

La Voix sur IP

Olivier D.

<https://www.informatique1.fr>

Page 1 / 16

Table des matières

1	Introduction	3
2	La téléphonie.....	4
3	Principe physique de la voix.....	6
4	Le PABX	7
5	La voix sur IP.....	8
6	Architecture de base d'un PABX	9
7	Loi d'Erlang : calcul du nombre de lignes nécessaires	10
8	TP1 : calcul du nombre de lignes nécessaire et calcul du flux sur les routeurs.....	11
9	Les IP phones.....	12
10	La sécurité	13
11	TP 2 : utilisation, mise en place d'une infra logicielle de VoIP	14

www.informatique1.fr

1 Introduction

VoIP : C'est le transport de la voix en s'appuyant sur une infrastructure réseau IP

ToIP : Transposer les fonctionnalités du téléphone sur VoIP

Historique

1876 : Dépôt du brevet du téléphone

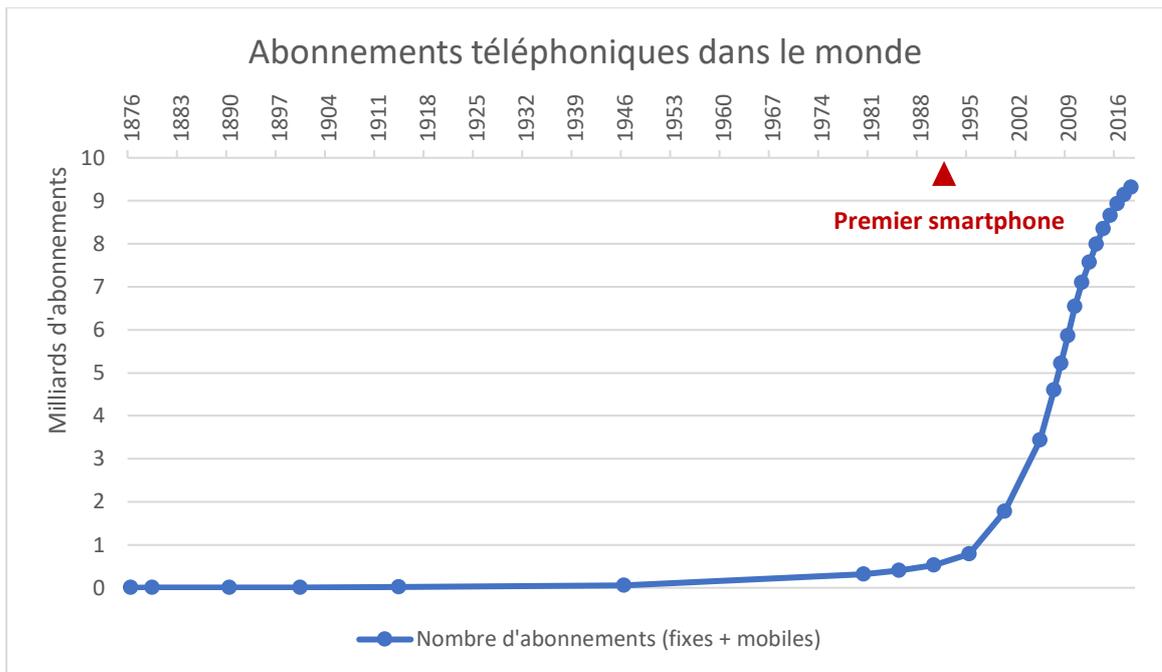
1938 : MIC (multiplexage). Sur un fil, on peut faire passer plusieurs communications

1970 : Fin des standardistes. Passage aux commutations automatiques.

Intérêt de la VoIP

- **Mutualisation des réseaux** : datas ; voix, vidéo ...
- **Réduction des coûts de câblage** : 1 seule prise murale ; gain entre 33% et 50%
- **Coûts opérateurs réduits** : offres datas + voix + vidéo ...
- **Mobilité** : flexibilité de la mise en place
- **Externalisation facilitée de l'infrastructure** : application sur un ordi pour gérer le PABX
- **Couplage téléphonie / informatique** : clic to call, présentation du n°, messagerie unifiée

2 La téléphonie



Les abonnements mobiles sont bien plus répandus dans les pays en voie de développement

Sources : https://stats.areppim.com/stats/stats_moblex2017.htm et https://stats.areppim.com/stats/stats_telxfctx2013.htm

Principe de base du RTC : chaque abonné dispose d'un numéro personnel

L'autocommutateur est chargé de mettre en relation un abonné avec un autre

Il y a des commutateurs locaux, régionaux ... Mais aussi spéciaux (n° courts, n° spéciaux ...)

Raccordement du terminal



Téléphone décroché, on ferme le circuit :

- le courant circule
- le PABX comprend et envoie la tonalité d'invitation à numéroté (440 Hz)

Tout est normalisé : Fréquence des tonalités, ton des sonneries, voltages ...

Alimentation des téléphones

- Téléphone classique : alimenté par le fil du téléphone
- Téléphone IP : alimenté par le secteur

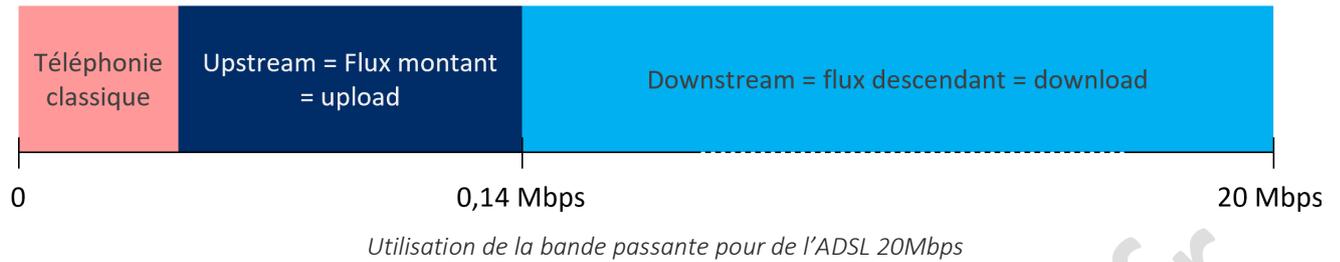
Le flux VoIP prend en compte les fréquences 300 à 3400 (80% des sons émis).

La communication est en full duplex (il est possible de parler et d'entendre l'autre en même temps).

Transport des data

Utilisation du réseau cuivre actuel. En plus, utilisation de la fibre optique.

Norme G726 : jusqu'à 64kbps réservés à la bande passante de la téléphonie (source : [G.726 - Wikipedia](#))



Perturbations



Plusieurs perturbations peuvent intervenir de bout en bout

- **Diaphonie** : interférences entre fils dans un même câble
- **Distorsion du signal** : distance, points de coupure
- **Interférence radio** : ondes Hertziennes, Wifi ...
- **Bruit impulsif** : bruits générés par des moteurs
- **Bruit d'écho** : longueur en km de la connexion, mauvais blindage à l'interconnexion

À 40 dB de perte, il faut refaire le signal car celui-ci est trop faible. Le problème de l'ADSL c'est la distance !

La fibre optique n'a pas ce problème.

Numérotation multifréquence

Norme Q23 : utilisation de 2 fréquences émises au même moment pour faire la numérotation

3 Principe physique de la voix

Théorème de Shannon : Echantillonnage de la VOIX

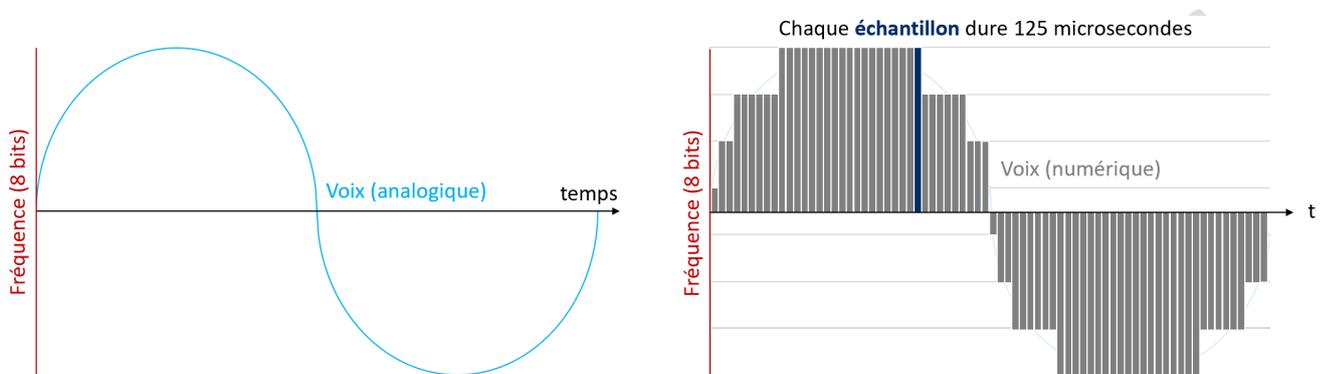
Le son est produit par des vibrations.

Théorème de Shannon : il faut échantillonner sur 2 fois plus qu'on utilise les fréquences

On utilise 3400Hz pour la voix. Il faut donc l'échantillonner sur $2 \times 3400\text{Hz} = 6800\text{Hz}$. La norme indique 8000Hz.

$8000\text{ Hz} = 0,000125\text{ secondes} = 125\text{ microsecondes} = 125\ \mu\text{s}$

La profondeur d'échantillonnage est de 8000Hz, soit une mesure toutes les 125 μs



Encodage de la voix sur 64 kbps

Les fréquences (le son) sont codées sur 8 bits.

$8000\text{ (Hz)} \times 8\text{ (bits)} = 64\text{ kbits/s}$. La parole est donc codée sur 64 kbps

Principe du MIC (multiplexage)

Plusieurs signaux sont transmis en même temps.

$2\text{Mbps} / 64\text{ kbits} = 32$: **on peut envoyer 32 signaux de voix à la fois avec 2 Mbps**. On parle de MIC 32

Supports de transmission

Paire torsadée, fibre optique, transmission par voie aérienne

Le PABX

PABX veut dire Public Automatic Branch eXchanger, On dit aussi autocommutateur.

Fonctions de base :

- appels internes / externes
- transfert d'appel
- numérotation abrégée
- rappel sur poste occupé
- sélection directe à l'arrivée
- double appel / conférence à 3
- renvoi
- messagerie vocale
- guide vocal

Groupement de postes dynamique : un numéro pointera vers des postes différents selon l'heure

Protocole QSIG

Protocole d'interconnexion des PABX basé sur RNIS

RNIS : Réseau Numérique à Interconnexion de Services (*ISDN en anglais*)

- Fonctions de base seulement
- Modifications / bidouilles propriétaires

Installation d'un PABX

Les questions à se poser lors de l'installation d'un PABX sont :

- De combien de postes a-t-on besoin ?
- Quels privilèges accorder aux usagers ?
- Quelle sécurité mettre en place ?
- Quelles options mettre en place ?
- Quels groupes d'appel mettre en place ?

Connexion d'un PABX



Le PABX est connecté au réseau Internet ainsi qu'au réseau local dédié aux téléphone IP

Numéris duo : T0 (2 lignes téléphoniques) – Numéris : T2 (30 lignes téléphoniques).

La voix sur IP

La compression de la voix utilise des codecs : G711 = 64kbps, G729 = 8kbps, etc. ainsi que le protocole RTP

La qualité de service (QoS) permet de définir des priorités de flux sur les autres flux (exemple : flux VoIP)

La qualité

La qualité acceptable de la VoIP définit que :

- Le taux de perte de paquets est situé entre 1% et 3%
- Le délai de latence est situé entre 100ms et 200ms
- La gigue est située entre 40ms et 75ms

La compression de la voix

Codec (Codeur / DECodeur)

Protocole	Débit	Nota
G711	64 kbps (75 kbps en WAN)	Debit de base
G729	8 kbps (20 kbps en WAN)	Très utilisé
G723.1	6,3 kbps	Norme GSM

La QoS

Il faut réserver du flux pour la voix

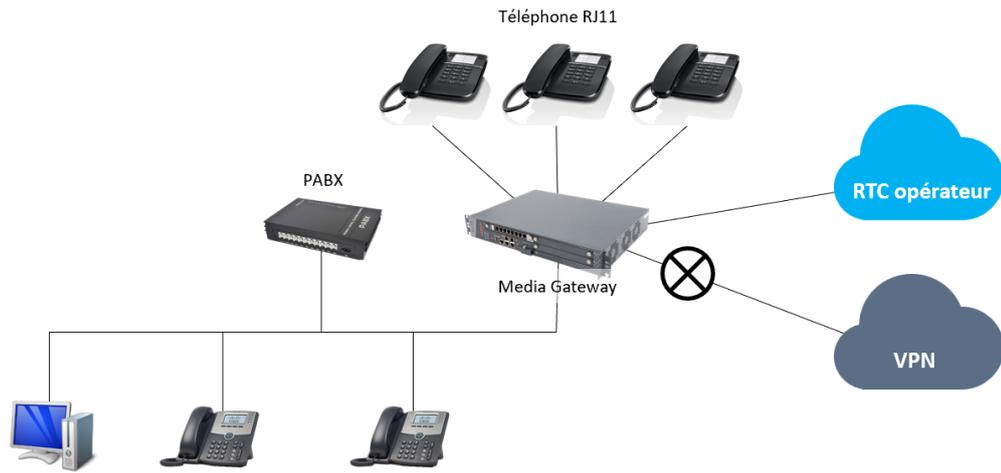
Protocole 802.1 P/Q : norme de matériels faisant de la QoS

Faire de la QoS pour tous les sites joignables (impact de l'implémentation de flux / attention au matériel)

La première chose à faire en matière de QoS est l'identification des flux importants (marquage des trames)

Norme de QoS	Détail
PQ	Les flux prioritaires sont traités en premier
WFQ	Chaque flux dispose d'un certain pourcentage de la bande passante
CBWFQ	Chaque flux dispose d'un certain pourcentage de la bande passante, et augmentation de la priorité avec le temps
LFI	Saucissonnage des gros flux
cRTP	Compression RTP en temps réel. Permet de virer l'emballage. Attention, cela nécessite que le même modèle de routeur se trouve de chaque côté. Utilisation en masse du G729 dans ce cas là
RTP	Transport des données
RTCP	Transport des données de contrôles (ex. : tests de QoS)
DIFFSERV	Permet la différenciation des flux sur le réseau

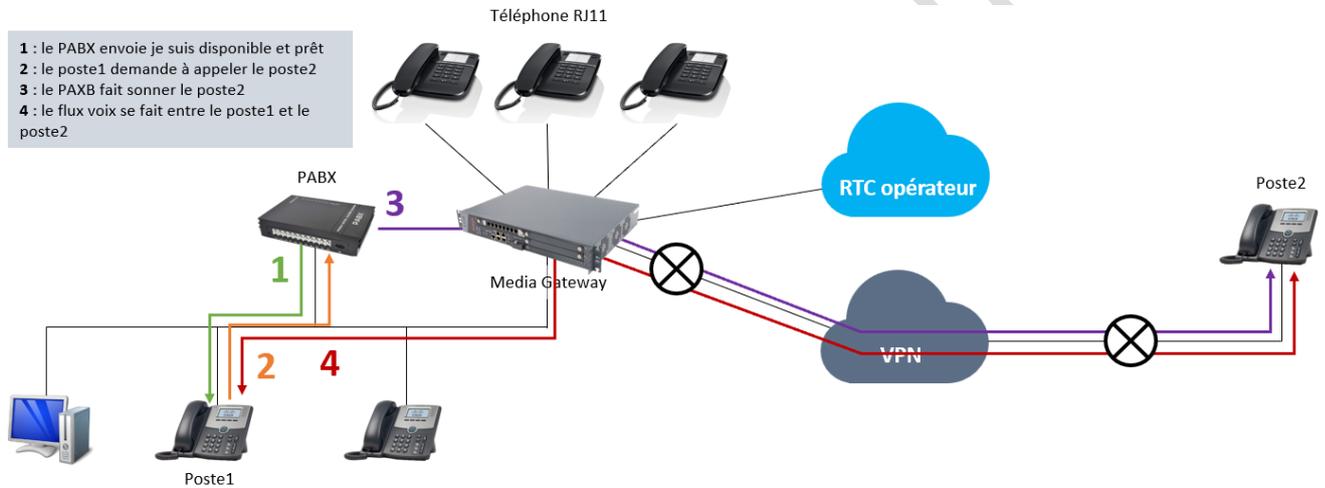
6 Architecture de base d'un PABX



Les ordinateurs et téléphones IP se trouvent sur des VLAN différents

Communication

- 1 : le PABX envoie je suis disponible et prêt
- 2 : le poste1 demande à appeler le poste2
- 3 : le PABX fait sonner le poste2
- 4 : le flux voix se fait entre le poste1 et le poste2



Le PABX contacte les postes à joindre, mais la communication se fait entre les postes eux même

7

Loi d'Erlang : calcul du nombre de lignes nécessaires

La loi d'Erlang définit un calcul pour éviter la congestion.

Il est généralement raisonnable de perdre 1 % des appels.

L'unité de mesure est l'Erlang (noté E) qui permet de quantifier le taux d'occupation moyen par heure.

- 1 E = 100% d'occupation du poste téléphonique (si on passe 24h/24 en communication)
- 0,5 E = le poste est utilisé 50% du temps (si on passe 12h/24 en communication)
- 0,16 E = 10 minutes par heure en communication en moyenne.
 - Cela correspond à 0,08E vers l'extérieur (appels émis) + 0,08E vers l'intérieur (appels reçus)

Nombre de lignes nécessaires vers l'extérieur

Calculer le trafic moyen par personne et le multiplier par le nombre d'utilisateur : $0,08 \times 100 = 8E$

Chercher ensuite dans le tableau d'Erlang « C » en fonction de la perte raisonnable (exemple : accepter 0,01 = 1% de perte). Il faut arrondir à l'Erlang supérieur

Taux d'appels perdu acceptable

Erlang C Traffic Table

Maximum Offered Load Versus B and N
B is in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0100	.0200	.0500	.1000	.1500	.2000	.3000	.4000
2	.0142	.0319	.0452	.1025	.1465	.2103	.3422	.5000	.6278	.7403	.9390	1.117
3	.0860	.1490	.1894	.3339	.4291	.5545	.7876	1.040	1.231	1.393	1.667	1.903
4	.2310	.3533	.4257	.6641	.8100	.9939	1.319	1.653	1.899	2.102	2.440	2.725
5	.4428	.6289	.7342	1.065	1.259	1.497	1.905	2.313	2.607	2.847	3.241	3.569
6	.7110	.9616	1.099	1.519	1.758	2.047	2.532	3.007	3.344	3.617	4.062	4.428
7	1.026	1.341	1.510	2.014	2.297	2.633	3.188	3.725	4.103	4.406	4.897	5.298
8	1.382	1.758	1.958	2.543	2.866	3.246	3.869	4.463	4.878	5.210	5.744	6.178
9	1.771	2.208	2.436	3.100	3.460	3.883	4.569	5.218	5.668	6.027	6.600	7.065
10	2.189	2.685	2.942	3.679	4.077	4.540	5.285	5.986	6.469	6.853	7.465	7.959
11	2.634	3.186	3.470	4.279	4.712	5.213	6.015	6.765	7.280	7.688	8.336	8.857
12	3.100	3.708	4.018	4.896	5.363	5.901	6.758	7.554	8.099	8.530	9.212	9.761
13	3.587	4.248	4.584	5.529	6.028	6.602	7.511	8.352	8.926	9.379	10.09	10.67
14	4.092	4.805	5.166	6.175	6.705	7.313	8.273	9.158	9.760	10.23	10.98	11.58
15	4.614	5.377	5.762	6.833	7.394	8.035	9.044	9.970	10.60	11.09	11.87	12.49
16	5.150	5.962	6.371	7.502	8.093	8.766	9.822	10.79	11.44	11.96	12.77	13.41
17	5.699	6.560	6.991	8.182	8.801	9.505	10.61	11.61	12.29	12.83	13.66	14.33
18	6.261	7.169	7.622	8.871	9.518	10.25	11.40	12.44	13.15	13.70	14.56	15.25
19	6.835	7.788	8.263	9.568	10.24	11.01	12.20	13.28	14.01	14.58	15.47	16.18
20	7.419	8.417	8.914	10.27	10.97	11.77	13.00	14.12	14.87	15.45	16.37	17.10
21	8.013	9.055	9.571	10.95	11.68	12.50	14.28	15.43	16.19	16.78	17.73	18.48
22	8.616	9.702	10.24	11.70	12.46	13.30	15.11	16.28	17.06	17.66	18.63	19.39
23	9.228	10.36	10.91	12.43	13.21	14.08	15.93	17.12	17.91	18.51	19.49	20.26
24	9.848	11.02	11.57	13.16	13.96	14.86	16.75	17.95	18.74	19.34	20.33	21.10
25	10.48	11.69	12.24	13.91	14.73	15.65	17.58	18.79	19.58	20.18	21.17	21.94
26	11.11	12.36	12.91	14.64	15.48	16.41	18.21	19.43	20.22	20.82	21.81	22.58

Valeur d'Erlang recherchée

Nombre de postes nécessaire

Illustration de la recherche dans le tableau d'Erlang C

Enfin, on trouve le nombre de postes téléphoniques nécessaire. 21 dans le tableau ci-dessus.

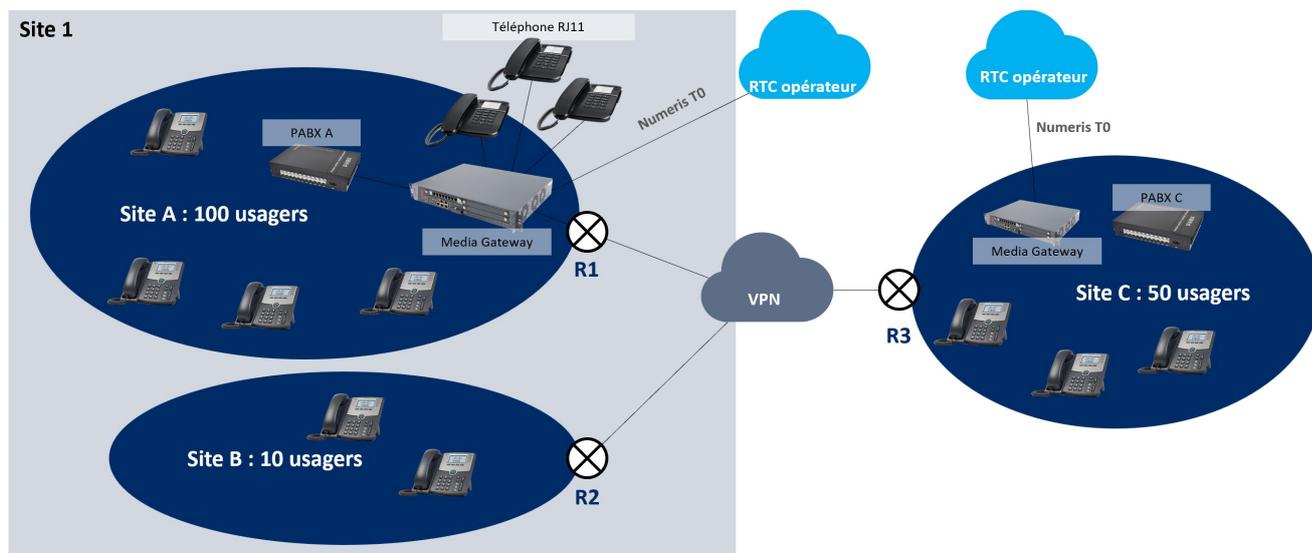
Pour satisfaire aux besoins de 100 usagers utilisant leur téléphone 5 minute par heure, il faut 21 téléphones.

Trafic entre les nœuds (flux de voix maximum sur les routeurs)

Pour calculer le trafic (débit utilisé) entre les nœuds, on utilise la formule suivante :

$$\text{trafic entre les noeuds} = \frac{\text{trafic interne} \times \text{nombre usagers coté A} \times \text{nombre usagers coté B}}{\text{nombre total d'usager}}$$

TP1 : calcul du nombre de lignes nécessaire et calcul du flux sur les routeurs



Il faut calculer la bande passante de VoIP maximale sur R1, R2 et R3, ainsi que le nombre de lignes nécessaires pour PABX A et PABX B sachant que :

- Taux occupation : 0.08E (en interne) + 0.08E (en externe)
- Toléré : 1% d'appels perdus
- Codage G729 (20kbps)

Utiliser le tableau d'Erlang suivant : <https://2.bp.blogspot.com/-LZAMUtLEGro/VxzHmA74UHI/AAAAAAAAAKw/KtAsPSu4Of4OFcGP5skHFqXMWA--NHcqQCLcB/s1600/Erlang%2Bc%2Btable.png>

Solution :

Nombre de lignes sur PABX A : $(100 + 10) \times 0.08E = 8.8E$. Il faut 23 lignes

Nombre de lignes sur PABX B : $50 \times 0.08E = 4E$. Il faut 14 lignes

Flux max R1 : faut additionner les (flux entre siteA et siteC) + (flux entre siteA et siteB) + (flux entre siteB et extérieur)

- flux entre siteA et siteC : $0.08E \times 100 \times 50 / 160 = 2.5E$
 - flux entre siteA et siteB : $0.08E \times 100 \times 10 / 160 = 0.5E$
 - flux entre siteB et extérieur : $10 \times 0.08E = 0.8E$
- } Somme : 3,8E, soit 14 postes x 20kbps = 280 kbps

Flux max R2 : faut additionner les (flux entre siteA et siteB) + (flux entre siteB et siteC) + (flux entre siteB et extérieur)

- flux entre siteA et siteB : $0.08E \times 100 \times 10 / 160 = 0.5E$
 - flux entre siteB et siteC : $0.08E \times 10 \times 50 / 160 = 0.25E$
 - flux entre siteB et extérieur : $10 \times 0.08E = 0.8E$
- } Somme : 1,55E, soit 9 postes x 20kbps = 180 kbps

Flux max R3 : faut additionner les (flux entre siteA et siteC) + (flux entre siteB et siteC)

- flux entre siteA et siteC : $0.08E \times 100 \times 50 / 160 = 0.5E$
 - flux entre siteB et siteC : $0.08E \times 10 \times 50 / 160 = 0.25E$
- } Somme : 2,75E, soit 12 postes x 20kbps = 240 kbps



Alimentation 220V ou alimentation via le câble réseau (PoE)

Raccordé au réseau (à mettre dans un VLAN)

Codecs : G711, G729, etc.

Micro-switch : deux prises RJ45 (une pour la connexion téléphone en entrée, une pour la connexion PC en sortie)

En le téléphone et le PABX : protocole SIPv2 (avant : protocole H323)

Mode A : utilise la connexion réseau (à privilégier à cause du câblage minimum parfois mis en place)

Mode B : utilise les autres paires

Les protocoles de téléphones

H323

G711 vidéo : 256 kbps 320 kbit/s nécessaires pour la visioconférence

G711 audio : 64 kbps (voix + image)

Pour une visioconférence : 320 kbps (voix + vidéo)

SIP

Mêmes fonctionnalités que H323, mais en plus :

- simple à programmer
- protocole interne pour crypter
- plus rapide
- multicast natif (conférence)

WIFI VS DECT

Le WI-FI capte moins mais à plus de fonctionnalités

Le DECT est moins cher

Handover : technologie permettant de changer de borne en cours d'utilisation (pour les téléphones portables)

Le PABX existe dorénavant sous forme d'application. Méfiance dans ce cas-là car :

- Il faut le placer en DMZ
- Il faut limiter les services / les ports ouverts
- Il faut faire attention au piratage du PABX / des postes (téléphones : roaming = usurpation de configuration du poste)

On peut potentiellement faire du cryptage des données (le téléphone et le PABX doivent le faire tous les 2). Ou bien faire du cryptage avec un boîtier tiers.

VLAN

On met les téléphones dans un VLAN, en fonction de l'adresse MAC

On met la Media Gateway dans un autre VLAN

On isole le tout du réseau informatique !

Notion de ToS

ToS : Type of Service = marquage des trames en fonction du service

101 110 : trame de type voix

La ToS Permet de définir des priorités sur ces trames par exemple, et donc de faire de la QoS.

TP 2 : utilisation, mise en place d'une infra logicielle de VoIP

Installation d'un PABX logiciel

Bon, j'ai cherché à mettre en place l'IPBX de <https://www.3cx.fr/> en créant un compte, mais les versions téléchargeables ne correspondent pas à la licence gratuite. Comme je ne me vois pas payer 130 euros pour les bienfaits de ce cours, vous allez devoir me faire confiance sur la véracité des captures, dont le principe n'a -heureusement- pas trop changé depuis 2007. C'est dommage malgré tout !

Si quelqu'un a une licence, n'hésitez pas à me contacter pour que je puisse tester cela et mettre à jour la documentation, sinon je pense réussir à vivre sans cela.

Configuration du PABX logiciel :

Il faut ajouter un numéro de poste, lié à un utilisateur. Pour cela on utilise le menu « add extension »

The screenshot shows the '3CX - Add Extension' page in a Windows Internet Explorer browser. The left sidebar contains a navigation menu with categories like 'Phone System', 'Extensions', 'Lines', 'Outbound Rules', 'Digital Receptionist', 'Advanced', 'Reports', and 'General'. The 'Extensions' menu item is circled in orange. The main content area is titled 'Add Extension' and contains a form with several sections: 'User Information' (Extension number: 4004, First Name: Daniels, Last Name: Jack), 'Authentication' (ID: 4004, Password: masked with dots), 'Options' (Outbound caller ID: 0238824020), 'Voice Mail Configuration' (Enable voice mail, Play Caller ID, Read out date/time of message are checked; Pin number: 1234; Email options: No email notification), and 'Destination Unreachable / Forwarding' (No Answer After (seconds): 15; Forward to Voice Mail is selected and circled in orange).

Important :

- configurer le numéro du poste ainsi que le mot de passe du poste
- configurer le répondeur (activé ou non)
- pour le reste il suffit de lire et d'agir en conséquence

Configurer un central téléphonique : menu « digital receptionist » > add

configurer un groupe d'appel : menu « advanced » > add ring group

Installer un IP-Phone logiciel : V-Lite

Properties of Account1

Account Voicemail Topology Presence Advanced

User Details

Display Name: Dehecq

User name: 4002

Password: ••••

Authorization user name: 4002

Domain: 10.27.100.47

Domain Proxy

Register with domain and receive incoming calls

Send outbound via:

domain

proxy Address: _____

target domain

Dialing plan: #1|a.T;match=1;prestrip=2;

OK Annuler Appliquer

Important :

- Renseigner les mêmes informations que celles déjà renseignées lors de la config du PABX
- Domain : renseigner l'adresse IP locale (et pas 127.0.0.1 !!)
- Indiquer proxy = domain !!!

Installer un IP-Phone matériel :

Sur le téléphone : > factory reset > récupérer l'adresse IP du téléphone IP puis

Ouvrir internet explorer : <http://{adresse IP du téléphone}> > admin login

Linksys SPA Configuration - Windows Internet Explorer

http://10.27.100.53/admin/

LINKSYS® A Division of Cisco Systems, Inc. Linksys Telephone Configuration

Info System SIP Regional Phone Ext 1 User

General

Line Enable: yes

NAT Settings

NAT Mapping Enable: no NAT Keep Alive Enable: no

SIP Settings

SIP Port: 5060 SIP Debug Option: none

Call Feature Settings

Message Waiting: no Default Ring: 1

Mailbox ID: _____

Proxy and Registration

Proxy: 10.27.100.36 Register: yes

Make Call Without Reg: no Register Expires: 3600

Ans Call Without Reg: no

Subscriber Information

Display Name: _____ User ID: 9001

Password: ***** Use Auth ID: no

Auth ID: _____

Audio Configuration

Preferred Codec: G711u Use Pref Codec Only: no

Second Preferred Codec: Unspecified Third Preferred Codec: Unspecified

Silence Supp Enable: no DTMF Tx Method: Auto

Undo All Changes Submit All Changes

Important : On configure dans l'onglet **Ext1**

Indiquer :

- le proxy → @IP du PABX
- le mot de passe
- l'user ID (identifiant du numéro)

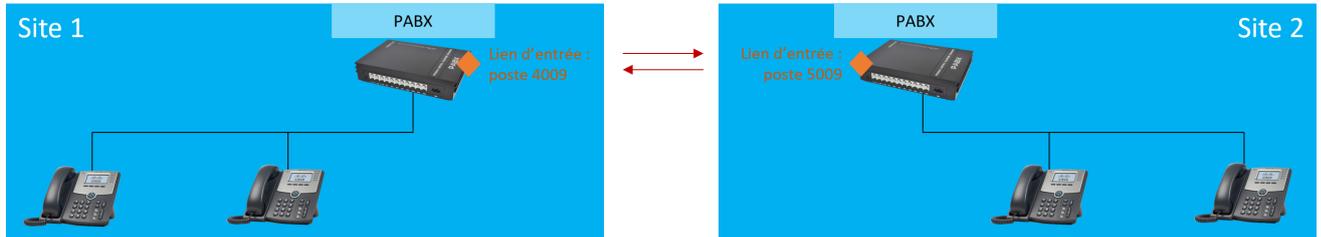
Utiliser Wireshark

DSCP : *Differential Service Code Point* (dans l'entête de trame RTP) : correspond au ToS (trame 101110)

Jigger = gigue

Configuration d'une ligne extérieure

Liaison de 2 PABX selon le schéma suivant :



ajouter le poste 5009 :

Name	Extension
Case Attaché	4001
Convenant J. C.	4002
Linus Toswald	4003
Gates Bill	4004
Lien Ext	4009

Ajout du lien entre les deux PABX (à faire de chaque côté) :

une fois que c'est fait aussi sur l'autre PABX, ajouter le lien pour le joindre

Add VOIP Provider

You can use any VOIP SIP Provider to make & receive calls via the internet. If your provider can support multiple lines simultaneously with the multiple VOIP providers.

VoIP Provider

Name of Provider: Anthony Telecom

Outbound Proxy Hostname or IP: 10.27.100.6

Outbound Proxy Port (default is 5060): 5060

Time between registration attempts (in seconds): 3600

Number of VoIP lines (If multi-line is supported): 1

VoIP External number (or range): 0

Configuration du lien avec le deuxième PABX

- Outbound proxy Hostname or IP : adresse IP du PABX à joindre
- VoIP external number : préfixe du numéro pour sortir
- Ensuite, cliquer sur Next

Add VoIP Lines: Create lines

The following lines will be created in the "Manage Lines" screen. You can edit the line number and authentication settings before they are created. Note that the External Line number is used by 3CX Phone System to address the line connected to the port on the VoIP Gateway. Therefore the Internal Line Number range should be different from configure to which extension incoming calls should be routed based on whether they are inside or outside office hours (inbound route).

Remove selected	External Number	Authentication ID	Authentication password	Direction	Internal number
All <input type="checkbox"/>				Both	
1 <input type="checkbox"/>	4009	5009	1234	Both	10000

< Back Finish

5009 : notre numéro de lien externe