

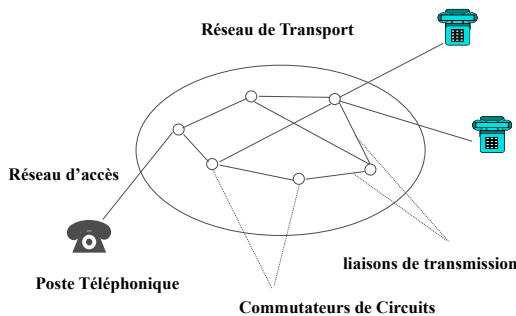
Réseaux Téléphoniques

André-Luc BEYLOT
ENSEEIH

Département Sciences du Numérique

Introduction

■ Un réseau téléphonique



3

Plan Général

■ INTRODUCTION

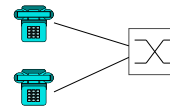
- ◆ Architecture Générale
- ◆ Réseau d'accès
- ◆ Numérisation de la voix
- ◆ Multiplexage
- ◆ Routage et adressage

■ La signalisation : le SS7

■ Réseau d'accès : le RNIS à bande étroite

■ Le cœur de réseau : Hiérarchie Numérique : PDH - SDH₂

Introduction - Réseau d'accès



- Abonné Résidentiel :
Commutateur de Rattachement ∈ Réseau Téléphonique
Raccordement par ligne d'abonné
- Abonné Professionnel :
Commutateur Privé (Private Automatic Branch eXchange)
Raccordement par le câblage d'immeuble

4

Généralités - Réseaux d'accès

■ Poste téléphonique :

- ◆ ouvre et ferme la ligne
- ◆ Poste Téléphonique <=> commutateur de rattachement



- brèves ouvertures de ligne : signalisation décimale ou impulsionnelle



- Signalisation à fréquences vocales : un chiffre = combinaison de 2 fréquences ; numérotation + Audiotel

- ◆ Rem : Des équipements ont été développés depuis pour les réseaux numériques (... et bien sûr pour les réseaux mobiles, les téléphones IP et autres softphones)

5

Numérisation de la voix

■ Sur la paire torsadée

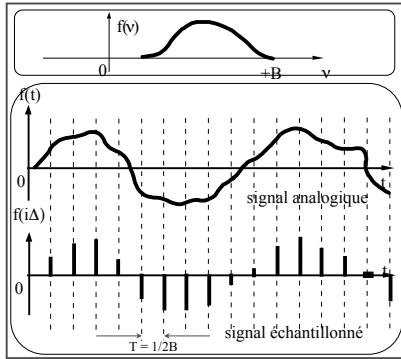
- ◆ utilisation de la bande de fréquence : 300-3400Hz
- ◆ Shannon la fréquence d'échantillonnage doit être supérieure à 2 fois la plus grande fréquence
- ◆ Fréquence retenue : 8000 Hz

■ Echantillonnage, Quantification, Numérisation : MIC (Modulation par Impulsion et Codage)

- ◆ 1 octet toutes les 125 μ s => 64 Kb/s

6

Echantillonnage

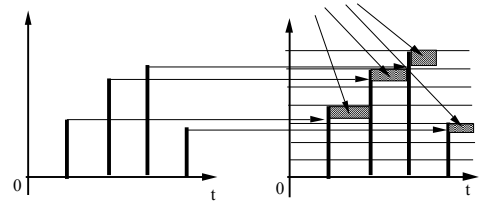


7

Quantification

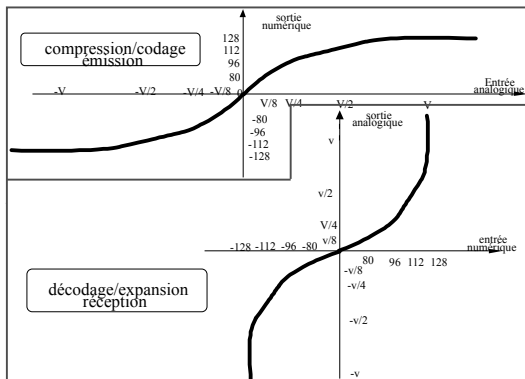
- valeurs des échantillons = valeurs continues
- discrétisation sur une échelle à 2^n niveaux appelée échelle de quantification
 $f(i\Delta) \in \mathbb{R} \Rightarrow g_i \in \mathbb{Z}$

ERREUR DE QUANTIFICATION



8

Quantification



9

Codage de la Voix

- Après numérisation la voix est codée.
- Techniques de codage réduisent le débit et la qualité
- Pour estimer la qualité du codeur, métrique MOS (Mean Opinion Score) :
 - ◆ 'cobayes' testent la qualité 'dans l'absolu' des codeurs :
 - ◆ 1 = Mauvais, ... 5 = Excellent.
- Quelques scores :

Standard	G.711	G.728	G.729	ETSI GSM 06-10	USA IS96 CDMA
Date of approbation	1972	1992	1995	1988	1992
Bit Rate kb/s	64	16	8	13	8/4/2/1
MOS	4.2	4.0	4.0	3.6-3.8	3.3-3.5

10

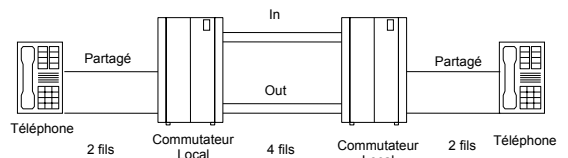
Problèmes Spécifiques à la voix

- Echo
 - ◆ Acoustique
 - ✦ retour de l'écouteur au microphone
 - ✦ pas gênant si le temps d'aller-retour ≤ 20 ms
 - ✦ Gênant dès que ce temps dépasse 40 ms
 - ◆ Limitation de l'écho :
 - ✦ Suppresseurs d'écho : Perte quand l'interlocuteur parle. Problème quand les 2 parlent en même temps.
 - ✦ Annuleurs d'écho :
 - Plus complexe. Estimation de l'écho pour le supprimer.
 - Filtre numérique adaptatif (au niveau des commutateurs internationaux pour les liaisons satellites ou des centres de commutation mobile)

11

Transmission de la voix

- Echo Electrique:



- ◆ 2 fils \leftrightarrow 4 fils nécessite un annuleur d'écho
- Délai/Gigue
 - ◆ Pas un réel problème (commutation de circuits)
 - ◆ Sauf satellite

12

MULTIPLEXAGE MIC

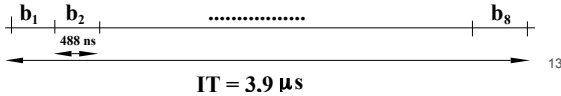
- On regroupe les octets de \neq conversations pour faire des trames appelées trames MIC

STRUCTURE D'UNE TRAME MIC :

- 30 messages de 8 bits = 30 voies téléphoniques
- 1 message de 8 bits = synchronisation
- 1 message de 8 bits = signalisation

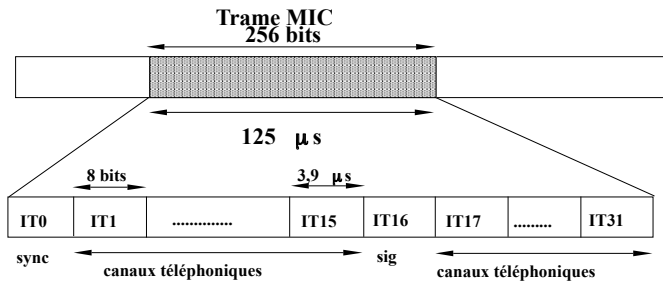
CONSTITUTION DE L'IT :

- 1 IT = 1 échantillon de voix
- 1 IT = 8 bits toutes les 125 μ s
- durée d'un IT = $125 / 32 = 3,9 \mu$ s



14

MULTIPLEXAGE MIC



longueur d'une trame MIC = $32 * 8 = 256$ bits
débit d'une trame MIC = $256 / 0,125 = 2,048$ Mb/s

15

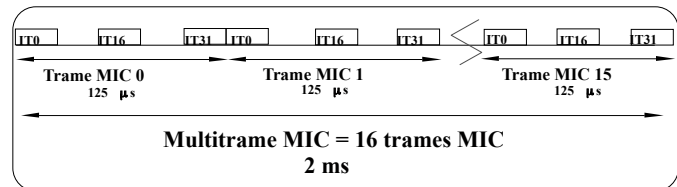
MULTIPLEXAGE MIC

CONSTITUTION D'UNE TRAME (TR)

- IT_0 :
 - trames paires : mot de verrouillage de trame (MVT)
MVT = 10011011
 - trames impaires : mot de fonctions (MFT) - alarmes
MFT = 11xxxxxx
- IT_1 à IT_{15} et IT_{17} à IT_{31} : 30 voies téléphoniques
- IT_{16} :
 - signalisation de 2 voies téléphoniques
 - verrouillage multitrame

Constitution Des Multitrames

- signalisation complète = 16 trames
- durée d'une multitrame = $0,125 * 16 = 2$ ms
- taille d'une multitrame = $256 * 16 = 4096$ bits
- IT_{16} de la trame 0 = synchronisation multitrame



16

MULTIPLEXAGE MIC

Signalisation des voies téléphoniques

- IT_{16} des trames 1 à 15 :
 - IT_{16} de la trame i ($1 \leq i \leq 15$) =
 - signalisation des voies i et $i+16$
 - signalisation sur 4 bits
- Période de signalisation : $0,125 * 16 = 2$ ms
- Débit de signalisation : $4 / 0,002 = 2$ kb/s
- Débit de transmission : $1 / 0,002 = 500$ multitrames/s

17

Système Américain/Japonais

- Pas d'accord sur la norme du multiplex à 2,048 Mbit/s
- Multiplexage de 24 voies (G.733)
- 1 trame sur 6, le bit de poids faible est réservé pour la signalisation
- 1 bit de signalisation pour la liaison
- Trame de longueur : $24 * 8 + 1 = 193$ bits
- Débit = $193 / 125 \mu$ s = 1,544 Mbit/s
- Pbs d'adaptation entre les pays

18

Commutateurs

- Hiérarchie :
 - ◆ CTP : commutateurs de Transit Principal (concentration du trafic national qq dizaines)
 - ◆ CTS : commutateurs de Transit Secondaire (trafic régional une centaine)
 - ◆ CA : commutateurs d'abonnés (qq milliers)
- Zones de couvertures géographiques :
 - ◆ Zones locales
 - ◆ Zones de Transit Secondaire
 - ◆ Zones de Transit Primaire
- Maillage très dense au niveau le plus haut
- En dehors de la partie accès, les communications sont numérisées.

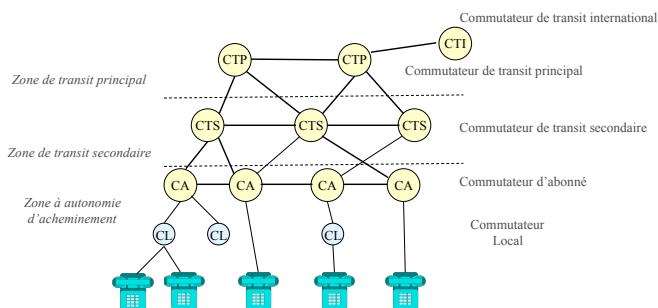
19

Adressage

- Adressage « hiérarchique » : PPZABPQMCDU
 - ◆ PP : code pays
 - ◆ Z : région
 - ◆ AB : département
 - ◆ PQ ou PQM : Commutateur de rattachement
- Numérotation vs. Numérotage
 - ◆ Numérotation : Adresse standardisée (max 15 chiffres)
 - ◆ Numérotage : numéro composé

20

Réseau Téléphonique



21

Routing

- Contrairement aux réseaux à commutation de paquets :
 - ◆ Délai constant sur un chemin
 - ◆ Ce qui coûte c'est la réservation d'un canal sur chacun des liens entre source et destination
 - ◆ L'état des liens change assez lentement
- Par conséquent : recherche du plus court chemin en nombre de liens traversés
- Mais :
 - ◆ Impossibilité de connaître la topologie globale (en particulier les opérateurs ne veulent pas communiquer leur topologie aux autres opérateurs) ;
 - ◆ Changement possible de l'état du réseau
- Par Conséquent : routage « bond par bond »

22

Routing

Plusieurs familles d'« algorithmes » ont vu le jour

- Hiérarchiques : suit la topologie du réseau
- Partage de charge : à l'aveugle, répartit les appels sur les différents chemins connus
- Adaptatifs : tient compte de l'état courant du réseau
 - ◆ Permet de beaucoup mieux traiter :
 - ✦ Les pointes de trafic (type "fête des mères")
 - ✦ Les pannes d'équipements (liens, nœuds)
 - ◆ Mais impose des échanges de messages entre les commutateurs

23

Planification

Planification

- Matrice de Trafic
- Trafic multipériode
- Quelques chiffres :
 - ◆ Abonné résidentiel : charge = 0.03 erlangs
 - ◆ Abonné professionnel : $0.15 < \text{charge} < 0.3$ Erlangs
 - ◆ Dimensionnement : charge sur un circuit téléphonique < 0.7
- Dimensionnement des liens :
 - ◆ Détermination de la QoS offerte pour une configuration
 - ✦ Erlang-B
 - ✦ Point fixe d'Erlang (problème de grande taille)
 - ◆ Optimisation d'une fonction de coût sous contrainte de QoS

24

Signalisation

- ♦ On utilise les ressources du réseau lui-même,
Allocation d'Intervalle de Temps dans les trames entre les commutateurs successifs

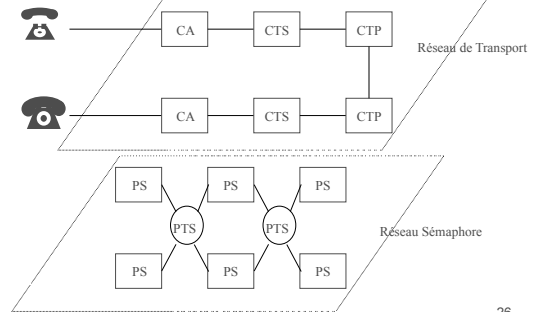
Problèmes :

- ♦ Utilisation des Ressources pendant toute la phase de mise en place de la connexion
- ♦ Taux de non-réponse dans un réseau public ~40%
- ♦ Utilisation d'un autre réseau pour la signalisation : le réseau sémaphore.
- ♦ Enrichissement de la signalisation (utilisation de messages)
- ♦ C'est un réseau de type paquet !

25

Réseau Sémaphore

- Le système précédent conduit à une signalisation fiable
- PTS : Point Transfert Sémaphore, PS : Point Sémaphore



26