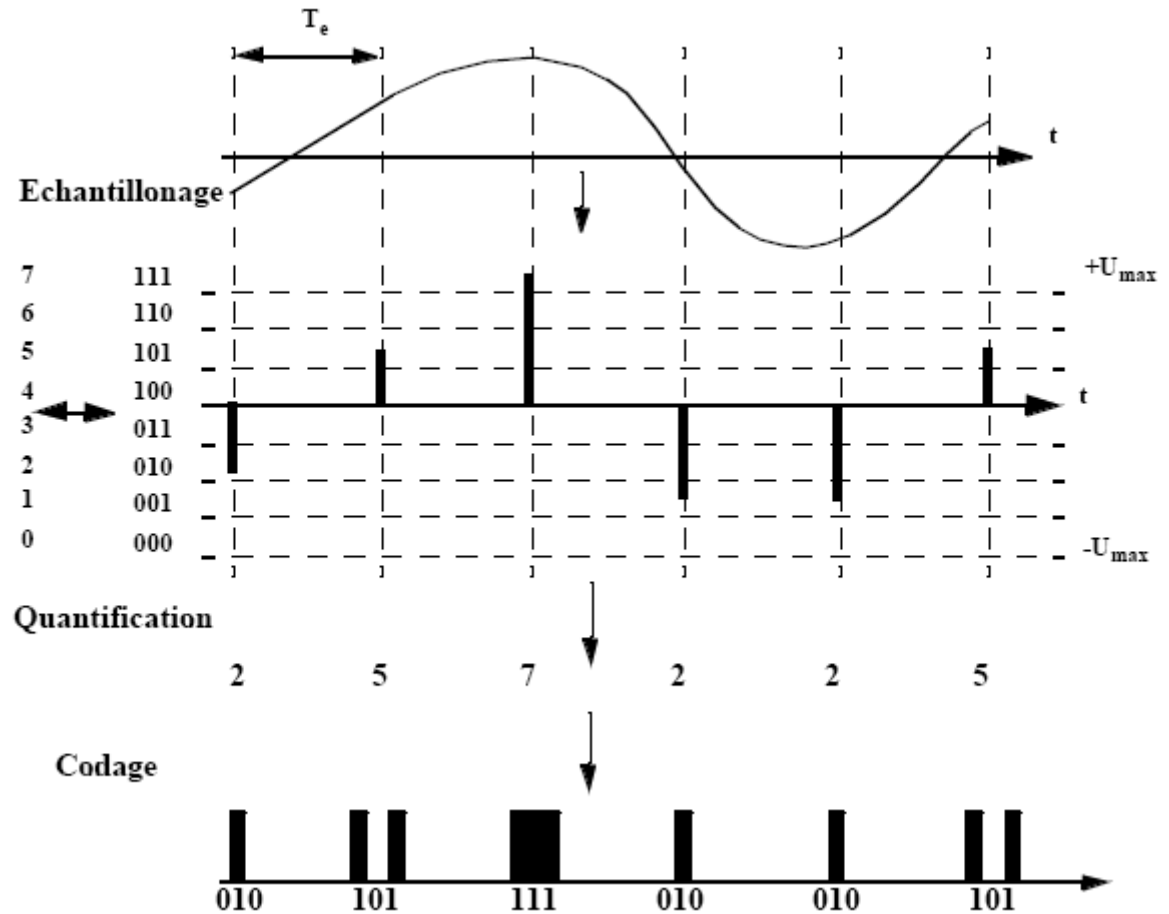


# Exemple de modulation MIC (PCM)



Exemple :

- $q=8$
- quantification uniforme
- Codage binaire à 3 bits





# Numérisation de la voix

## ◆ La voix :

$$f_{max} = 4000 \text{ Hz}$$

$$f_{ech} = 2 \times 4000 \text{ Hz} = 8 \text{ kHz}$$

$$\text{échantillonnage} = 125 \mu\text{s}$$

$$\text{débit} = 64 \text{ kb/s (pour un échantillonnage sur 8 bits)}$$

## ◆ hi-fi :

$$f_{max} = 20\,000 \text{ Hz (20 kHz)}$$

$$\text{débit} \# 700 \text{ kb/s (pour un échantillonnage sur 16 bits)}$$

# TECHNOLOGIES MISE EN ŒUVRE POUR LA TOIP



# Compression / Décompression



# Technologies de base mises en œuvre

- Le codage et la compression des flux voix; on parle de codecs, tels que ceux de type : G711 (64 kbps), G729 (8 kbps)
- Le transport des flux voix en protocole RTP (Real Time Protocol) sur IP
- La gestion des appels (on parle des traitements de la signalisation) au moyen des protocoles : H.323 ou MGCP (Media Gateway Control Protocol) ou SIP (Session Initiation Protocol)

# Les codecs Audio/Vidéo (1)



- « Codec » : Compression-décompression, -> désigne un procédé capable de compresser un signal analogique ou numérique. Ce procédé peut exister sous forme matérielle ou logicielle
- D'un côté, ils encodent des flux ou des signaux pour la transmission, le stockage sur support (CD, DVD, bande ...) ou le cryptage de données; d'un autre côté, ils décodent ces flux ou signaux pour être visualisée (ou écoutées).
- Les codecs dits « matériel » (hard), sont embarqués généralement sur des caméscopes ou magnétoscopes numériques, cartes vidéo semi-pro ou pro dédiées généralement au montage ou à la composition vidéo;
- Certains sont gratuits, d'autres payants et permettent maintenant avec la puissance des machines actuelles d'encoder/décoder en temps réel des vidéo dans des formats haute résolution (comme le DV par exple)

# Les codecs Audio/Vidéo (2)



- Les différents formats :
  - pour la partie vidéo :  
le Cinépak, l'indéo, Sorenson, MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 et ses dérivés, ...
  - Pour la partie Audio :  
MPEG-Audio 3, Qdesign music, WindowsMedia audio, Real audio...



# La compression (1)

- 2 types :
  - Compression non destructive → retrouver le signal initial
  - Compression destructive → prend en compte les caractéristiques des données à compresser et peut retirer des infos importantes
    - limites : compression trop forte → bruit de compression non négligeable





## La compression (2)

- Exemple : MP3 est une compression destructive qui perd des informations sonores car elle compresse le son suivant des critères « psycho-acoustiques » qui éliminent les fréquences jugées les moins audibles du spectre sonore en moyenne chez l'être humain, les harmoniques et les fréquences très aigues.



# Codecs audio

- PCM,
- FLAC,
- Vorbis,
- MPEG-1/2 Layer 3 (MP3),
- MPEG-2 partie 7 (AAC),
- RealAudio (très ancien → diffuse la musique sur internet en utilisant la technique du streaming), Musepack,
- G711 → pour la voix (téléphonie standard ou RNIS et VoIP), basé sur PCM
- G723 → pour la voix (VoIP)
- G726 → pour la voix (téléphonie satellite et VoIP) basé sur ADPCM
- G729 → pour la voix (téléphonie de qualité, Visio conférence et VoIP)
- AMR → GSM et UMTS (choix du taux binaire sur la base de la liaison radio ) – taux binaires entre 4.75 et 12.2 kbit/s



# Codecs d'images fixes

- PNG (Portable Network Graphics) : format ouvert d'images numériques crée pour remplacer le format GIF
- JPEG (Joint Photographic Experts Group):1986
- JPEG 2000 → capable de travailler avec ou sans perte
- GIF (Graphics Interchange Format) → compuserve 1987



# Codecs vidéo

- MPEG-1, utilisé sur les VCD
- MPEG-2, utilisé par les DVD, la TV numérique terrestre par satellite ou par cable (DVB-T,S,C)
- MPEG-4 ASP, implémentation comme DivX et XviD...
- MPEG-4 AVC, Quicktime; x264, Sorenson AVC Pro codec...
- MJPEG, succession d'images au format JPEG
- MJPEG 2000, évolution de MJPEG pour le cinéma numérique, l'imagerie de précision (médical, spatial,...)
- Les implémentations de MPEG-4 AVC/H.264: x264
- Sorenson
- Theora, codec libre et open source
- Tarkin, codec libre mis en suspens au profit de Theora
- Digital vidéo ou DV, utilisé dans de nombreux caméscopes à bande
- DVC Pro
- H.261, H.263, H.263+, H.264 pour la visioconférence sur IP
- RealVideo



# Le codec G.711

- Norme de compression audio de l'UIT-T basée sur la loi  $\mu$  et la loi A (définit une quantification logarithmique approchée)
- Echantillonnage : 8000 Hz pour une BP du téléphone entre 300 et 3400 Hz
- BP sur le réseau : 64 ou 56 kbps
- Type de codage : MIC (Modulation d'impulsion codée)
- Surtout utilisé pour la visio-conférence en H.323 et H.320
- Son principe repose sur une grille de quantification non linéaire permettant de diminuer le rapport signal à bruit de l'erreur de quantification pour les sons de faible amplitude
- Une quantification sur 8 bits en G.711 correspond à une quantification sur 12 bits en PCM en ce qui concerne l'erreur de quantification
- Norme gourmande en BP → moins utilisée aujourd'hui à la faveur d'autres codecs; elle reste tout de même très utilisée chez le grand public
- Norme révisée en 2000, elle est la base de transfert de la voix avec peu de compression, par exemple RNIS (ISDN) ou sur LAN IP
- Elle sera peu utilisée sur des WAN comme Internet



# Le codec G.729

- La recommandation UIT-T G.729 définit un codage de la parole à 8 kbps (par prédiction linéaire avec excitation par séquences codées à structure algébrique conjuguée)
- Moins consommateur en BP que G.711
- Utilisé pour obtenir une téléphonie de qualité
- Il est supporté par la plupart des PABX IP
- Utilisé pour le codage de la partie audio d'une visio-conférence
- Utilisé pour transporter de la voix sur IP sur les WAN
- Utilisé préférentiellement par les opérateurs de téléphonie



# Les protocoles de transport et de signalisation



# Les protocoles de transport





# Protocoles de transport

- Les protocoles de transport transportent l'information sur un réseau IP. Ils sont spécifiques à la VoIP et aux applications nécessitant le transit de l'information en temps réel comme par exemple la vidéo conférence



# Protocoles de transport de la VoIP

- TCP (Transmission Control Protocol)
- UDP (User Datagram Protocol)
- RTP (Real Time Transport Protocol)  
(peut s'appuyer sur UDP, fait partie intégrante de l'application contrairement TCP)
- RTCP (Real Time Transport Control Protocol)  
qui accompagne RTP

# Fonctions du protocole RTP (1)



- RTP  $\equiv$  Real Time Transport Protocol
- Devient un standard en 1996 par AVT-WG (Audio Video Transport-Work Group) de l'IETF (Internet engineering Task Force)
- Fournit des fonctions de transport de bout en bout pour les applications temps réel
- RTP est **unidirectionnel**, mais peut être utilisé en mode **diffusion** (conférence audio et vidéo interactive, diffusion audio et vidéo)
- RTP peut toutefois être utilisé conjointement avec un canal de retour (*feedback*) via RTCP
- Il permet de :
  - Reconstituer la base de temps des différents flux multimédia
  - Détecter les pertes de paquets
  - Identifier le contenu de paquets pour leurs transmissions sécurisées

# Fonctions du protocole RTP (2)



- Il ne permet pas de :
  - Réserver des ressources dans le réseau
  - Apporter une fiabilité dans le réseau
  - Garantir le délai de livraison
- Peut s'appuyer sur différents protocoles, tq UDP dans l'architecture TCP/IP
- Fait partie intégrante de l'application contrairement à d'autres protocoles de transport comme TCP
- Dans une session multimédia, chaque média est transporté dans des sessions distinctes → s'adapter à la bande passante des destinataires (certains ne peuvent recevoir que l'audio)
- La synchronisation est assurée grâce à l'identificateur de la source et à l'horodatage des échantillons

# Fonctions du protocole RTP (3)



- Pour les contenus protégés, RTP ne s'occupe pas du chiffrement et transporte le contenu de façon transparente.
- Secure Real-Time Transport Protocol (SRTP) est une version sécurisée de RTP qui a pour but d'apporter le chiffrement, l'authentification et l'intégrité des messages



# Le protocole RTCP (1)

- RTCP  $\equiv$  Real Time Control Protocol
- Accompagne RTP qui a pour rôle de livrer les données.
- Basé sur la transmission périodique de paquets de contrôle à tous les participants d'une session
- $\rightarrow$  RTCP assure donc un trafic de contrôle : c'est un « feedback » pour l'émetteur sur la qualité de transmission et d'autres informations
- Basé sur la transmission périodique de paquets de contrôle à tous les participants dans une session
- $\rightarrow$  sa fonction principale est donc de rendre compte de la QoS du service fourni par RTP



# Le protocole RTCP (2)

- Assure en gros 4 fonctions :
  - Fournir des informations sur la qualité de la session :
    - Informations en retour pour une source (« feedback »)
    - Permet à une source de changer de politique
    - Met en évidence des défauts de distribution individuels, collectifs
  - Garder une trace de tous les participants à une session (CNAME - Canonical Name- : Identifiant unique et permanent pour un participant)
  - Contrôler le débit auquel les participants à une session RTP transmettent leurs paquets RTCP
    - Plus il y a de participants, moins la fréquence d'envoi de paquets RTCP par un participant est grande
    - Il faut garder le trafic RTCP en dessous de 5% du trafic de la session
  - Transmettre des informations de contrôle sur la session  
exemple : identifier un participant sur les écrans des participants
- Secure Real-Time Transport Protocol (SRTCP) est une version sécurisée de SRTCP



# Protocoles de gestion des appels (signalisation)



# Protocoles de signalisation



- Les protocoles de signalisation ont la charge de régir les communications, de déterminer les appelés, de signaler les appelants, de gérer les absences, les sonneries et négocier quel codec pourra être utilisé
- Il existe trois types de signalisation :
  - La signalisation entre l'utilisateur et le réseau (User Network Signaling)
  - La signalisation entre les nœuds du réseau (Inter Office Signaling)
  - La signalisation entre les usagers du réseau (End to End)
- Elle repose sur le principe de l'établissement des connexions
- Il existe un réseau particulier qui peut être attribué entièrement pour effectuer la signalisation.

Il se trouve notamment combinaison avec les technologies du RNIS et du RTCP (PSTN). Il s'agit du réseau SS7.



# Signalisation SS7 (1)

- SS7 ou Common Channel Signaling System, standard global de télécommunications défini par l'ITU
- Défini les procédures et les protocoles par lesquels les éléments d'un réseau à commutation de circuits, s'échangent des informations de contrôle et de routage sur un réseau numérique de signalisation
- SS7 est utilisé pour:
  - l'établissement et la gestion de appels
  - Les services mobiles comme le roaming
  - La portabilité des numéros
  - Les services intelligents (Business number ou numéro unifié 0800, 0900)
  - Les services de transfert (call forwarding)



## Signalisation SS7 (2)

- SS7 s'effectue par transmission de messages, entre les éléments du réseau, de 56 à 64 kbps sur un canal bi-directionnel, appelé « Signaling link »)
- SS7 est une signalisation « Out of Band » → offre de meilleurs temps de réponse pour l'établissement des appels, une meilleure utilisation des canaux voix et un support pour les réseaux intelligents

# Standards et protocoles de la téléphonie IP



- H.323
  - ITU standard
- SIP
  - IETF standard
- MGCP
  - IETF standard
- H.248
  - ITU standard
- Megaco
  - IETF standard

# Les protocoles de gestion des appels



## SIP, H.323, MGCP, H.248

- Nombre de protocoles de signalisation développés pour subvenir au besoin de signalisation de sessions temps-réel dans les réseaux à commutation de paquets
  - Les principaux protocoles utilisés par l'ITU en ToIP sont : (il existe 5 versions : la dernière date de juillet 2003, la 1<sup>ère</sup> en 1996)
    - H.323 a été développé pour les RLE, comme une technique de vidéoconférence et il a plusieurs points en commun avec les protocoles de signalisation du RNIS comme le Q.931 (Call Setup)  
(H.323 pour les terminaux situés dans un RLE, H.324 pour les terminaux connectés sur une liaison modem, visiophonie 3G)
    - MGCP/MEGACO proposé par le « Telco Engineering World », fermement associé au contrôle intra-domaines des commutateurs, des passerelles...
    - SIP, développé par l'IETF en réutilisant plusieurs domaines internet familiers comme SMTP, HTTP, URL, MIME, DNS
- Ces protocoles sont différents, ils peuvent coexister et ils coexisteront  
Ils sont la base des différentes approches qui existent aujourd'hui pour apporter des services de VoIP (plus généralement des services multimédia sur IP)



# Protocole MGCP

- Le protocole MGCP figure parmi les premiers protocoles de signalisation VoIP utilisés en déploiement.
- Le protocole MGCP repose sur une architecture de contrôle des appels dans laquelle «l'intelligence» du contrôle des appels se situe en dehors des passerelles et est gérée par des éléments de contrôle des appels externes appelés contrôleurs MGC ou agents d'appel (CA).
- Le protocole MGCP suppose que ces éléments de contrôle des appels, appelés CA, contiennent l'intelligence d'envoyer des commandes aux passerelles (points d'extrémité) sous leur contrôle pour établir un appel.
- MGCP est un protocole maître / esclave. Les passerelles sont censées exécuter les commandes envoyées par les agents d'appel.

# Protocole H323



- La norme ITU-T-H.323 (2006) a été utilisée dans les premières applications de média par paquets pour la transmission de communications audio / voix et vidéo et de données en temps réel sur des réseaux à commutation de paquets. Il spécifie les composants, les protocoles et les procédures permettant une communication multimédia sur des réseaux à commutation de paquets. La norme H.323 spécifie quatre types de composants pour fournir les services de communication multimédia point à point et point à multipoint. Ces composants sont des terminaux, des passerelles, des portiers et des unités de contrôle multipoints
- (MCUs). Le protocole H.323 peut être appliqué à divers mécanismes: audio uniquement (téléphonie IP), audio et vidéo (téléphonie vidéo), audio et données, ainsi que vidéo et données. Le protocole H.225 est un protocole de clé du protocole H.323 défini par l'UIT-T [UIT-T-H.225.0 (2005)], et la signalisation de commande d'appel H.225 est utilisée pour établir des connexions entre deux terminaux H.323. L'enregistrement et l'état d'admission (RAS) sert à effectuer l'enregistrement, le contrôle d'admission, les modifications de bande passante et l'état entre les points d'extrémité et les portiers. H.245 est un protocole de canal de contrôle [UIT-T-H.245 (2005)] utilisé avec les sessions H.323 et capable de transmettre les informations nécessaires à la communication multimédia ainsi qu'à l'ouverture et à la fermeture des canaux logiques utilisés pour transporter des flux de média.

# Comparaison entre les protocoles



	H.323	SIP	MGCP
<b>Inspiration</b>	Téléphonie	HTTP	
<b>Nbre d'échanges pour établir la connexion</b>	6 à 7 aller-retour	1 à 5 aller-retour	3 à 4 aller-retour
<b>complexité</b>	Élevée	faible	Élevée
<b>Adaptabilité/modularité protocolaire</b>	Faible	Élevée	Modérée
<b>Implémentation de nouveaux services</b>	Non	Oui	Non
<b>Adapté à Internet</b>	Non (Lan)	Oui (facilement implém. dans les WAN)	Non
<b>Protocoles de transport</b>	TCP	TCP ou UDP	TCP ou UDP
<b>Coût</b>	Élevée	Faible	Modéré
<b>Avantages</b>	Maturité du protocole, beaucoup de constructeurs l'utilisent	Interopérabilité très bonne. Bonne gestion de la mobilité	Bon pour les opérateurs voulant faire du RTC-IP-RTCo RNIS-IP-RNIS
<b>Inconvénients</b>			





# Le protocole H.323 (1)

- H.323 fait partie de la famille H.32x des protocoles de communication RT, de l'ITU.
- Chaque protocole de la famille est destiné à une architecture de réseau particulière, comme les réseaux à commutation de circuits, le RNIS large bande, LAN avec QoS, LAN sans QoS (H.323)
- Tous ces protocoles se basent sur la structure et la modularité du protocole d'origine H.320
- H.323 n'est pas un protocole individuel mais avec une suite de protocoles qui définie chaque composant du réseau : terminaux, passerelles, serveurs de communication (Gate keepers), contrôleurs multipoints (MCU)
- Entres-autres, H.323 utilise les protocoles :



# Le protocole H.323 (2)

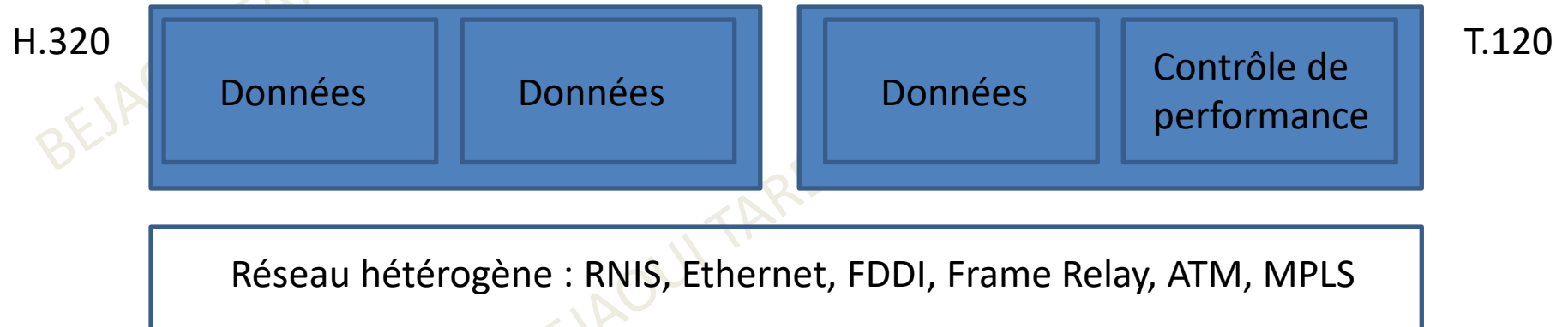
- Q.931 – Call Setup
- H.225 – Call Signaling
- H.245 – Echange d'information sur les capacités du terminale et la création de canaux
- RAS – Registration and Admission Status ( enregistrement et contrôle d'admission)
- RTP/RTCP – transport des paquets audio et vidéo
- G711/G712 – Spécifications du Codec
- T-120 – définit un cadre de spécifications communes pour les applications de travail coopératif, les outils logiciels de partage d'application, de transfert de fichier...

Tous ces protocoles sont mis en application pour initialiser un simple appel voix point à point



# Le protocole H.323 (3)

- H.320 porte initialement sur la spécification du codage de la vidéo et de l'audio pour des services audiovisuels à des débits inférieurs à 2 Mbits/s sur RNIS.
- H.323 garantit l'interopérabilité des terminaux utilisant la visioconférence sur Internet via les réseaux LAN et le RTCP
- La visioconférence ne peut plus être réduite au simple face à face à distance mais concerne également les échanges de données informatiques. C'est le champ de la série T.120.



# Le protocole H.323 (4)



- H.323 est une norme parapluie de l'IUT (comme H.320) pour les services multimédia sur les réseaux à commutation de paquets TCP/IP et IPX sur Ethernet, Fast Ethernet et Token Ring qui n'offrent pas de QoS.
- H.323 reprend la structure de H.320 pour le codage du son : G.711, G.722, G.728 avec 2 dernières recommandations davantage adaptées aux bas débits G.729 et surtout G.723.1 (5.3 et 6.3 kbps)
- Le codage de la vidéo reprend H.261 et utilise également H.263, plus efficace dans les bas débits
- Le multiplexage de la transmission s'appuie sur les protocoles temps réel RTP et RTCP.



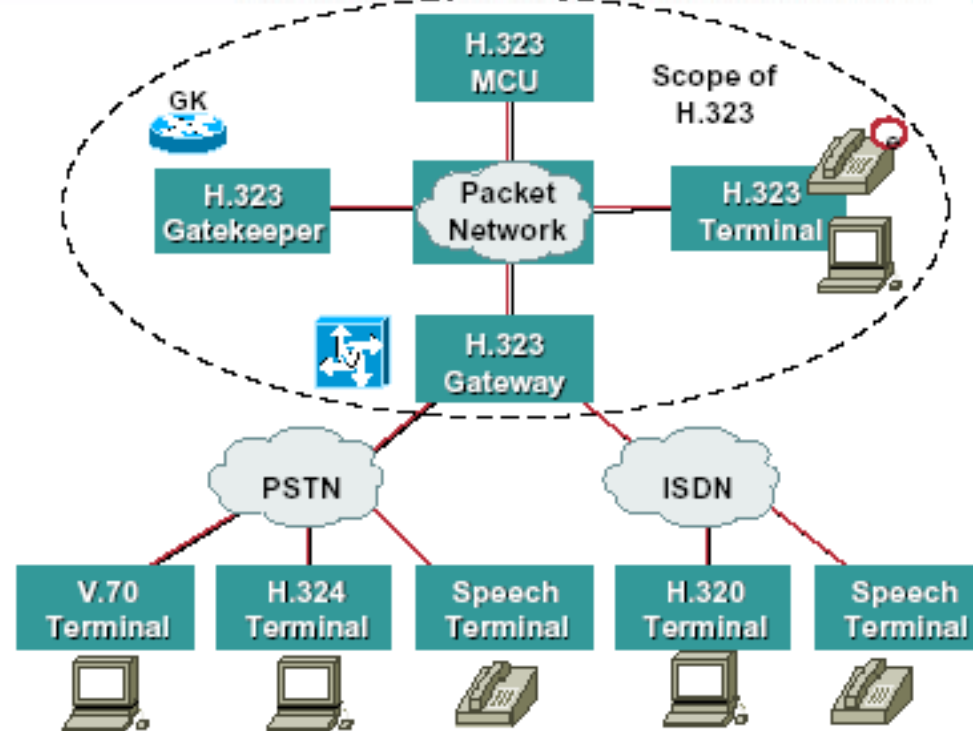
# Le protocole H.323 (5)

- Une zone H.323 sur le réseau local correspond à une architecture Client-Serveur constituée de 04 composants majeurs:
  - Les postes clients
  - Un serveur de communication (Gatekeeper)
  - Un serveur passerelle (Gateway)
  - Un contrôleur multipoints

# Les composants H.323

## H.323 Components

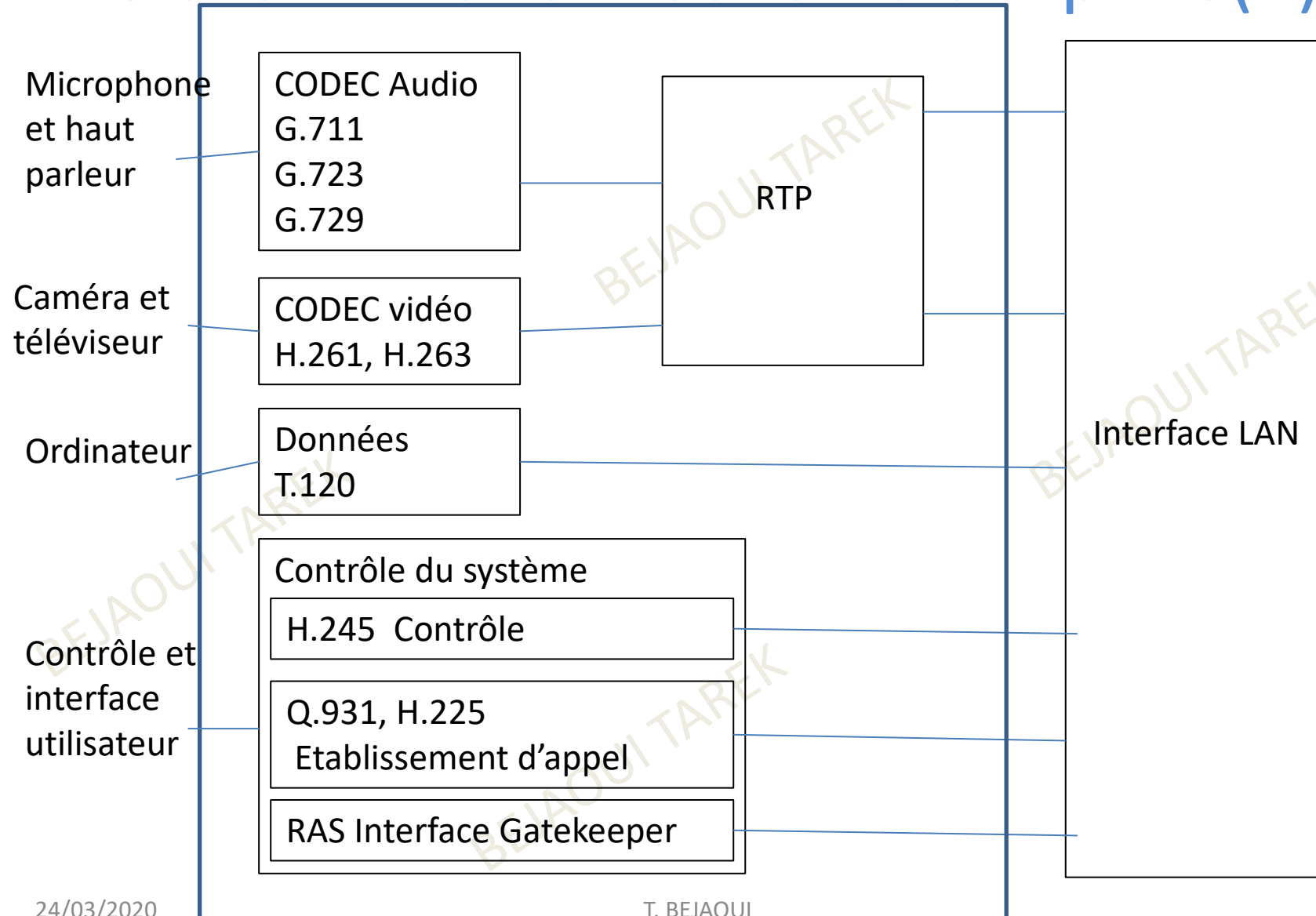
Cisco.com



Source: CISCO



# Le client H.323 - Schéma simplifié(1)

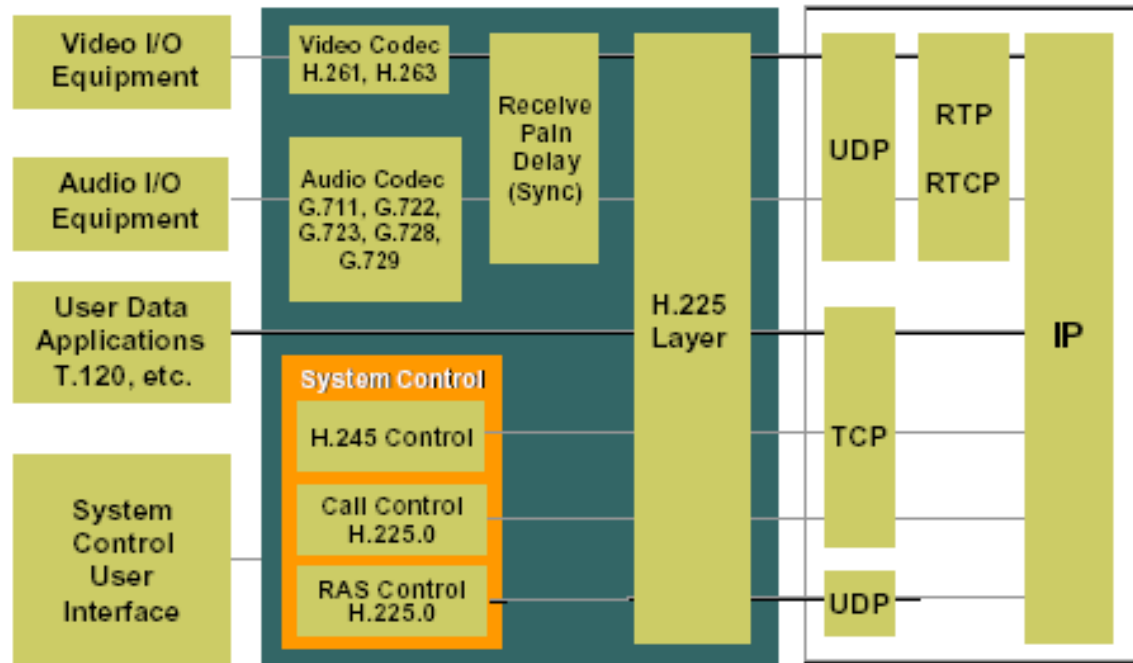




# Client H.323 (2)

## Scope of H.323 Recommendation

Cisco.com



Source: CISCO





## Le client H.323 (3)

- Il doit supporter H.245 pour la gestion et le contrôle du canal
- Q.931 pour les procédures de signalisation et d'établissement d'appel entre terminaux
- RAS (Registration and Admission Status) pour la gestion du trafic entre le client H.323 et le serveur de communication
- T.120 pour les échanges de données, optionnel

# Le serveur de communication (Gatekeeper)



- Il définit une zone H.323 sur le réseau dont il gère le trafic, le routage LAN et l'allocation de la BP

# La passerelle (Gateway)



- Équipement reste en option, puisqu'il est utilisé pour l'interconnexion du LAN (H.323) et du MAN RNIS (H.320), ATM/MPLS (H.231).
- Principales fonctions sont la transformation des formats de transmission (H.325 ou H.221) et des procédures de communication (H.245 et H.242)

# Les conférences H.323 sur réseaux IP (1)



- IP est un protocole très simplifié qui engendre une grosse perte en ligne, dont le taux peut atteindre 50% sur les liaisons fréquentées non suffisamment dimensionnées
- C'est au protocole TCP de faire la reprise avec tous ses mécanismes de réémission.
- Lorsque le taux de perte de paquets atteint 5%, le débit n'est plus constant et cela devient incompatible avec de la transmission vidéo en temps réel

# Les conférences H.323 sur réseaux IP (2)



- Les paquets ne sont pas horodatés par IP ou TCP → problématique pour la synchronisation que nécessite la vidéo.
- C'est à une application supérieure de faire le travail → engendre des dérives temporelles
- H.323 utilise à la fois les protocoles de l'Internet qui sécurisent la communication (contrôle d'intégrité des données) → Donc orienté connexion (TCP) et sans connexion (UDP)
- TCP sert au transfert des informations de service comme H.245
- UDP, limitant au maximum les informations de contrôle, donc plus rapide au routage, transporte la vidéo, le son et le canal RAS
- Pour les conférences multipoints, H.323 utilise d'autres protocoles mis au point par l'IETF, l'IP multicast et RTP pour le streaming de la vidéo sur l'Internet
- RTP au dessus de IP multicast permet d'horodater et de numérotter les paquets UDP pour synchroniser de la vidéo
- La bufférisation des paquets UDP par le client H.323 permet ensuite d'éliminer les redondances, d'ordonner les paquets de séquence, de synchroniser le son et la vidéo et d'avoir une lecture continu de la vidéo en éliminant les latences du réseau.
- Une BP suffisante et constante étant la condition pour avoir des services vidéo sur un réseau IP
- Les produits H.323 utilisent le protocole RSVP (Resources Reservation Protocol) bien que celui-ci ne soit pas obligatoire dans H.323



# Avantages du H.323

- Maturité du protocole
- Beaucoup de constructeurs utilisent H.323
- Peut supporter autre chose que IP



# Inconvénients du H.323

- Protocole très complexe, manque d'interopérabilité entre les différentes implémentations (Radvision, Elemedia, Lucent...)
- Difficultés avec les firewalls
- Support de fonctions avancées de la téléphonie
- Pas dans l'esprit « Internet »

# Le contrôleur multipoints (MCU)



- Il peut être utilisé en mode centralisé comme un réflecteur multicast ou en mode décentralisé entre postes clients. Les 2 modes peuvent être commutés.



# Le protocole SIP (Session Initiation Protocol) (1)



- Définit comme un protocole de contrôle de niveau application qui peut établir, modifier et finir des appels ou des sessions multimédia
- Permet l'ajout ou la suppression de services ou de participants dans des sessions existantes
- Standardisé par l'IETF
- Les messages de contrôle SIP sont à base de textes et « ressemblent » aux messages SMTP ou HTTP
- Initialement défini en 1996 dans le cadre du groupe MBONE (Etablissement de sessions multicast IP)
  - Version 1 sortie en 1997
  - Version 2 de SIP publié en mars 1999 (RFC 2543)
  - Depuis juillet 2002, une nouvelle version est en vigueur (RFC 3261)
- Contrairement à H.323, il ne définit pas une architecture de réseau mais une architecture logicielle basée sur le paradigme client-serveur
- Les entités SIP sont incluses dans des domaines DNS.

# Le protocole SIP (Session Initiation Protocol) (2)



- Les entités SIP sont:
  - User Agent (UA) – (clients SIP)
    - UAC (User Agent Client) : utilisé pour initier des sessions SIP (l'appelant)
    - UAS (User Agent Server) : utilisé pour recevoir des requêtes pour entrer des sessions SIP (l'appelé)
    - B2BUA (Back to Back User Agent) : combine les fonctions de UAC et UAS
  - Serveurs SIP qui facilitent le routage des données SIP.
    - 2 types de serveurs sont définis :
      - Serveurs caches (Proxy Server) : le serveur SIP agit comme un intermédiaire entre les clients SIP
      - Serveurs de redirection (Redirect Server) ; le serveur SIP envoie la position de l'appelé à l'appelant

# Le protocole SIP (Session Initiation Protocol) (3)



Requêtes SIP:

INVITE, BYE, CANCEL, ACK, OPTIONS,  
REGISTER, NOTIFY, MESSAGE, REFER,  
PRACK, INFO, MESSAGE, SUBSCRIBE

6 familles de réponses SIP :

- 1xx: Information
- 2xx: Success
- 3xx: Redirection
- 4xx: Client error
- 5xx: Server error
- 6xx: Global error

SIP requests	Short description of SIP request
INVITE	SIP Session setup
ACK	Acknowledges the session establishment
BYE	Close a SIP session
REGISTER	User registration
CANCEL	Cancellation of ongoing session establishment procedure
INFO	Transport information during a session

# Le protocole SIP : les avantages



- Simple à mettre en œuvre, messages écrits en clair
- Interopérabilité très bonne entre différentes implémentations
- Grâce à CPL (Call Processing Language) qui utilise XML, il est très facile d'ajouter des services intelligents de redirection
- Très bonne possibilité de gestion de la mobilité
- Utilisé pour la téléphonie 3G (UMTS)

# ENUM (E164 Number Mapping)



- L'organisation de la numérotation téléphonique classique a été définie au niveau international par l'UIT dans sa recommandation E.164;
  - Celle-ci décrit la structure des numéros utilisés dans le système de télécommunication international et définit le cadre général et les critères d'attribution des codes pays
  - L'UIT assure la coordination du plan de numérotation international et attribue les codes de pays géographiques aux états membres
- ENUM (RFC 3761) est un protocole qui utilise le système de nommage d'Internet (DNS) pour traduire les numéros de téléphone (E.164) en des numéros IP permettant l'accès aux serveurs VoIP (SIP, H323, Email)

# Fonctionnement d'ENUM (1)



- ENUM permet de définir un nom de domaine de l'Internet à partir d'un numéro de téléphone E.164, et de l'associer à des services de communications (service téléphonique, fax, email, pager,...)
- Création du nom de domaine Internet à partir du numéro E.164
  - Afin de respecter la structure hiérarchique des noms de domaine, la conversion consiste à ajouter le code pays du numéro et à inverser le numéro de téléphone
  - D'autre part un point (.) dans la chaîne de caractères indique une position où une interrogation de base de données est possible. ENUM a choisi de séparer les chiffres un à un par des points. Ainsi chaque chiffre détermine un domaine dont l'administration et la gestion technique peuvent être déléguées.
  - Par exemple, le numéro de tél 71 123 456 serait converti en « 6.5.4.3.2.1.1.7.6.1.2.E164.arpa » (ajout du code de la Tunisie+216 et inversion du numéro), où E164.arpa est le domaine dans lequel sont enregistrés les noms de domaine ENUM.

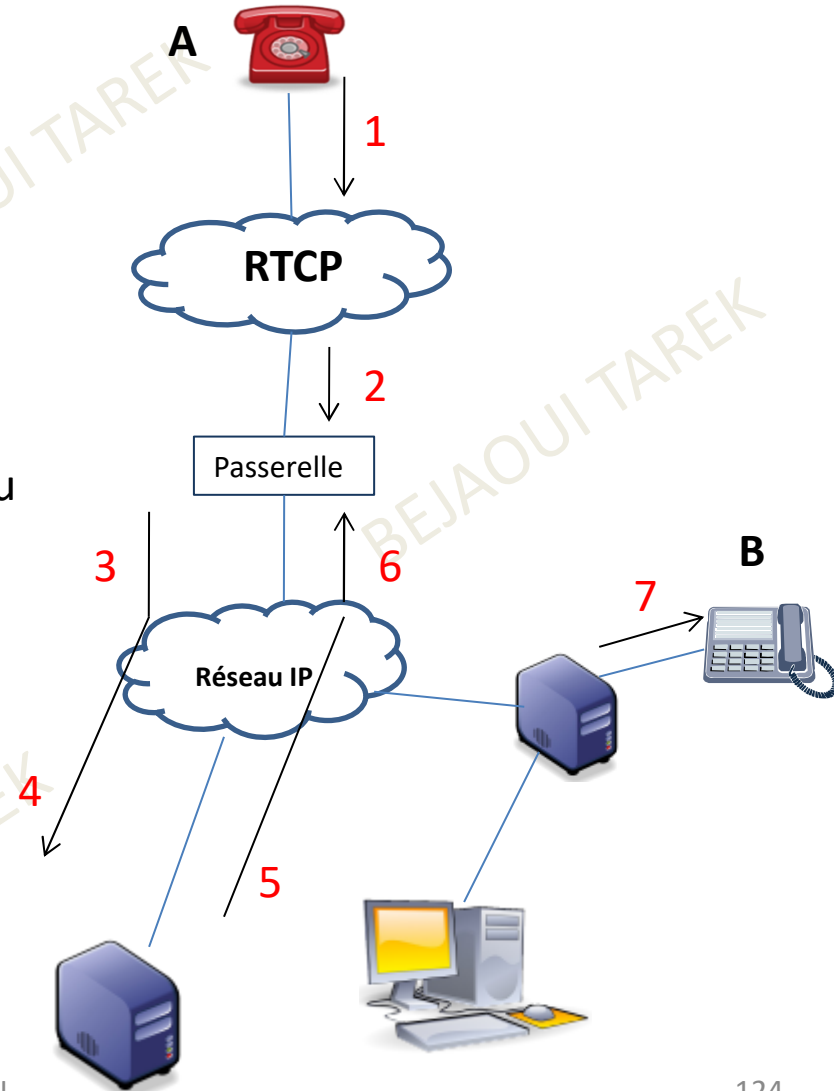
# Fonctionnement d'ENUM (1)



- La spécification ENUM de l'IETF établit que les nom de domaine correspondants aux numéros de téléphone E.164 seront situés sous le domaine de premier niveau « .arpa »;
- Le nom de domaine associé au numéro (216) 71 123 456 serait « 6.5.4.3.2.1.1.7.6.1.2.E164.arpa »
- Ce suffixe est aujourd'hui utilisé pour l'infrastructure d'Internet et est administré par l'IANA.

# Procédure de conversion du numéro

1. « A » numérote 71 123 456 et initie un appel
2. Le réseau téléphonique classique achemine l'appel jusqu'à une passerelle disposant de fonctionnalité ENUM
3. La passerelle convertit le numéro de téléphone en une @ internet 6.5.4.3.2.1.1.7.6.1.2.e164.arpa
4. La passerelle lance une requête auprès du serveur DNS
5. Le serveur DNS renvoie l'@ associé au nom de domaine « 6.5.4.3.2.1.1.7.6.1.2.e164.arpa » par laquelle le correspondant est joignable par exemple une @SIP du type : [SIP:com@fsb.rnu.tn](mailto:SIP:com@fsb.rnu.tn)
6. Le DNS renvoie l'@ IP du serveur SIP associé à l'@URL
7. Le serveur SIP achemine l'appel à « B »







# Bibliographie

- Téléinformatique, C. Macchi et al, Dunod Informatique
- Réseaux et Télématique, G. Pujolle et al, Eyrolles
- Passeport pour les Réseaux, Réseaux & Telecoms, IDG France Books
- Câblage haut débit, A. Delahousse, Hermes

# Skype



- [Skype](#) utilise un réseau de téléphonie par internet ([VoIP](#)) [propriétaire](#). Le protocole n'a pas été diffusé publiquement par Skype, et les applications officielles qui utilisent ce protocole ne sont [pas libres](#). La principale différence entre Skype et les autres logiciels de téléphonie par internet est que Skype opère sur un modèle [pair à pair](#), au lieu d'un modèle [client-serveur](#) traditionnel. Le répertoire des utilisateurs de Skype est complètement décentralisé et distribué parmi les [nœuds](#) du réseau, ce qui signifie que le réseau peut atteindre une grande taille très facilement (avec actuellement environ 240 millions d'utilisateurs)<sup>1</sup> sans nécessiter d'infrastructure centralisée complexe et coûteuse.
- Le réseau Skype n'est pas [interopérable](#) avec les autres réseaux de VoIP. De nombreuses tentatives d'étudier et/ou de [rétro-concevoir](#) le protocole ont été entreprises pour révéler le protocole, étudier la sécurité et permettre la création de clients non officiels.
- Le 2 juin 2011, un chercheur russe, Efim Bushmanov, a publié un code source du protocole, obtenu par *reverse-engineering*, dans le but de produire une version *open source* de Skype<sup>2</sup>. Le 8 juillet 2012, un chercheur béninois, Ouanilo Medegan, publie lui aussi les résultats de son travail de *reverse-engineering*, dont le code source d'un client compatible<sup>3</sup>.

# Viber



- Viber utilise la VoIP pour les appels et les messages vidéo et audio via Internet. Il utilise également le protocole SIP comme norme pour la signalisation, la maintenance et la terminaison des échanges de session et de média.



BEJAOUI TAREK

BEJAOUI TAREK

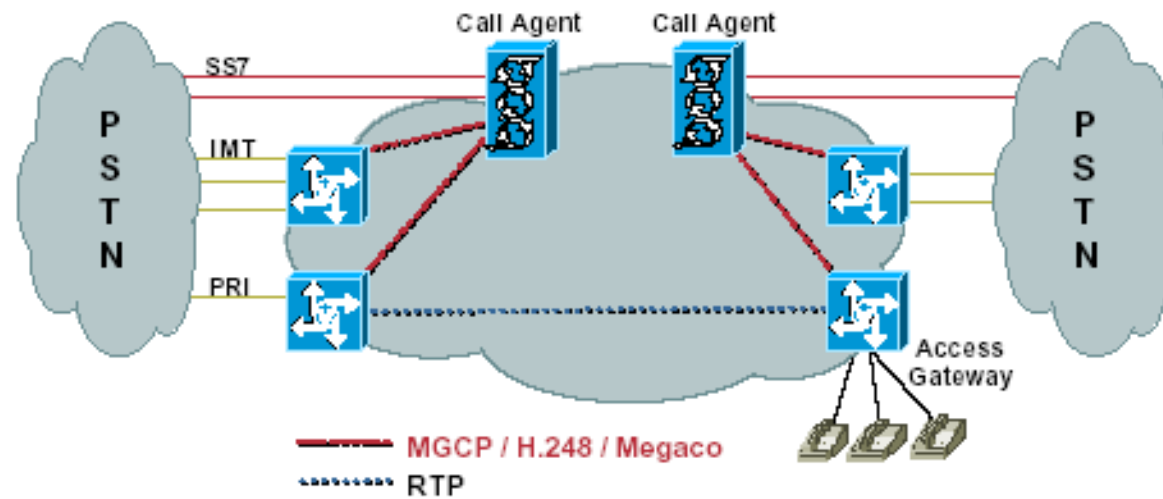
BEJAOUI TAREK

BEJAOUI TAREK



# MGCP/H.248/Megaco—Architectures

Cisco.com

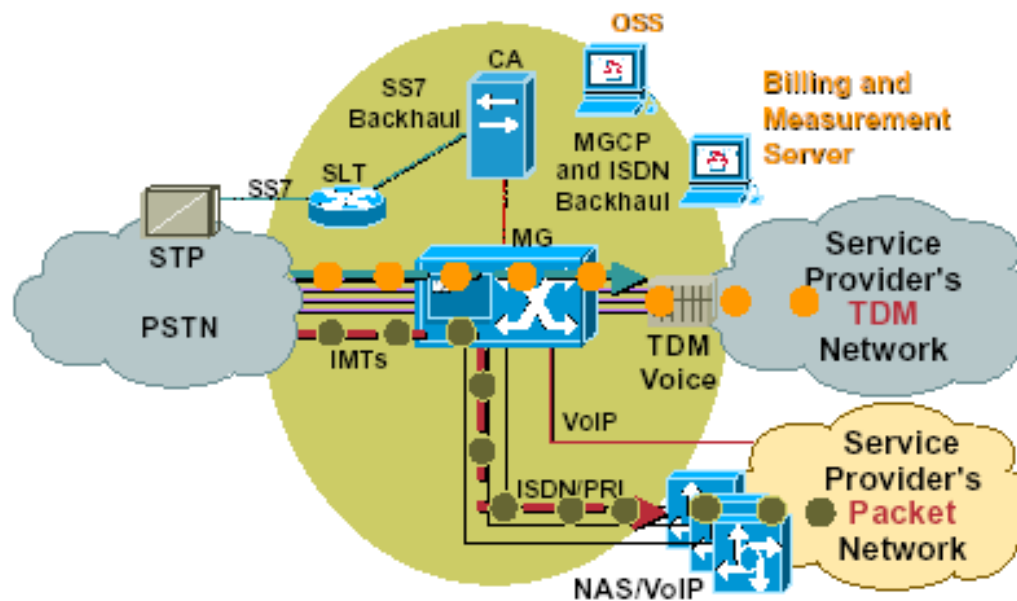


Source: CISCO



# Deploying MGCP/H.248/Megaco Networks

Cisco.com



- Traditional TDM Traffic
- Modem Dial-up Traffic

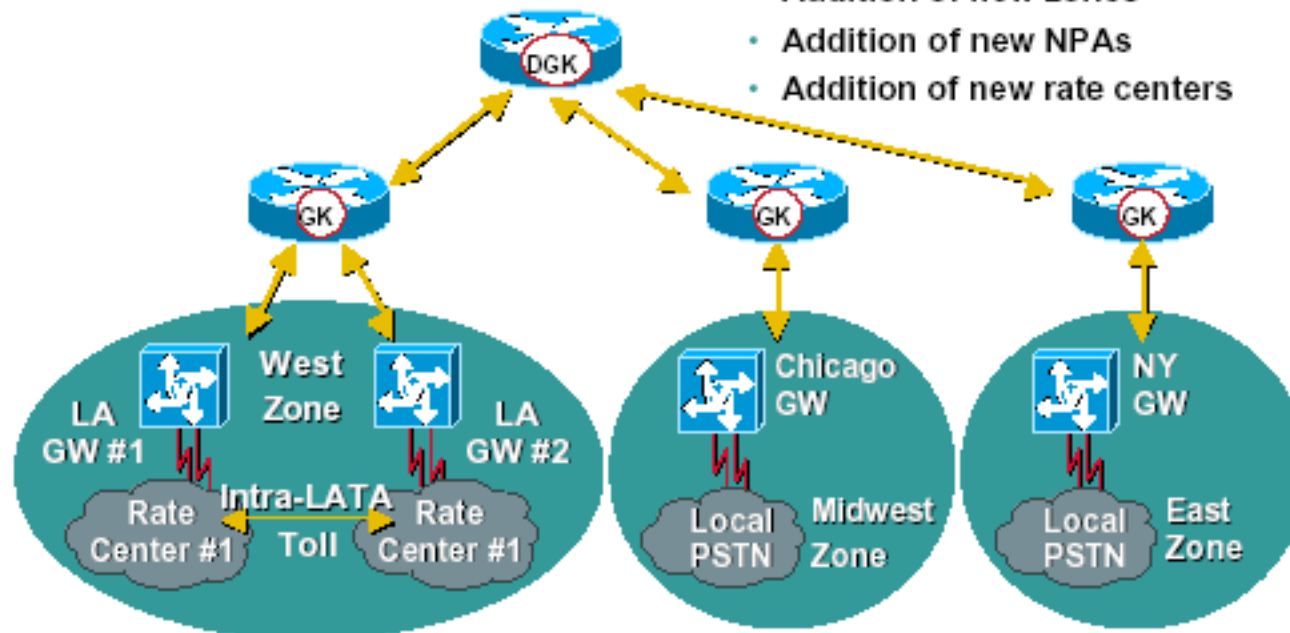
Source: CISCO



## Deploying H.323 Networks

Cisco.com

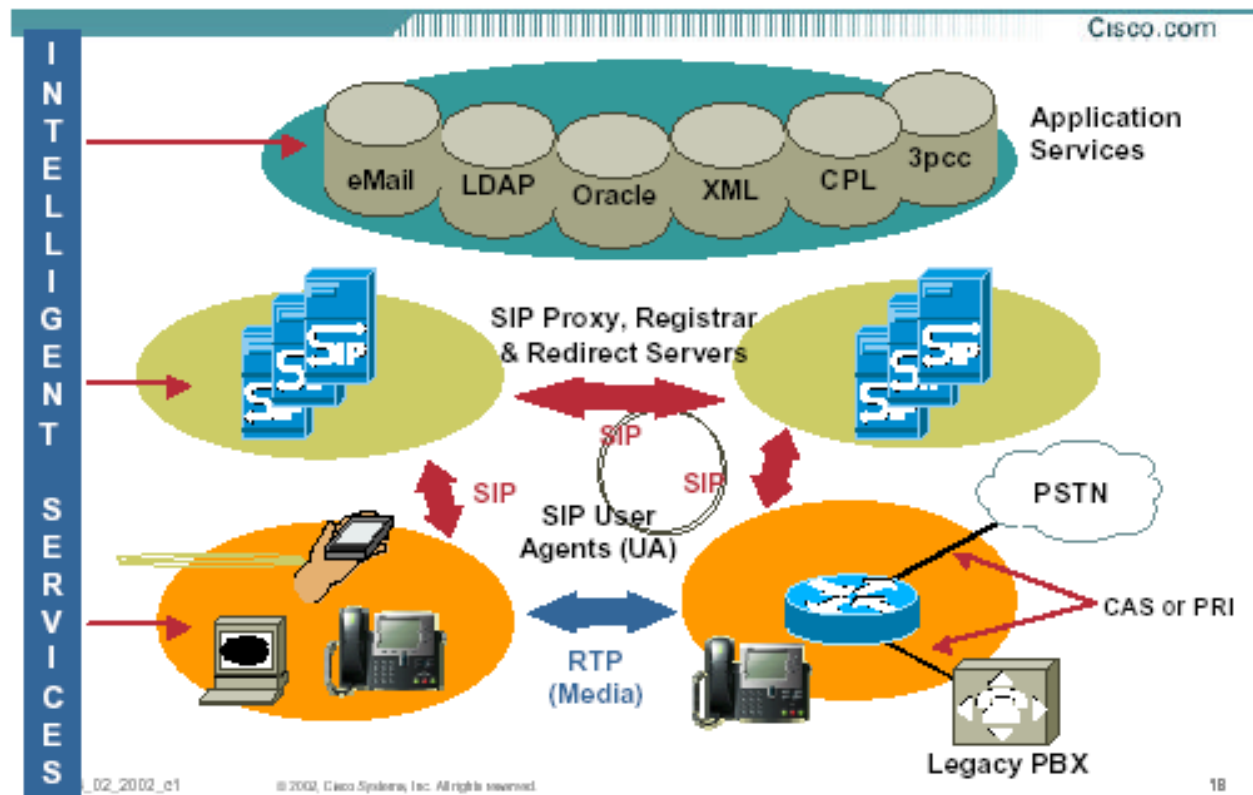
- Minimizes GK configuration
- Addition of new zones
- Addition of new NPAs
- Addition of new rate centers



Source: CISCO



# SIP Architecture

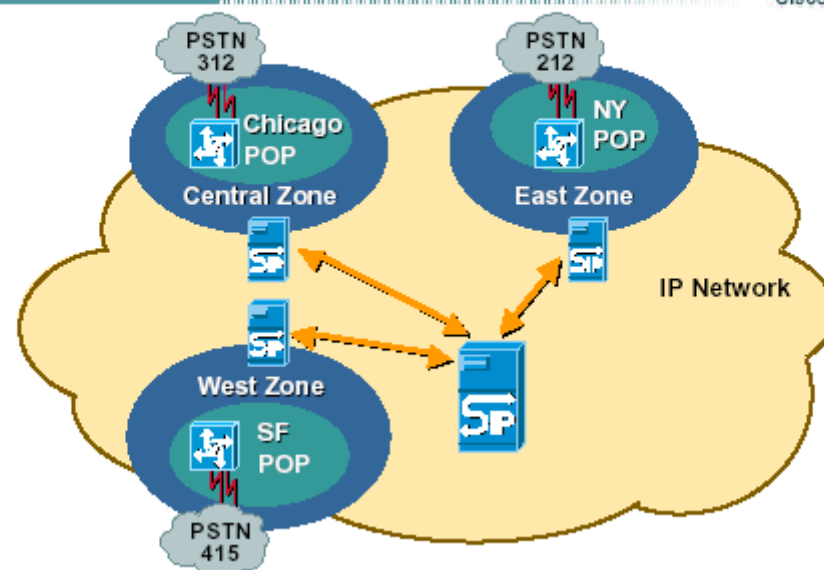






## Deploying SIP Networks

Cisco.com



Source: CISCO