

VoIP

Voice Over Internet Protocol

Hakim Badis

IGM, Université Paris-Est Marne-la-Vallée



Sommaire

- **Le réseau téléphonique commuté**
- **VoIP et ToIP**
- **L'architecture VoIP**
- **Les protocoles VoIP**



RTC

Schéma global du 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

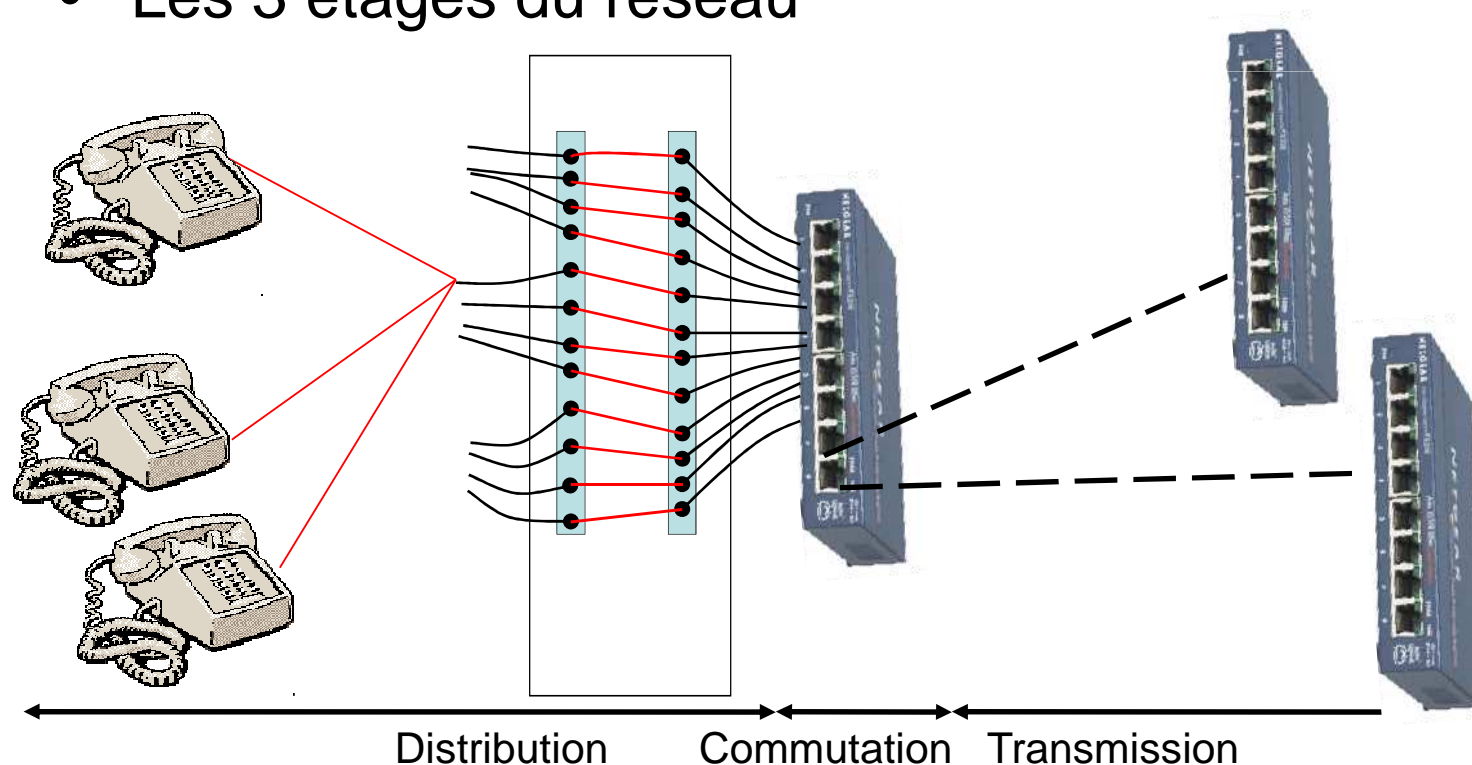




Schéma global du RTC

- **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)
- **Distribution** : le réseau reliant les abonnés au commutateur le plus proche (le commutateur de rattachement)

Schéma global du RTC

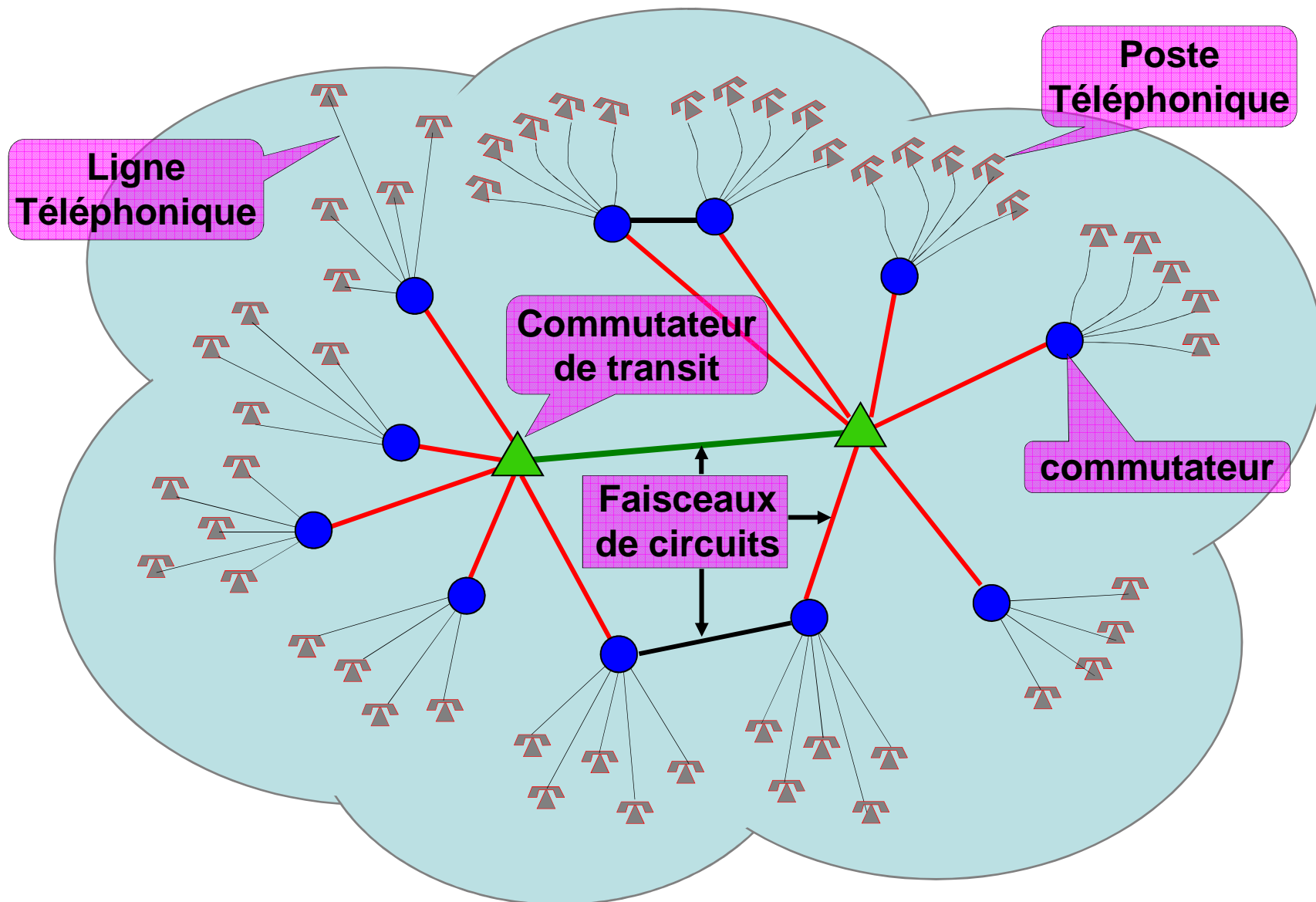
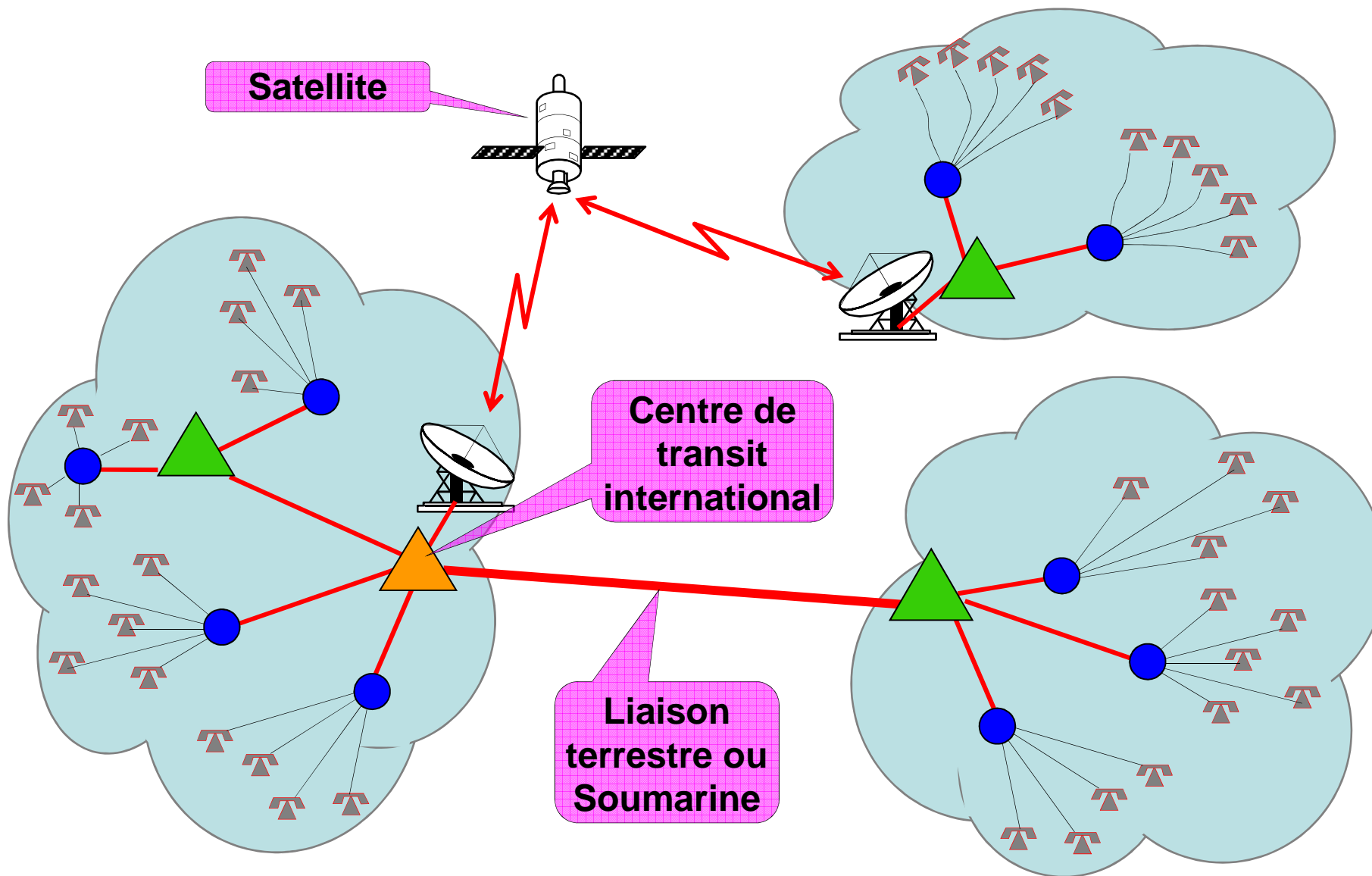


Schéma global du RTC

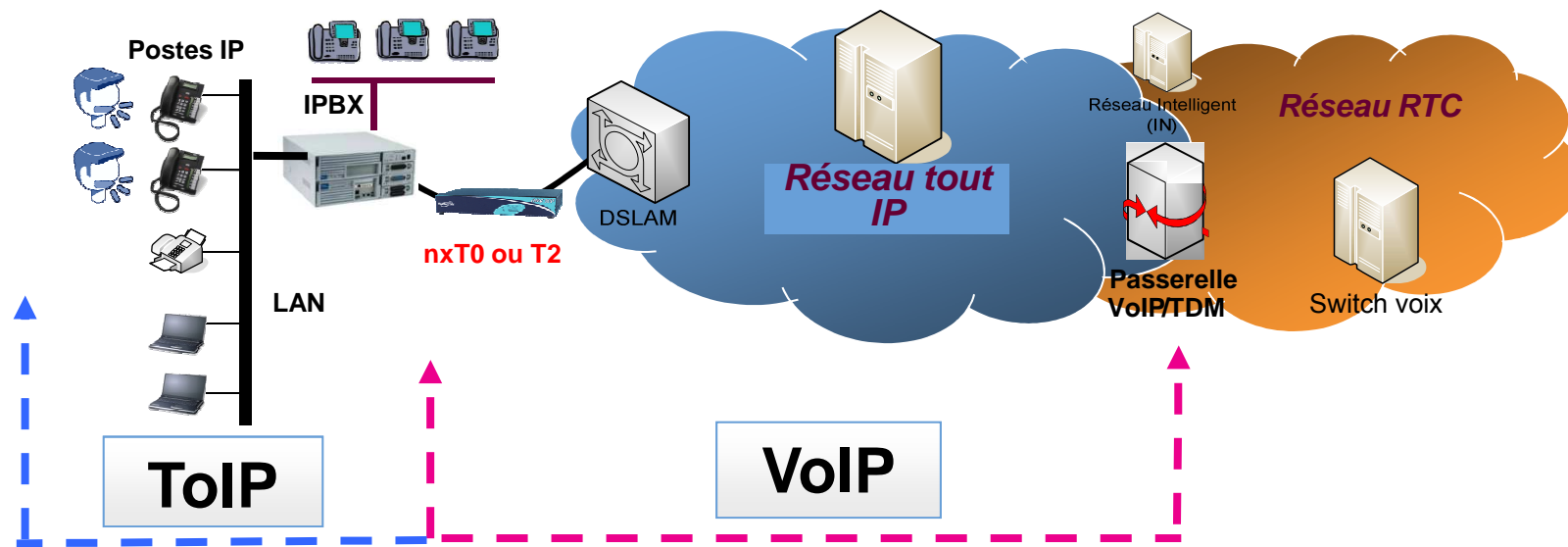


VoIP vs la ToIP

La ToIP = L'IP jusqu'au POSTE TELEPHONIQUE

• **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 ou réseau LAN
- Notion OPERATEUR





Principe

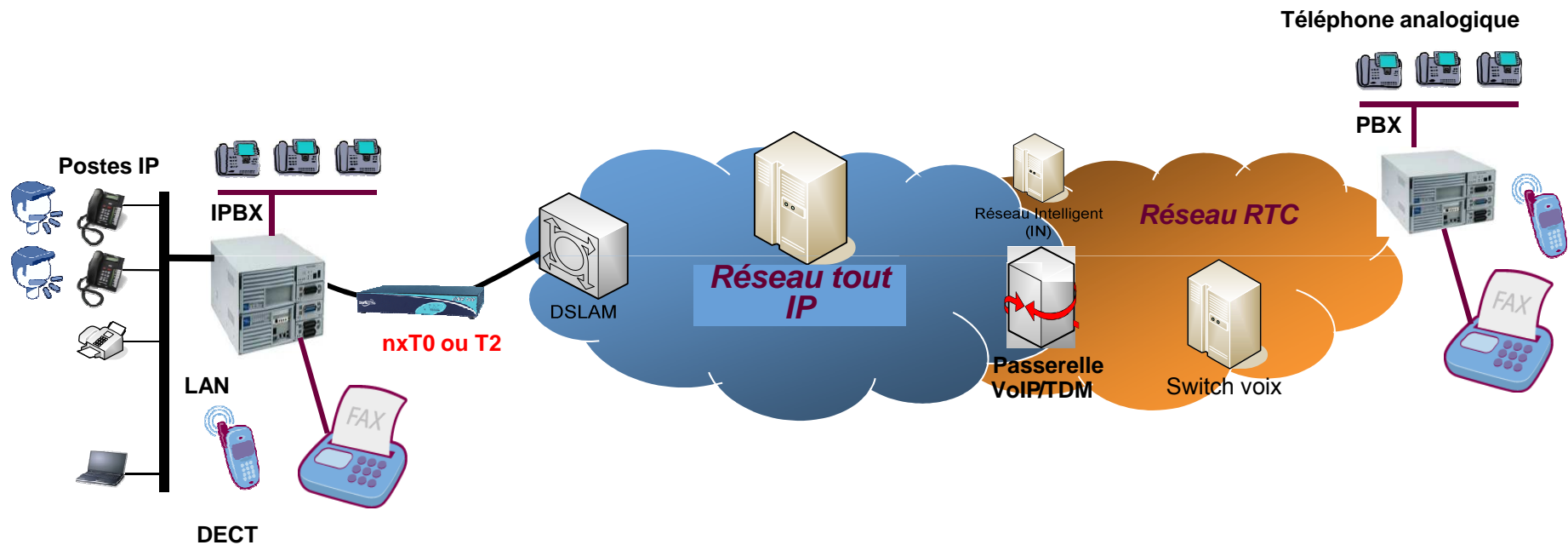
L'objectif de la voix sur IP (en anglais, Voice over IP ou VoIP) est d'appliquer à la voix le même traitement (avec QoS) que les autres types de données circulant sur Internet, grâce au protocole IP.



Quels avantages confère la VoIP

- Réduction des coûts
- Triple play (voix, vidéo et données) sur un même réseau
- la téléphonie sur IP utilise jusqu'à dix fois moins de bande passante que la téléphonie traditionnelle
- La mobilité
- ...

Architecture VoIP



PBX : 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...).

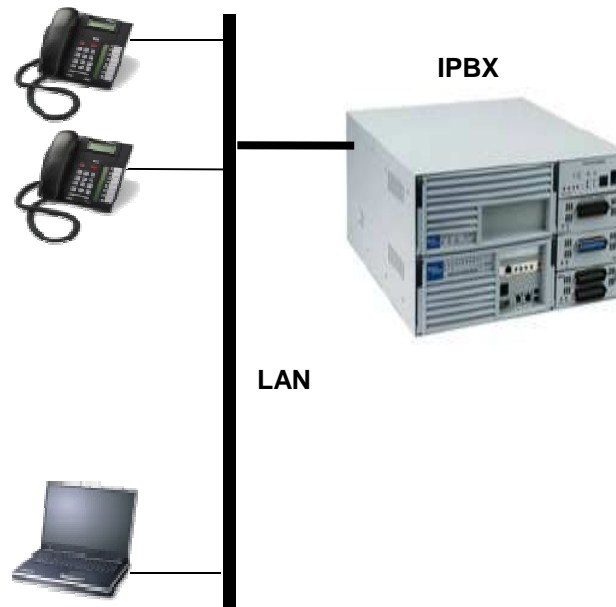




- Le PABX IP est l'évolution vers l'IP du PBX traditionnel
- Le PABX IP est un PABX bâti sur un serveur/routeur faisant tourner un logiciel au lieu d'un équipement électronique indépendant et dédié
- Asterisk est un logiciel qui transforme un PC sous Linux en standard téléphonique IP (ou gestionnaire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

IPBX : fonctions de base

- Un IPBX permet donc de communiquer par VoIP mais aussi en texte ou visio entre des PC équipés de softphone ou des téléphones SIP
- Une fois un IPBX installé sur votre réseau, il sera donc possible de parler de PC à PC ou de PC a téléphone.





IPBX : fonctions de base

- IPBX pourra également prendre en charge votre présence ou occupation pour diriger l'appelant vers une boîte vocale, qui pourra transmettre ensuite vos messages sur votre email
- On trouve également des musiques d'attentes, des renvois vers d'autres postes...

IPBX : accès au réseau public

- Il serait dommage, et surtout presque inutile, de garder ces fonctions de téléphonie pour soi
- Il existe donc différents moyens de connecter un IPBX au réseau
- on utilise des cartes comme celle de digium pour se connecter sur des prises analogiques (FXO) ou numéris (ISDN) public téléphonique
- Il existe également des passerelles semblable à des routeurs ou switch réseau.





IPBX : accès au réseau public

FXS (Foreign Exchange Station)

Permet de connecter directement sur le routeur un téléphone standard, un fax ou un équipement équivalent. La connectique est de type RJ11.

FXO (foreign Exchange Office)

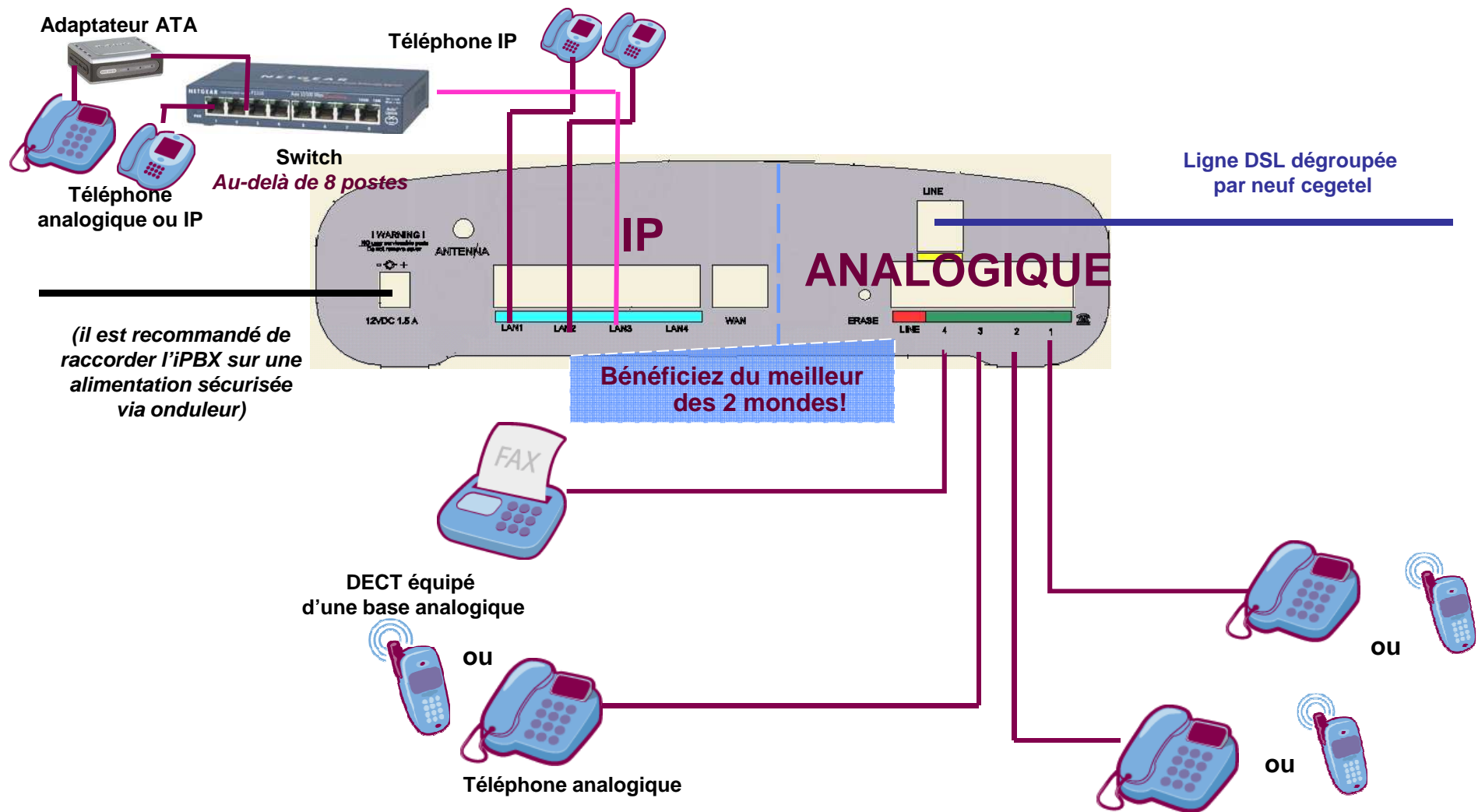
Équivalente à une interface téléphonique standard. Elle permet de connecter le routeur au réseau téléphonique commuté (RTC ou PSTN) ou à un PBX. La connectique est la même que la carte FXS (RJ11) .



IPBX : accès au réseau public

- A partir de ce moment, votre IPBX prend donc en charge vos appels entrants provenant de l'extérieur
- Il est possible de configurer des standard automatique, file d'attente, groupement de sonnerie ainsi que le transfert et les boîtes vocales

IPBX

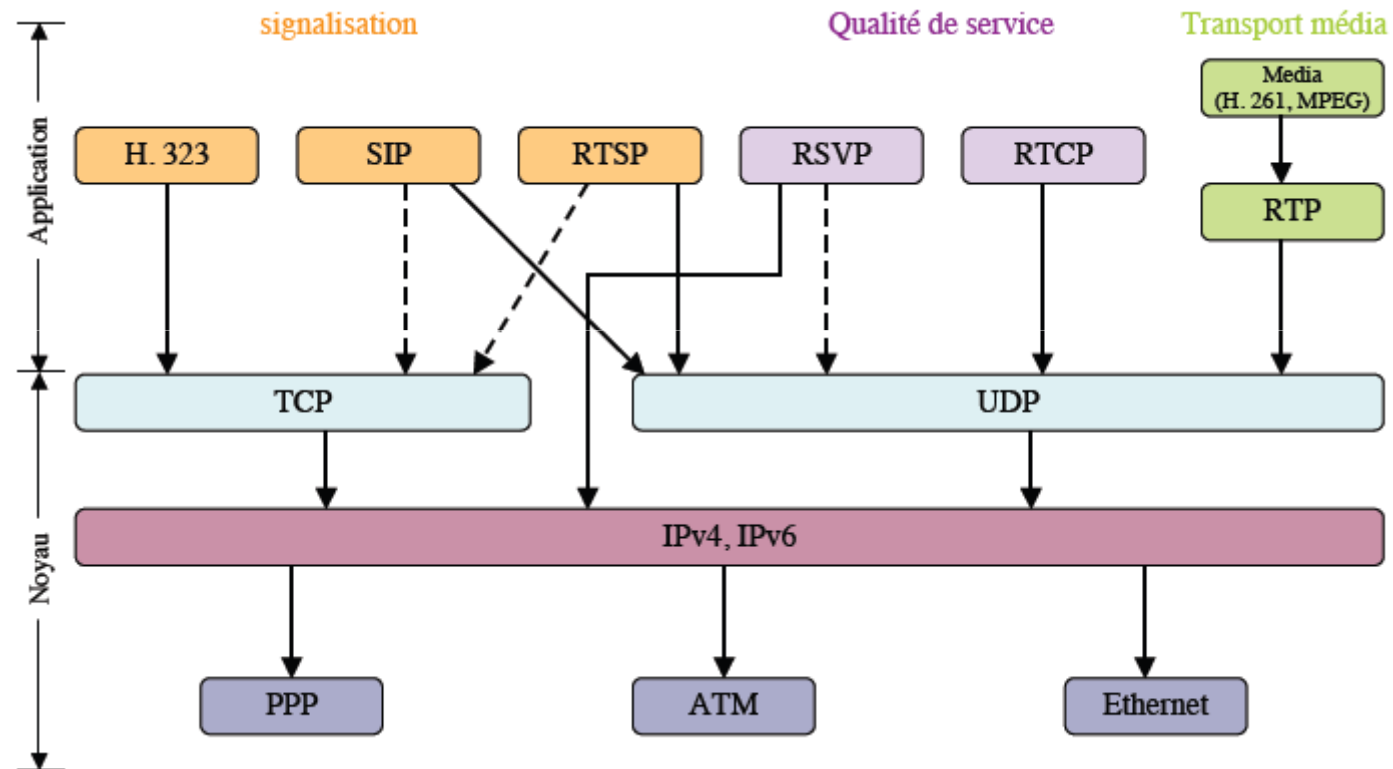




Protocoles de signalisation VoIP

- Solutions IETF (Internet Engineering Task Force)
 - MMUSIC
 - SIP
 - MEGACO-H248-MGCP
- H323

Protocoles de signalisation VoIP





Protocoles de transport de la voix

- RTP (Real Time Protocol)
- RTCP (Real Time Control protocol)

Protocoles MMUSIC (Multiparty Multimedia Session Control)

- Ensemble de standards développés pour le support de conférences Internet multimédia
- Protocoles définis ou en cours d'élaboration
 - SIP- Session Initiation Protocol RFC 2543
 - SAP- Session Announcement Protocol
 - SDP- Session Description Protocol RFC 2327
 - RTSP- Real-Time Stream Protocol RFC 2326
 - SCCP- Simple Conference Control Protocol



- Présentation de SIP
- Caractéristiques de SIP
- Fonctionnement de SIP
- Architecture SIP
 - User Agent Client, User Agent Server
 - Registrar, Proxy
- Requêtes / Réponses SIP
 - Téléphone SIP vers Téléphone SIP
 - Proxy Call Flow
 - Call Stateful Proxy

The background of the slide features a dark, blurred image of network hardware, including what appears to be a switch or router with glowing blue and red lights, and a smartphone in the foreground on the right side.

Présentation de SIP (Session Initiation Protocol)

- Protocole normalisé et standardisé par l'IETF (RFC 3261)
- Permet d'établir, modifier et terminer des sessions multimédia
- Le but premier de SIP est d'établir une session
- Le deuxième est de fournir une description du type de session demandée
- SIP est le standard ouvert de VoIP (Voice Over IP, voix sur IP) interopérable le plus étendu et vise à devenir le standard des télécommunications multimédia (son, image, etc.)



Caractéristiques de SIP

- Prend en charge :
 - L'authentification et la localisation des multiples participants
 - La négociation sur les types de média utilisables par les différents participants en encapsulant des messages SDP (Session Description Protocol)
- Ne prend pas en charge :
 - Le transport des données échangées durant la session comme la voix ou la vidéo
- Son point fort :
 - SIP étant indépendant de la transmission des données, tout type de données et de protocoles peut être utilisé pour cet échange



Entités de SIP

- Le serveur proxy (Proxy server) : Il reçoit des requêtes de clients qu'il traite lui-même ou qu'il achemine à d'autres serveurs après avoir éventuellement réalisé certaines modifications sur ces requêtes
- Le serveur de redirection (Redirect server) : Il s'agit d'un serveur qui accepte des requêtes SIP, traduit l'adresse SIP de destination en une ou plusieurs adresses réseau et les retourne au client. Contrairement au Proxy server, le Redirect server n'achemine pas de requêtes SIP.
- L'agent utilisateur (UA, User Agent) : Il s'agit d'une application sur un équipement de l'utilisateur qui émet et reçoit des requêtes SIP



Entités de SIP

- L'enregistreur (Registrar) : Il s'agit d'un serveur qui accepte les requêtes SIP REGISTER.
 - SIP dispose de la fonction d'enregistrement d'utilisateurs.
 - L'utilisateur indique par un message REGISTER émis au Registrar, l'adresse où il est joignable (e.g., adresse IP).
 - Le Registrar met alors à jour une base de donnée de localisation.
 - L'enregistreur est une fonction associée à un Proxy server ou à un Redirect server.



Fonctionnement de SIP

- Les méthodes de base sont :
 - **INVITE** permet à un client de demander une nouvelle session. Elle contient des informations sur l'appelant et l'appelé et sur le type de flux qui seront échangés (voix, vidéo, etc)
 - **ACK** confirme l'établissement de la session
 - **CANCEL** est utilisée pour demander l'abandon d'un appel en cours mais n'a aucun effet sur un appel déjà accepté. En effet, seule la méthode BYE peut terminer un appel établi
 - **BYE** termine une session en cours
 - **REGISTER** est utilisée par un UA afin d'indiquer au Registrar la correspondance entre son adresse SIP et son adresse de contact (e.g., adresse IP)
 - **OPTIONS** est utilisée afin d'interroger les capacités et l'état d'un User agent ou d'un serveur. La réponse contient ses capacités (e.g., type de média étant supporté, méthodes supportées, langue supportée) ou le fait que l'UA soit indisponible.

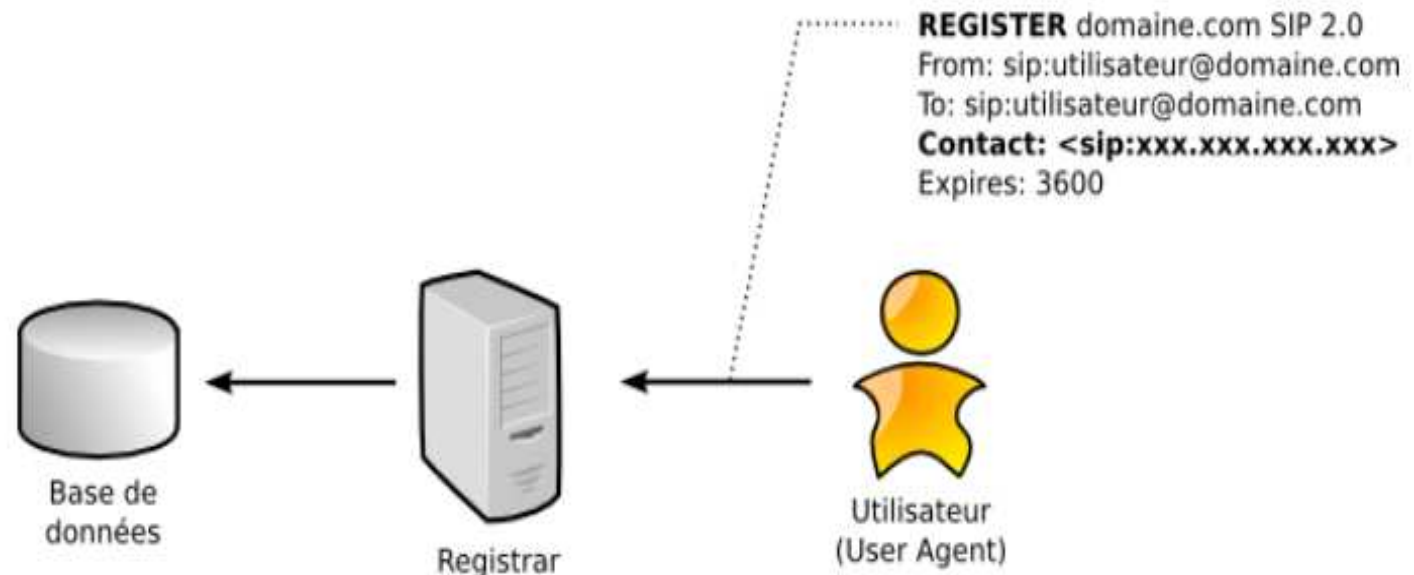


Fonctionnement de SIP

- Les codes de réponse sont similaires à HTTP
 - 100 Trying
 - 200 OK
 - 404 Not Found
- Certains codes sont spécifiques à SIP
 - 180 Ringing
 - 486 Busy

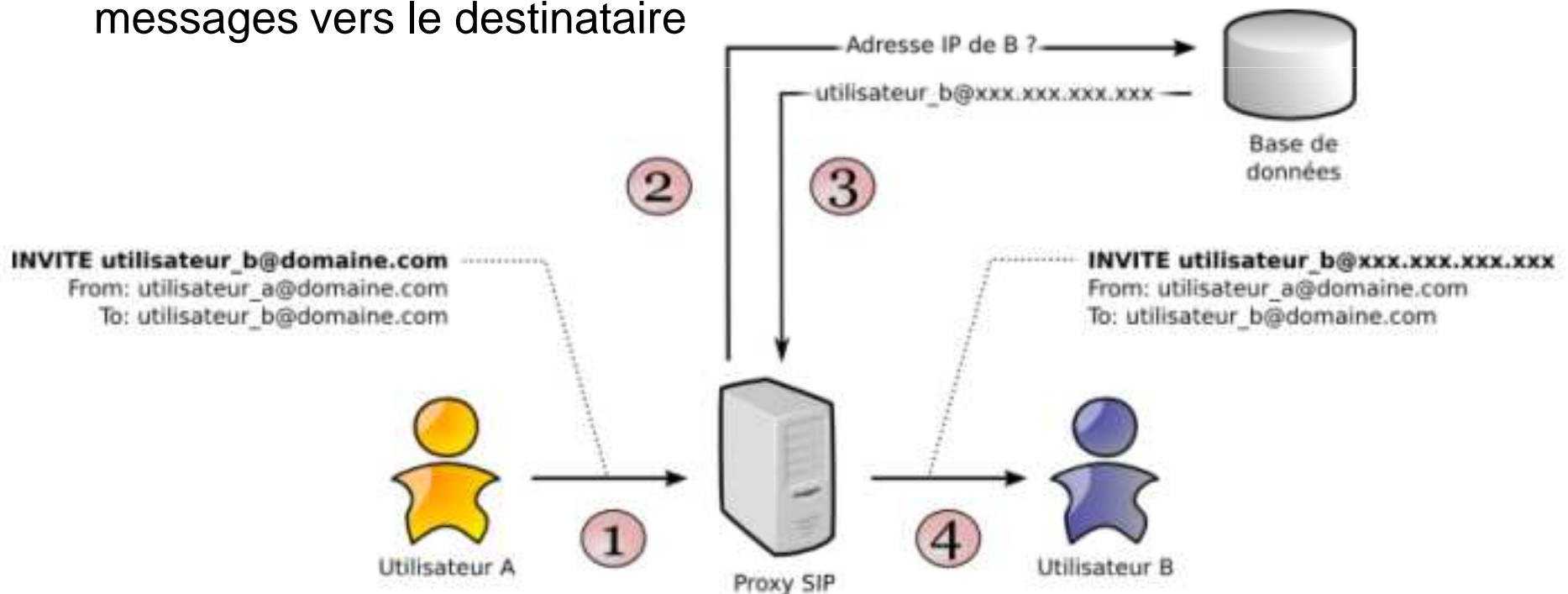
Architecture de SIP - Registrar

- La méthode REGISTER est utilisée par un User agent afin d'indiquer à la fonction Registrar la correspondance entre son adresse SIP (e.g., sip:mary.taylor@orange.com) et son adresse IP (e.g., [sip:mary.taylor@192.190.132.20](#)).
- Ces requêtes contiennent donc une adresse IP, associée à une URI, qui seront stockées dans une base de données
- Les URI SIP sont très similaires dans leur forme à des adresses email : [sip:utilisateur@domaine.com](#)

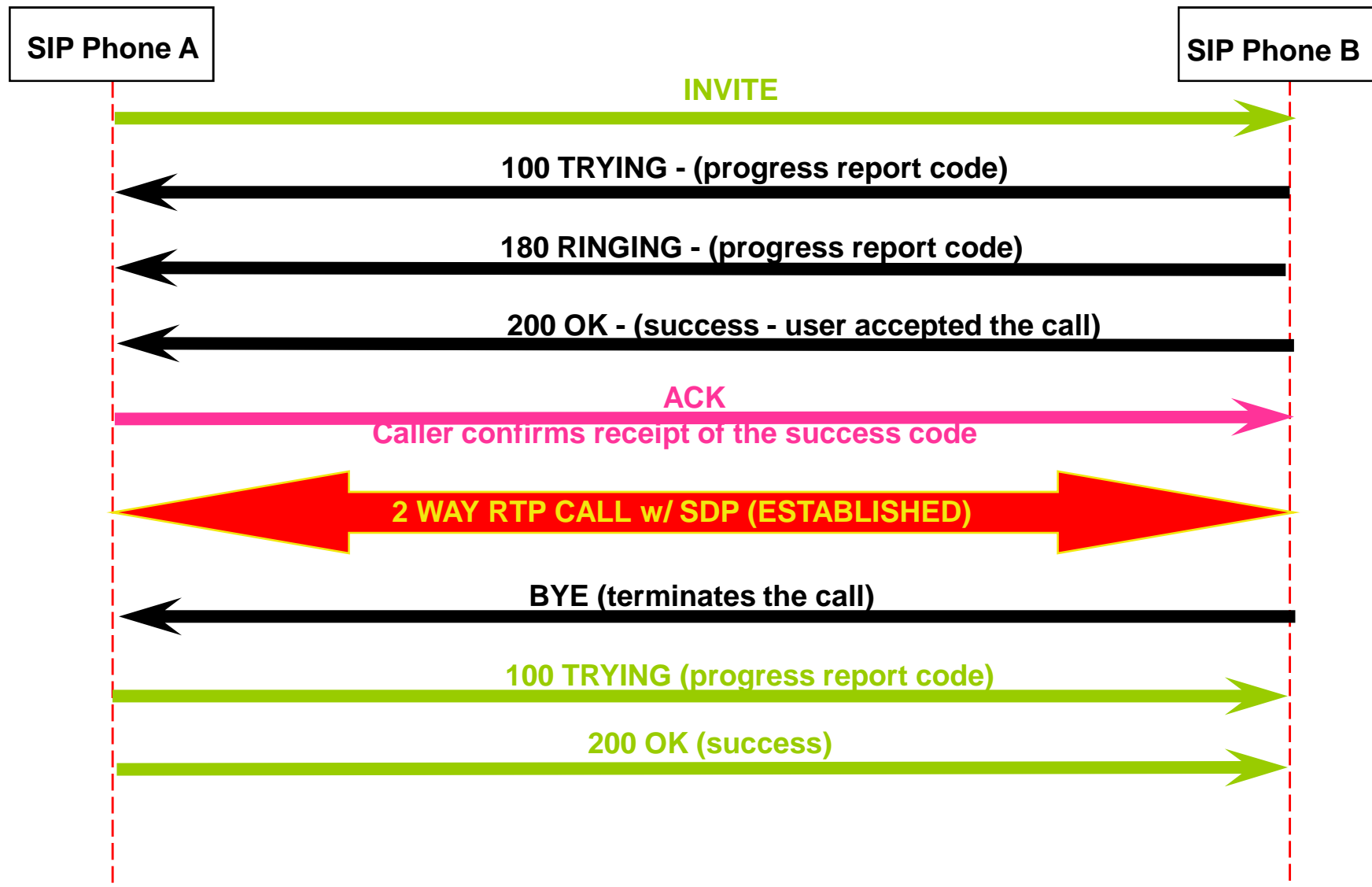


Architecture de SIP - Proxy

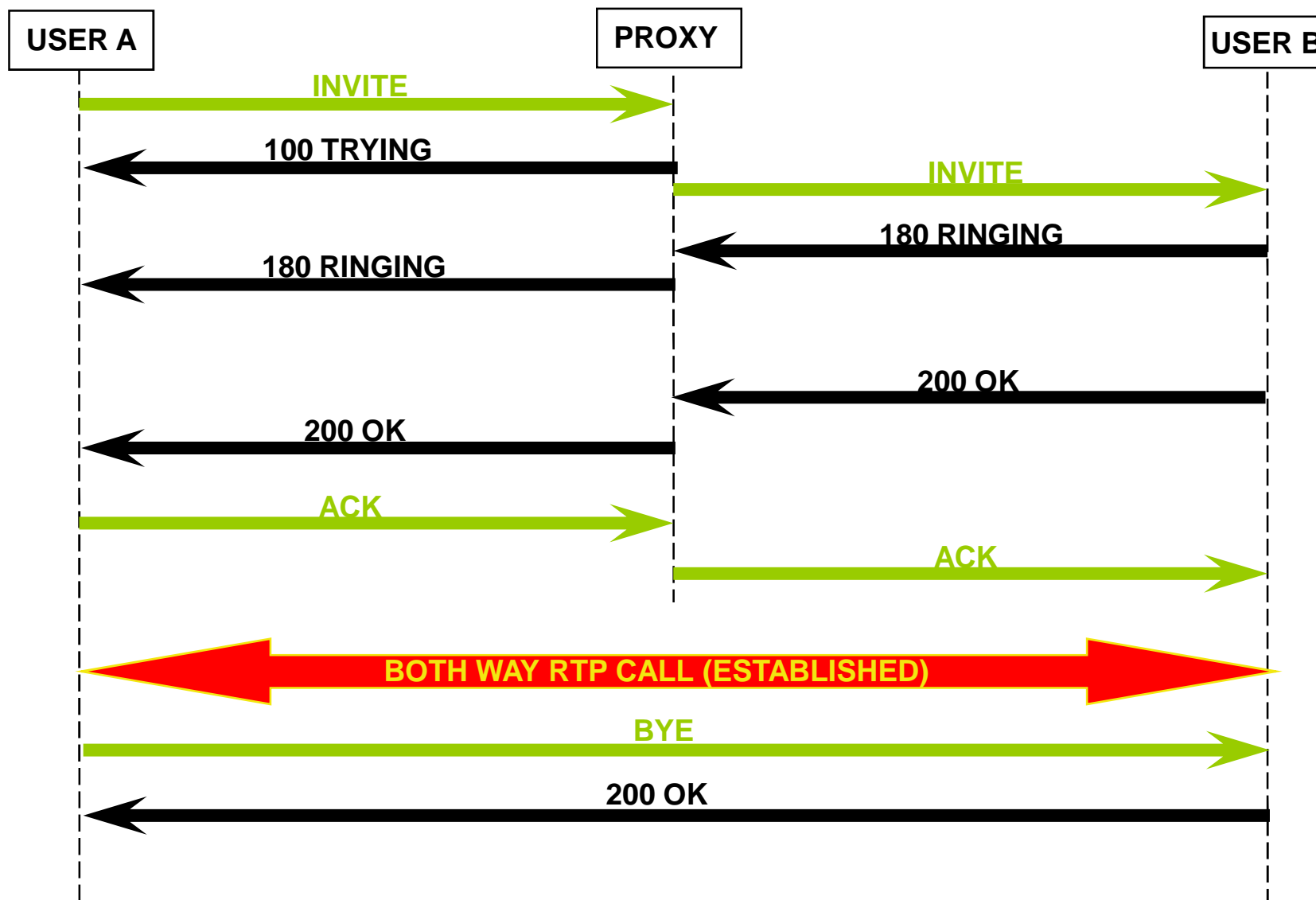
- Un Proxy SIP sert d'intermédiaire entre deux User Agents qui ne connaissent pas leurs emplacements respectifs (adresse IP)
- L'association URI-Adresse IP a été stockée préalablement dans une base de données par un Registrar
- Le Proxy peut donc interroger cette base de données pour diriger les messages vers le destinataire



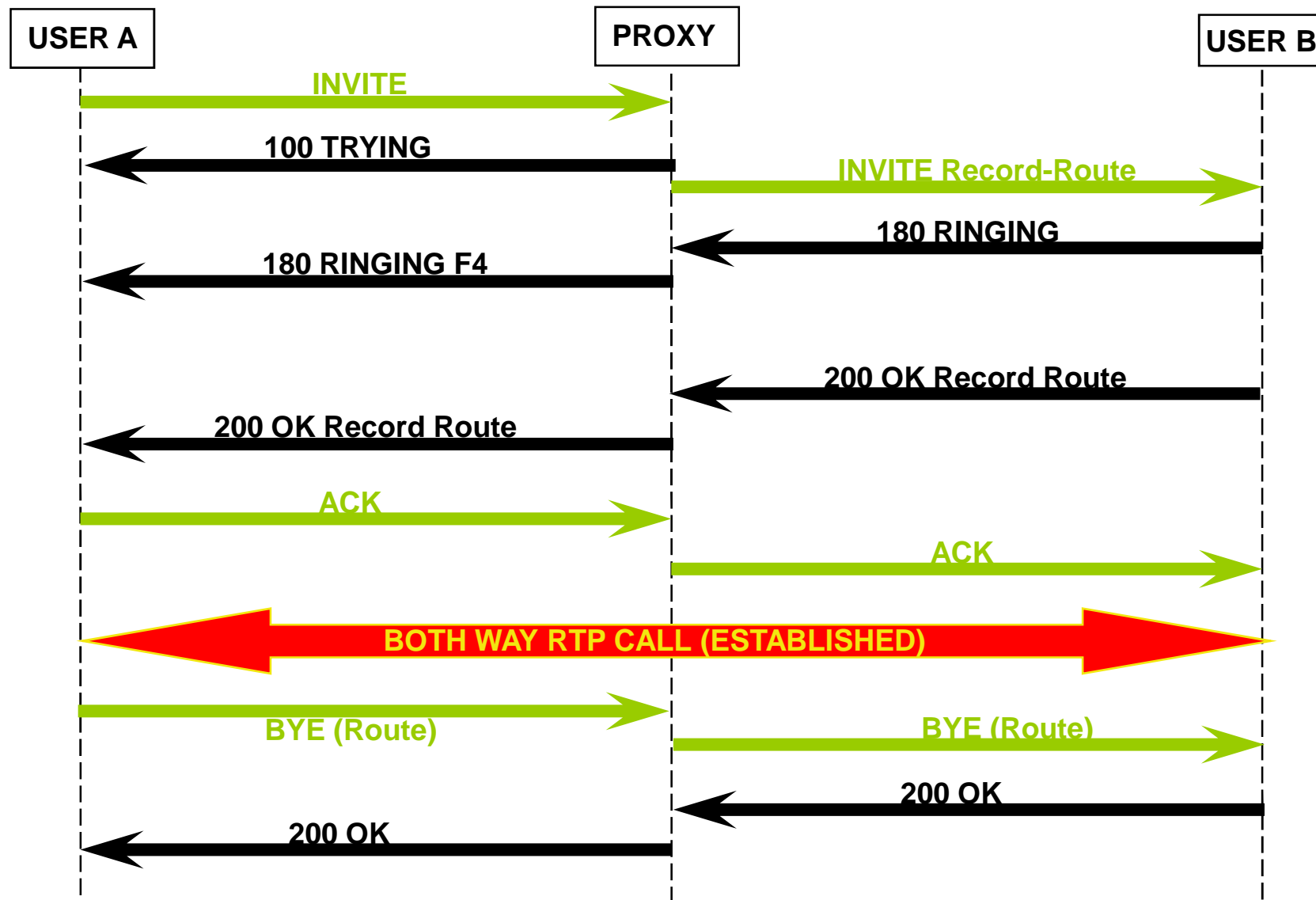
Téléphone SIP vers Téléphone SIP



Flux d'appel SIP avec un serveur Proxy (Stateless Proxy Server)



Flux d'appel SIP avec un serveur Proxy Stateful (Call Stateful Proxy Server)

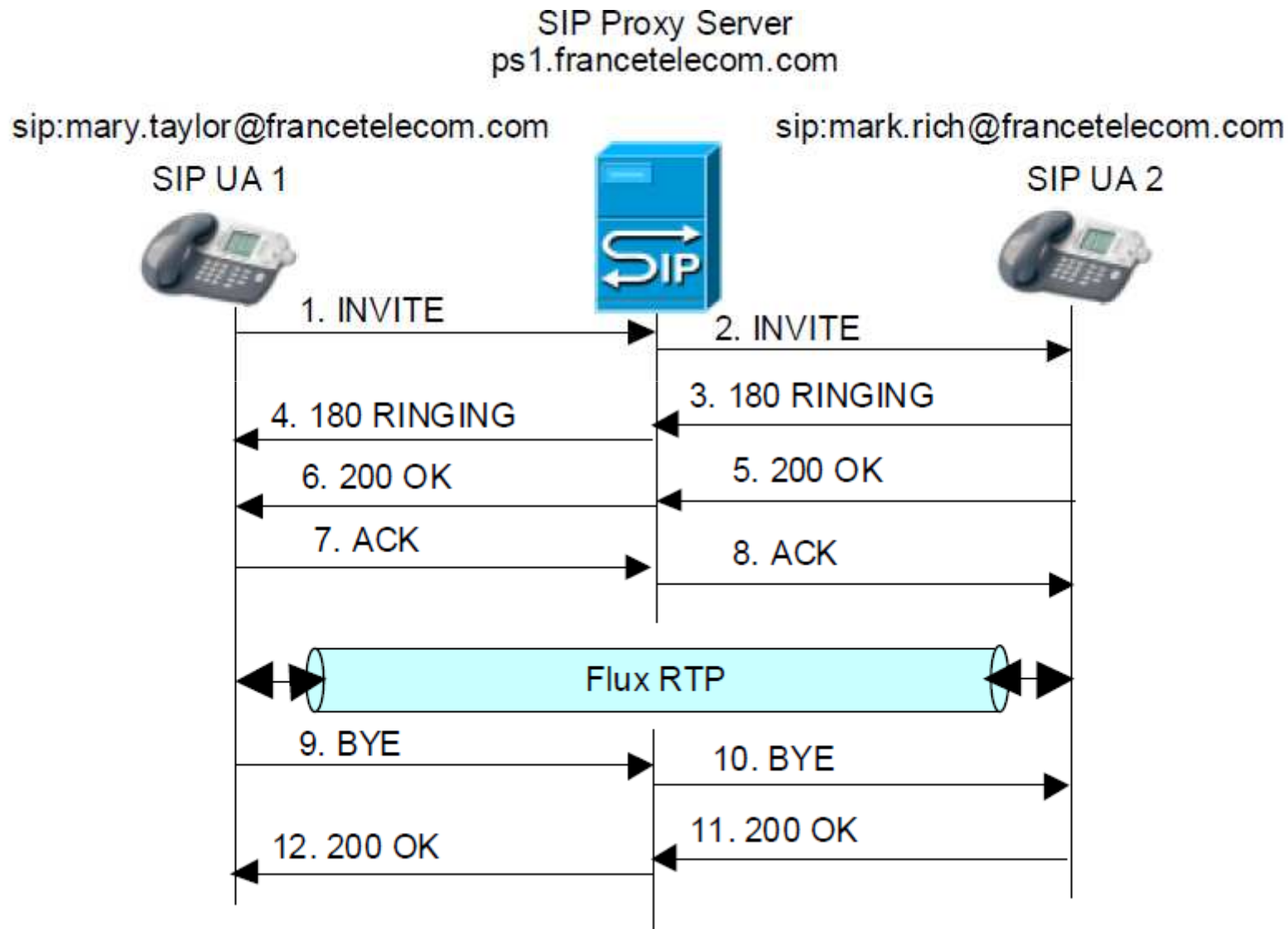




SDP dans SIP

- SIP utilise le protocole SDP pour décrire les le média contenu : Codecs utilisés, ports
- Certains champs SDP n'ont pas raison d'être dans SIP mais ils restent pour l'interopérabilité
- SDP n'as pas été conçu pour la négociation multimédia
- SIP profite de SDP pour offrir un support aux différents types de media présents dans un appel
- L'UA destinataire répond avec les types de medias compatibles

SIP : Exemple





SIP : Exemple

- L'appelant a pour URL SIP `sip:mary.taylor@francetelecom.com`, alors que celle de l'appelé est sip:mart.rich@francetelecom.com
- Un message d'établissement d'appel SIP INVITE est émis par L'UA SIP de l'appelant au Proxy Server
- Ce dernier interroge la base de données de localisation pour identifier la localisation de l'appelé (adresse IP) et achemine l'appel à la destination
- Le message INVITE contient différents headers obligatoires dont
 - L'adresse SIP de l'appelant "From",
 - L'adresse SIP de l'appelé "To",
 - Un identifiant d'appel "Call-ID",
 - Un numéro de séquence "Cseq",
 - Un nombre maximum de sauts « max-forwards ».
- Le header « Via » est mis à jour par toutes les entités qui ont le même chemin que la requête.



SIP : Exemple

```
INVITE sip:mark.rich@francetelecom.com SIP/2.0
Via : SIP/2.0/UDP station1.francetelecom.com:5060
Max-Forwards : 20
To : Mark Rich <sip:mark.rich@francetelecom.com>
From : Mary Taylor <sip:mary.taylor@francetelecom.com>
Call-Id: 23456789@station1.francetelecom.com
CSeq: 1 INVITE
Contact: mary.taylor@192.190.132.20
Content-Type: application/sdp
Content-Length:162
v = 0
c = IN IP4 192.190.132.20
m = audio 45450 RTP/AVP 0 15
```

- la requête **SIP INVITE** contient une syntaxe **SDP** (Session Description Protocol). Cette structure consiste en plusieurs lignes qui décrivent les caractéristiques du média que l'appelant "**Mary**" requiert pour l'appel



SIP : Exemple

- Mary Taylor indique que la description SDP utilise :
 - La version 0 du protocole
 - Il s'agit d'une session téléphonique (m=audio)
 - La voix paquetisée doit lui être délivrée à l'adresse de transport (port UDP = 45450, adresse IP = 192.23.34.45)
 - Avec le protocole RTP
 - En utilisant un format d'encodage défini dans le RFC AVP (Audio Video Profile)
- La réponse 180 RINGING est retournée par le destinataire à l'UA de l'appelant
- Lorsque l'appelé accepte la session, la réponse 200 OK est émise par son UA et acheminée à l'UA de l'appelant



SIP : Exemple

SIP/2.0 200 OK

Via : SIP/2.0/UDP ps1.francetelecom.com:5060

Via : SIP/2.0/UDP station1.francetelecom.com:5060

Max-Forwards : 20

To : Mark Rich <sip:mark.rich@francetelecom.com>

From : Mary Taylor <sip:mary.taylor@francetelecom.com>

Call-Id: 23456789@station1.francetelecom.com

CSeq: 1 INVITE

Contact: mark.rich@192.190.132.27

Content-Type: application/sdp

Content-Length:162

v = 0

c = IN IP4 192.190.132.27

m = audio 22220 RTP/AVP 0



SIP : Exemple

- Si un usager SIP veut renvoyer ses appels entrant de son domaine courant à un autre domaine (e.g., du domaine orange.com au domaine francetelecom.com)
- Il lui suffit d'indiquer à la fonction Registrar de orange.com son adresse SIP dans le domaine francetelecom.com.
- Quand un message INVITE doit être délivré par le proxy serveur du domaine orange.com à sip:mary.taylor@orange.com, la base de données mise à jour par la fonction Registrar indique au Proxy Server que le message doit être relayé à sip:mary.taylor@francetelecom.com
- Alors le Proxy server effectue une recherche par le DNS de l'adresse IP du Proxy server du domaine francetelecom.com afin de lui relayer le message SIP à acheminer à la destination appropriée (sip:mary.taylor@francetelecom.com)
- Ce dernier interroge la base de données de localisation pour identifier la localisation de l'appelé (adresse IP) et achemine l'appel à la destination



Inconvénients avec SIP

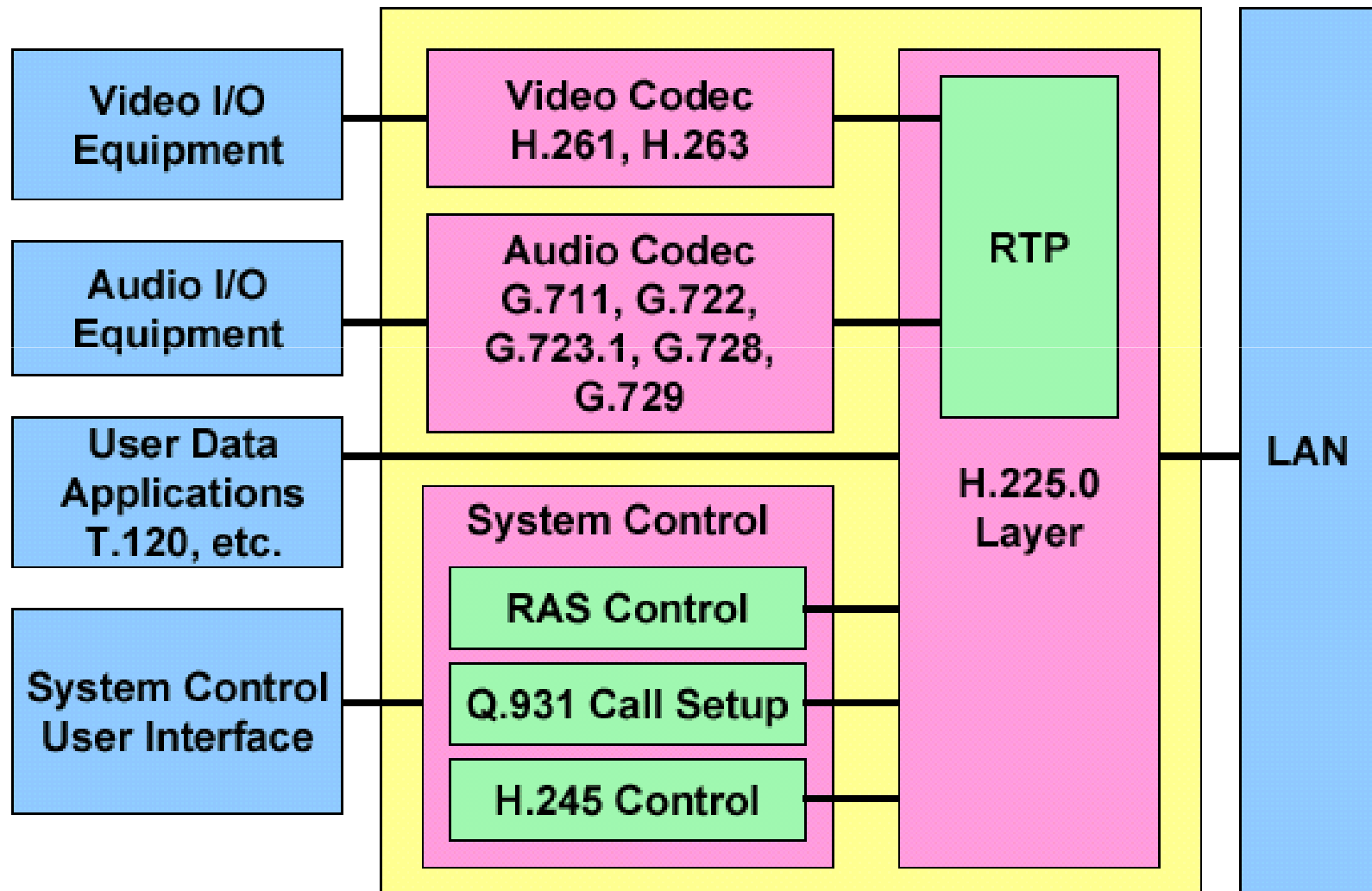
- Pare-feu (Firewall)
 - La majorité des firewalls dans les entreprises bloquent UDP
 - Les firewalls doivent tenir compte des sessions SIP INVITE - BYE et ouvrir un « trou » UDP pour accepter l'appel
 - Le Call Stateful Proxy est obligatoire. Il existe beaucoup de propositions pour contourner ce problème mais aucune n'est parfaite!
- Les NAT (Network Address Translation)



H323

- Développé par l'ITU
 - Actuellement H323v6
- S'inspire de la téléphonie
 - Utilisation de numéros de téléphone
- Association de nombreux protocoles (17)
 - Protocole de signalisation (contrôle) (H225)
 - Négociation de codec (H245)
 - Transport de l'information (RTP/RTCP)
- Complexe
 - Empilage de protocole
- Gestion de la bande passante
- Utilisé plus dans les cœurs de réseaux

H323

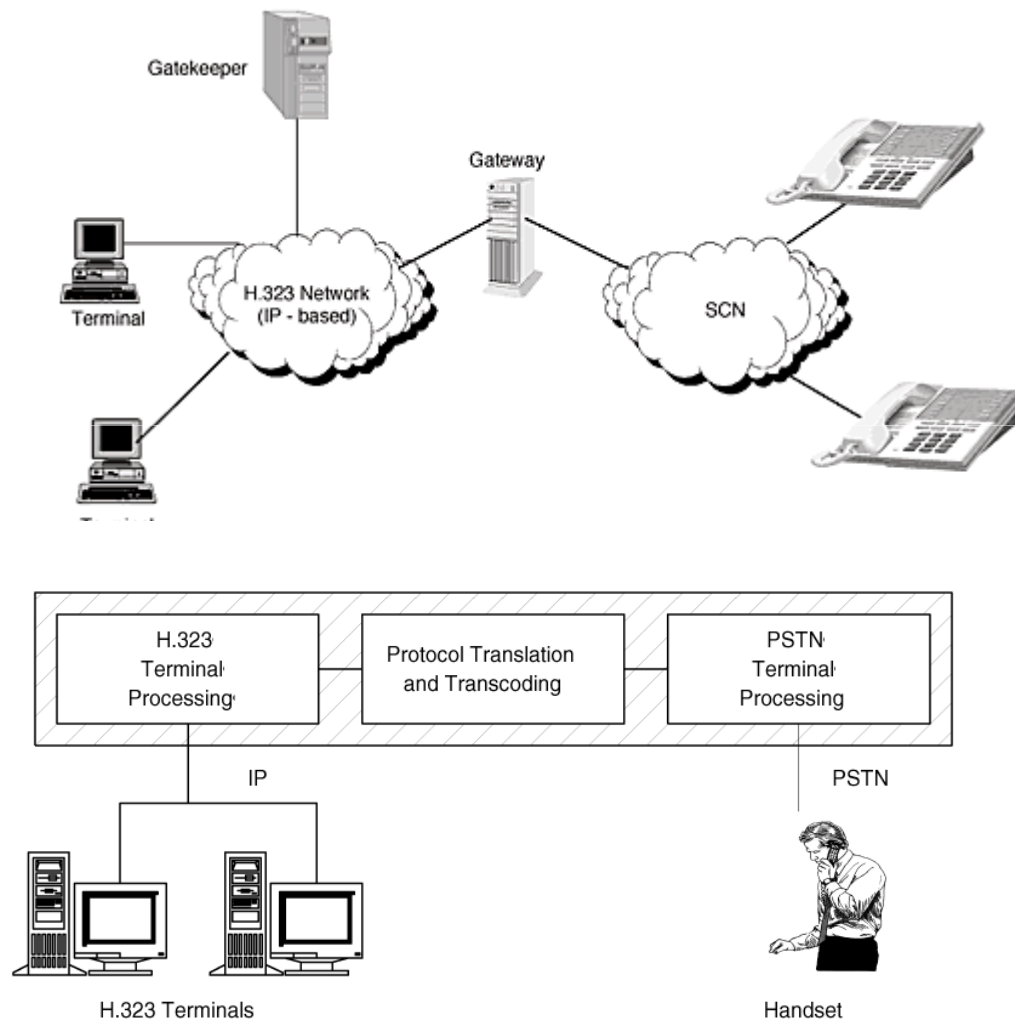




H323 : les éléments du réseau

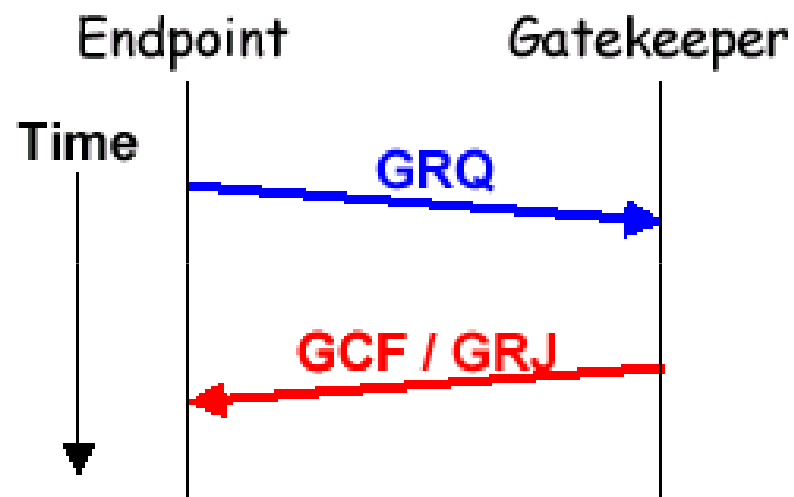
- Le GateKeeper
 - Transforme les identifiants H323 en adresse IP
 - Pas obligatoire si service de résolution d'adresse (DNS, LDAP, ...)
- La GateWay
 - Fait la liaison entre le réseau H323 et le réseau IP
 - Fait la conversion entre les formats de transmission
- Le MultiPoint Control Unit (Pont multipoint)
 - Utilisé pour faire de la visioconférence
- Le Périphérique Terminal

H323 : les éléments du réseau



H323 : le fonctionnement

- RAS : Registration, Admission and Status



Who is my Gatekeeper ?

GRQ Gatekeeper Request

I can be your Gatekeeper !

GCF Gatekeeper Confirmation

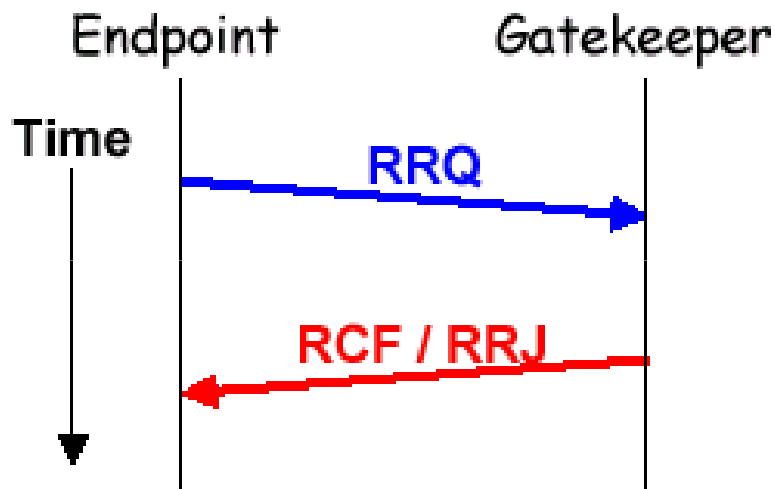
I don't want to be your Gatekeeper !

GRJ Gatekeeper Reject

Gatekeeper Discovery IP Multicast Address	224.0.1.41
Gatekeeper Discovery UDP Port	1718

H323 : le fonctionnement

- End point registration



RRQ Registration Request

callSignalAddress IP address

terminalAlias

- terminal ID,
- e-mail address,
- phone number

timeToLive in seconds

keepAlive bit, set in refresh message

RCF Registration Confirmation

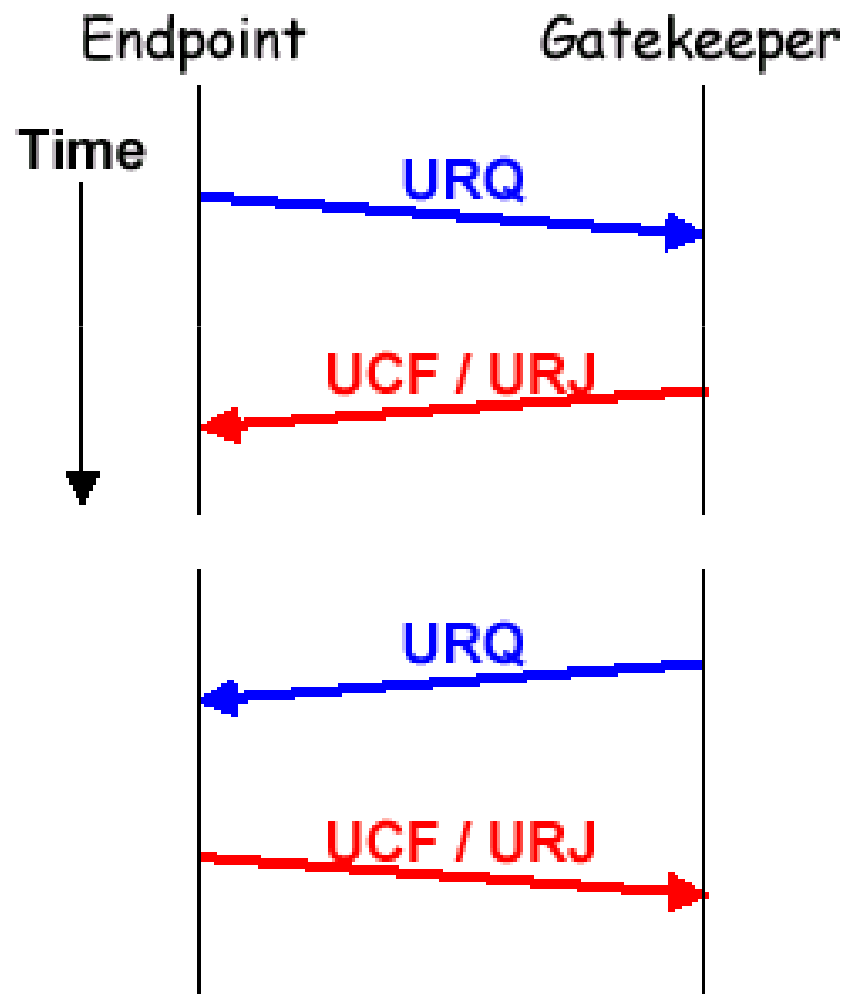
timeToLive in seconds

RRJ Registration Reject

Gatekeeper Registration and Status UDP Port	1719
---	------

H323 : le fonctionnement

- End point Unregistration



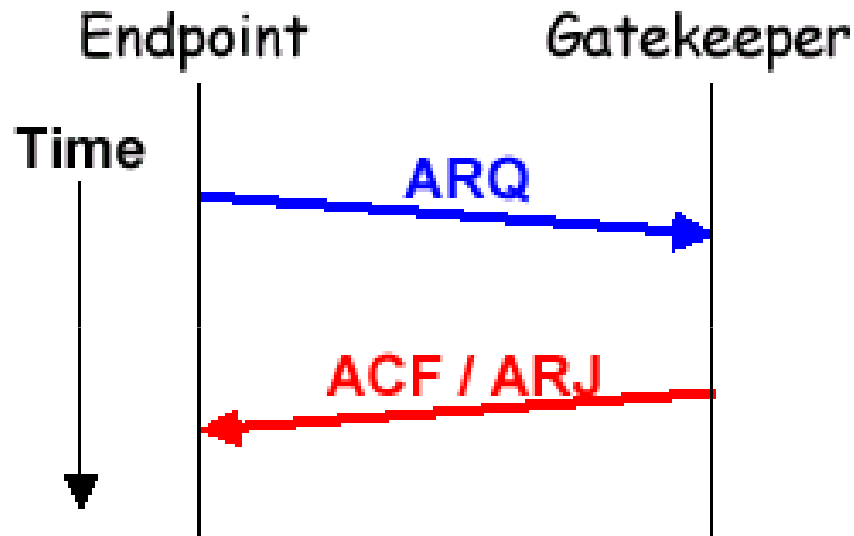
URQ Unregistration Request

UCF Unregistration Confirmation

URJ Unregistration Reject

H323 : le fonctionnement

- End point Admission to network



ARQ Admission Request

callModel ▪ direct

▪ gatekeeperRouted

bandWidth requested AV bandwidth

ACF Admission Confirmation

callModel, bandWidth

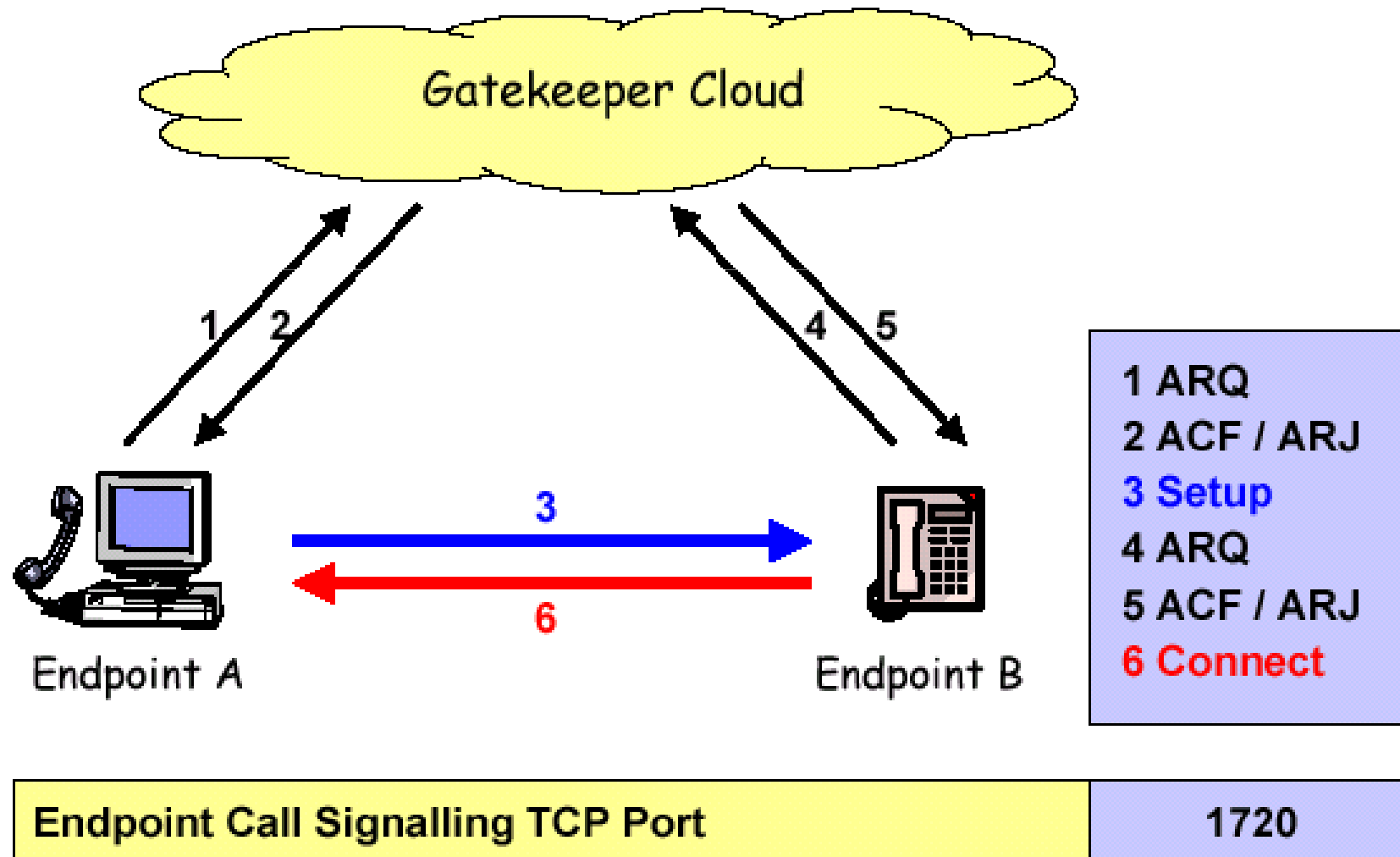
ARJ Admission Reject

Gatekeeper Registration and Status UDP Port

1719

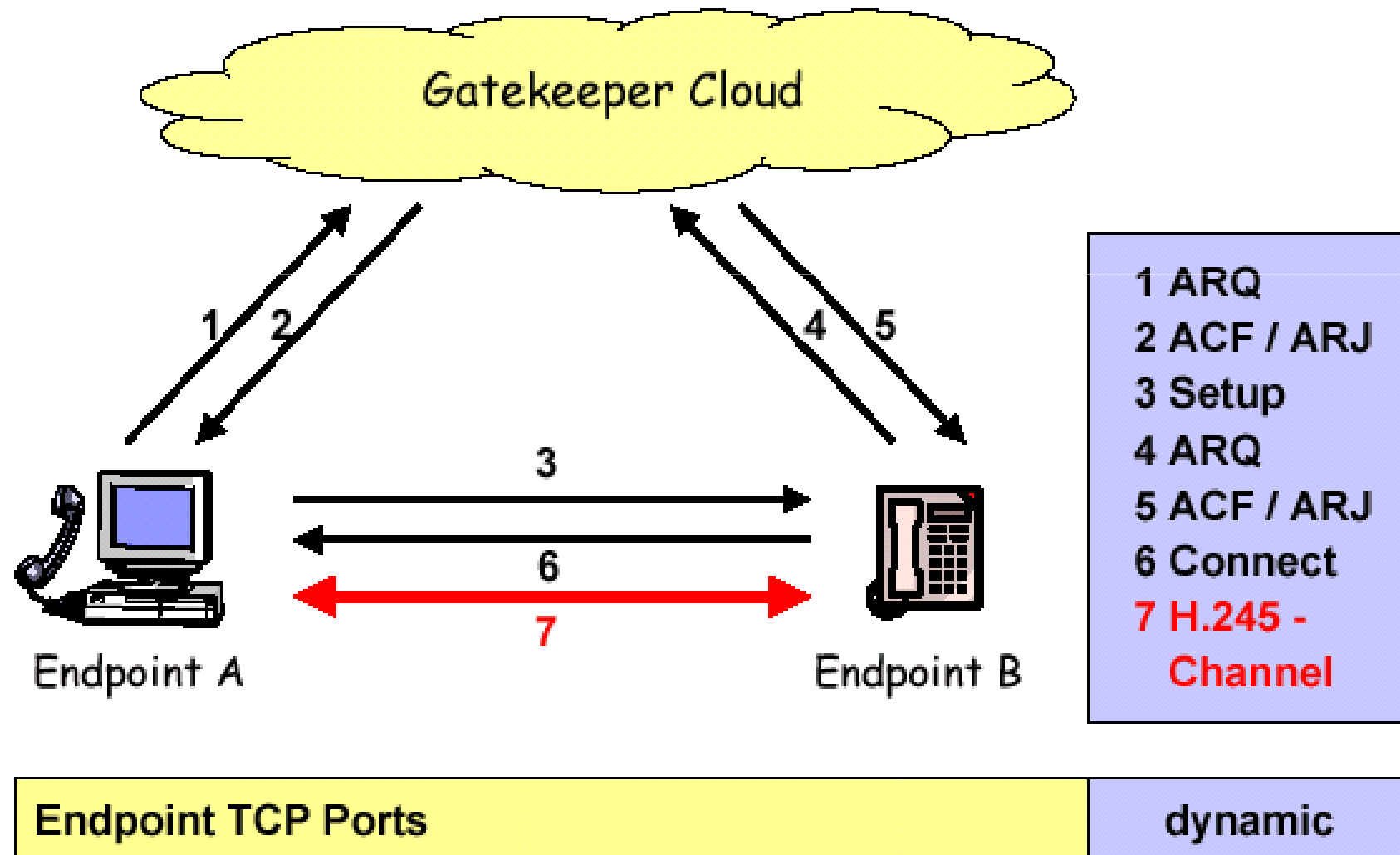
H323 : le fonctionnement

- Call setup and control



H323 : le fonctionnement

- Négociation de codecs (H245) et ouverture des canaux





H323 : les problèmes

- Implémentation de nombreuses normes propriétaires
 - Interopérabilité réduite
- Ouverture nombreux ports UDP et TCP
 - Statically-assigned TCP ports 1718 – 1720 and 1731 for call setup and control
 - Dynamically-assigned UDP ports in the range of 1024 – 65535 for video and audio data streams
- Problème avec les firewalls
- Quelques ports aléatoires
- Complexe
- En voie de disparition



RTP/RTCP (RFC 1889)

- Pourquoi un autre protocole de transport ?
 - Besoin :
 - ✓ séquençement des paquets
 - ✓ horodatage des paquets
 - ✓ identification de participants
 - ✓ surveillance de l'état de la connexion
 - Contrainte de temps réel = TCP inadapté
 - ✓ TCP exige la fiabilité à 100%
 - ✓ TCP favorise la fiabilité au dépend des délais
 - ✓ TCP existe seulement en version unicast
 - UDP :
 - ✓ service de transport non fiable
 - ✓ pas de connaissance du taux de perte
 - ✓ Impossibilité de reconstituer le flux et de synchroniser les média



RTP/RTCP (RFC 1889)

- Protocoles au dessus d'UDP adaptés au besoin temps réel
 - ✓ RTP (Real-timeTransport Protocole) pour l'acheminement des données
 - ✓ RTCP (Real-timeTransport Control Protocole) pour échanger des messages de contrôle
- Conçu pour les communications multipoint
- Comportent les champs nécessaires pour :
 - ✓ reconstituer le flux
 - ✓ identifier le type de l'information transportée
 - ✓ contrôler l'arrivée des paquets à destination

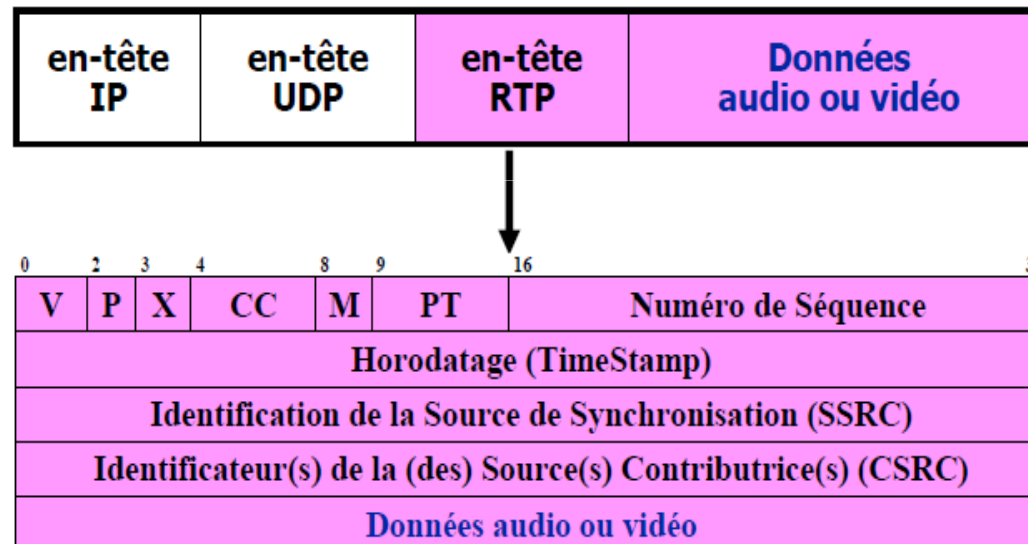


RTP/RTCP (RFC 1889)

- Les données audio et vidéo sont envoyées séparément (2 sessions RTP et paquets de control RTCP)
- Durant une session, des nœuds intermédiaires peuvent changer le format des données ou fusionner plusieurs données. Dans ce cas, le nœud doit ajouter son identifiant dans l'en-tête RTP

RTP/RTCP (RFC 1889)

- L'en-tête d'un paquet RTP





RTP/RTCP (RFC 1889)

- RTCP (Real-time Transport Control Protocole)
 - ✓ Protocole de contrôle qui accompagne RTP pour mesurer les performances
 - ✓ Transmission périodique de paquets de contrôle (rapports) à tous les participants dans une session RTP
 - ✓ Plusieurs genres de rapports possibles : Receiver Report (RR), Sender Report (SR), Source Description (SDS), BYE ...
 - ✓ La connaissance de ces paramètres permet
 - d'ajouter de la redondance en fonction des pertes
 - d'adapter la mémoire tampon en fonction de la gigue

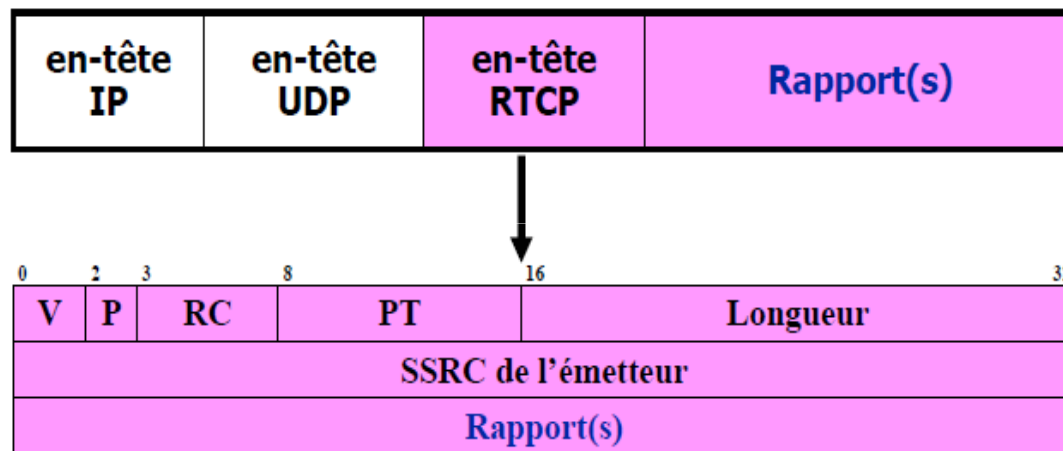


RTP/RTCP (RFC 1889)

- Receiver Report (RR) : statistiques des récepteurs pour l'émetteur ou les emetteurs sur la qualité de transmission . Taux de pertes, RTT (temps aller-retour), gigue (variance des délais de transit)
- Sender Report (SR) : statistiques envoyées par la ou les sources
- BYE : lorsqu'un participant quitte la session, il informe les participants de son départ

RTP/RTCP (RFC 1889)

- L'en-tête d'un paquet RTCP



RTP/RTCP (RFC 1889)

- À propos des rapports RR (Receiver Report)

0	2	3	8	16	32
V	P	RC	PT (<u>RR=201</u>)	Longueur	
SSRC de l'émetteur					
SSRC 1 de la source					
% de pertes		Nombre cumulé de paquets perdus			
Numéro de séquence le plus élevé reçu					
Gigue					
Horodatage du dernier SR (LSR : Last SR)					
Délai depuis le dernier SR (DSLR : Delay since last SR)					
SSRC 2 de la source					
...					



Logiciels VoIP

- Logiciels Libres :
 - Ekiga : Un client VoIP et vidéo-conférence, compatible SIP. Ekiga est supporté par Ubuntu.
 - Wengo : Un client complet, VoIP, vidéo-conférence, et téléphonie, compatible SIP.
 - twinkle : Un client VoIP, compatible SIP, et qui a pour caractéristique d'être compatible avec la téléphonie SIP de la Freebox.
 - Jabbin : client VoIP, compatible GoogleTalk
 - Linphone : Un client VoIP compatible SIP avec vidéo-conférence, "chat" et présence.
 - Kphone
 - gyachi-sidetrack : utilise Ekiga et le service GTalk-To-VoIP (technologie propriétaire) afin d'être compatible avec Yahoo Messenger (pour la voix). Plus d'informations ici ([en](#))



Logiciels VoIP

- Logiciels Propriétaires :
 - skype : un client VoIP, téléphonie et vidéo-conférence, il est incompatible SIP ...
 - googletalk : Pour le moment incompatible linux pour la partie conférence audio ni vidéo.
 - gizmo : client VoIP, compatible SIP. Depuis la version 3.0, il intègre le service GTalk-To-VoIP sous le nom "Meta-voice" ce qui permet l'interconnection avec divers réseaux VoIP.
 - X-Lite 2.0 : client VoIP compatible SIP (pas de vidéo)
 - GoSIP (propriétaire)



Questions??