

Réseaux Téléphoniques

André-Luc BEYLOT

ENSEEIH

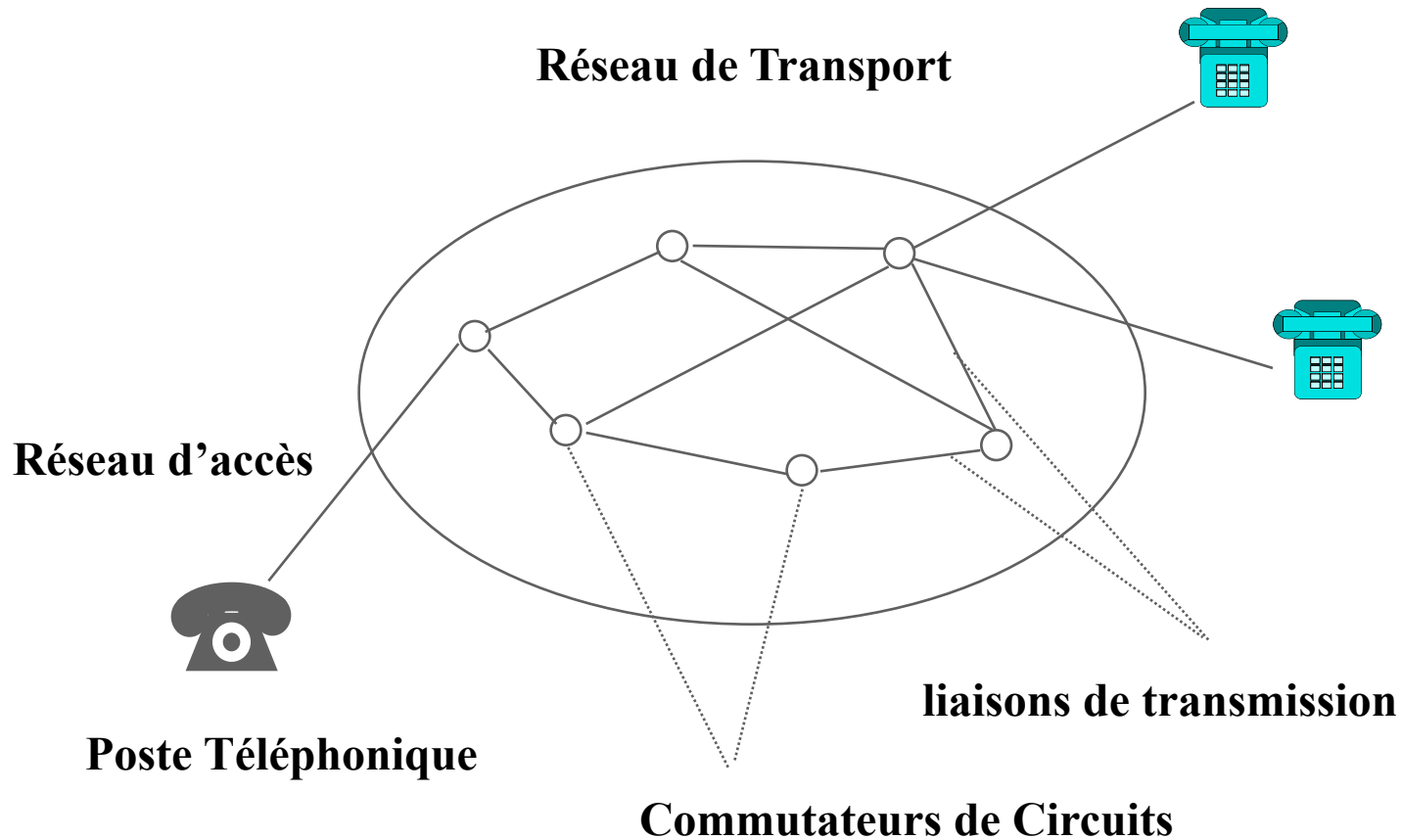
Département Sciences du Numérique

Plan Général

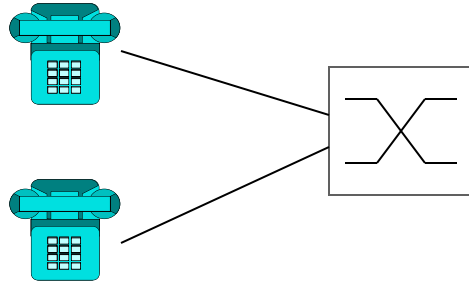
- INTRODUCTION
 - ◆ Architecture Générale
 - ◆ Réseau d'accès
 - ◆ Numérisation de la voix
 - ◆ Multiplexage
 - ◆ Routage et adressage
- La signalisation : le SS7
- Réseau d'accès : le RNIS à bande étroite
- Le cœur de réseau : Hiérarchie Numérique : PDH - SDH₂

Introduction

- Un réseau téléphonique



Introduction - Réseau d'accès



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

Généralités - Réseaux d'accès

- Poste téléphonique :
 - ◆ ouvre et ferme la ligne
 - ◆ Poste Téléphonique \Leftrightarrow commutateur de rattachement



- brèves ouvertures de ligne : signalisation décimale ou impulsionnelle



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

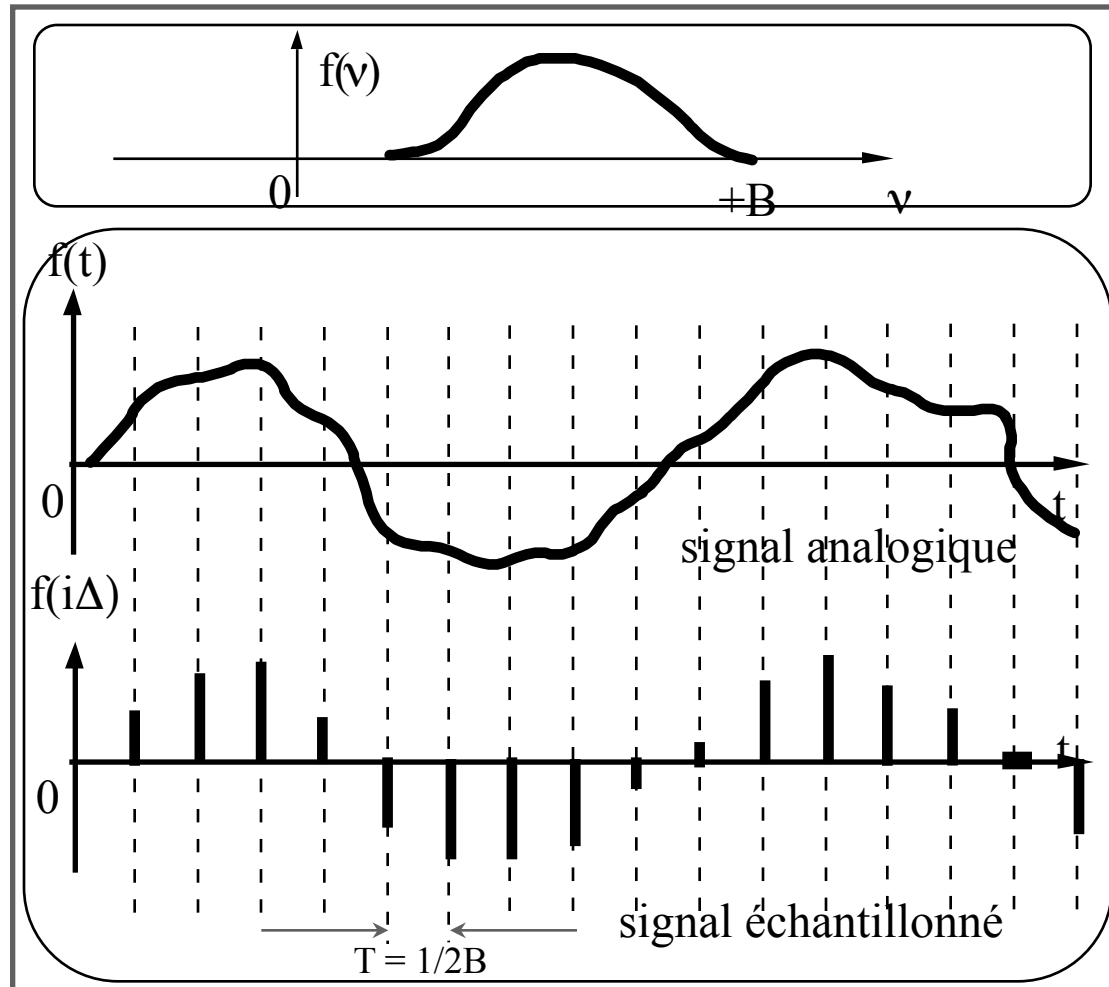
- ◆ Rem : Des équipements ont été développés depuis pour les réseaux numériques (... et bien sûr pour les réseaux mobiles, les téléphones IP et autres softphones)

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 \Rightarrow 64 Kb/s

Echantillonnage



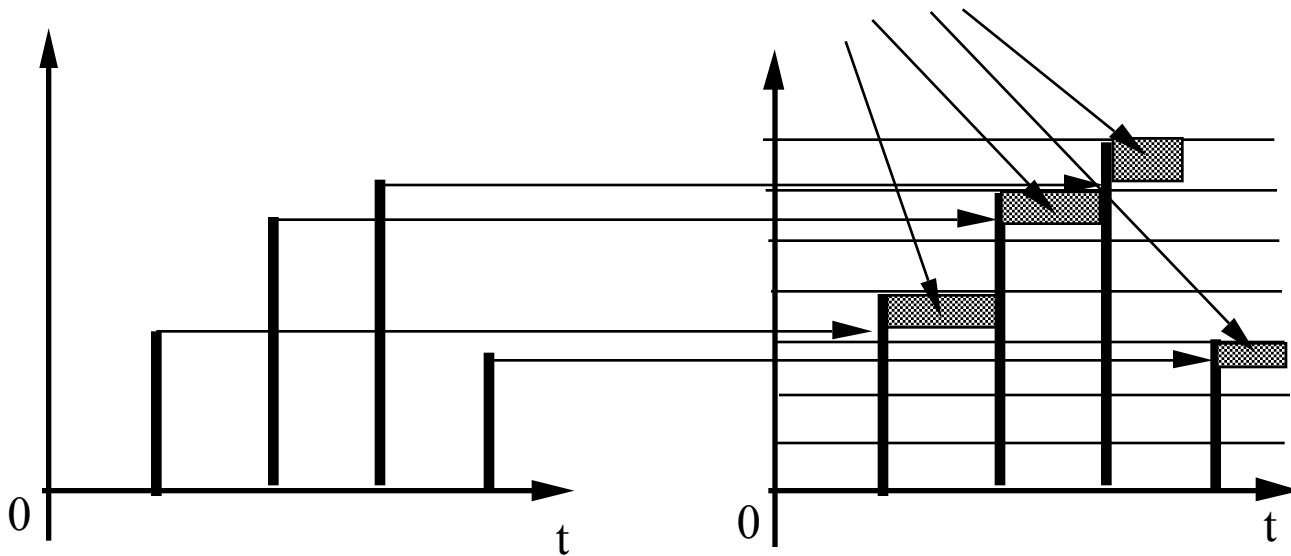
Quantification

BUT

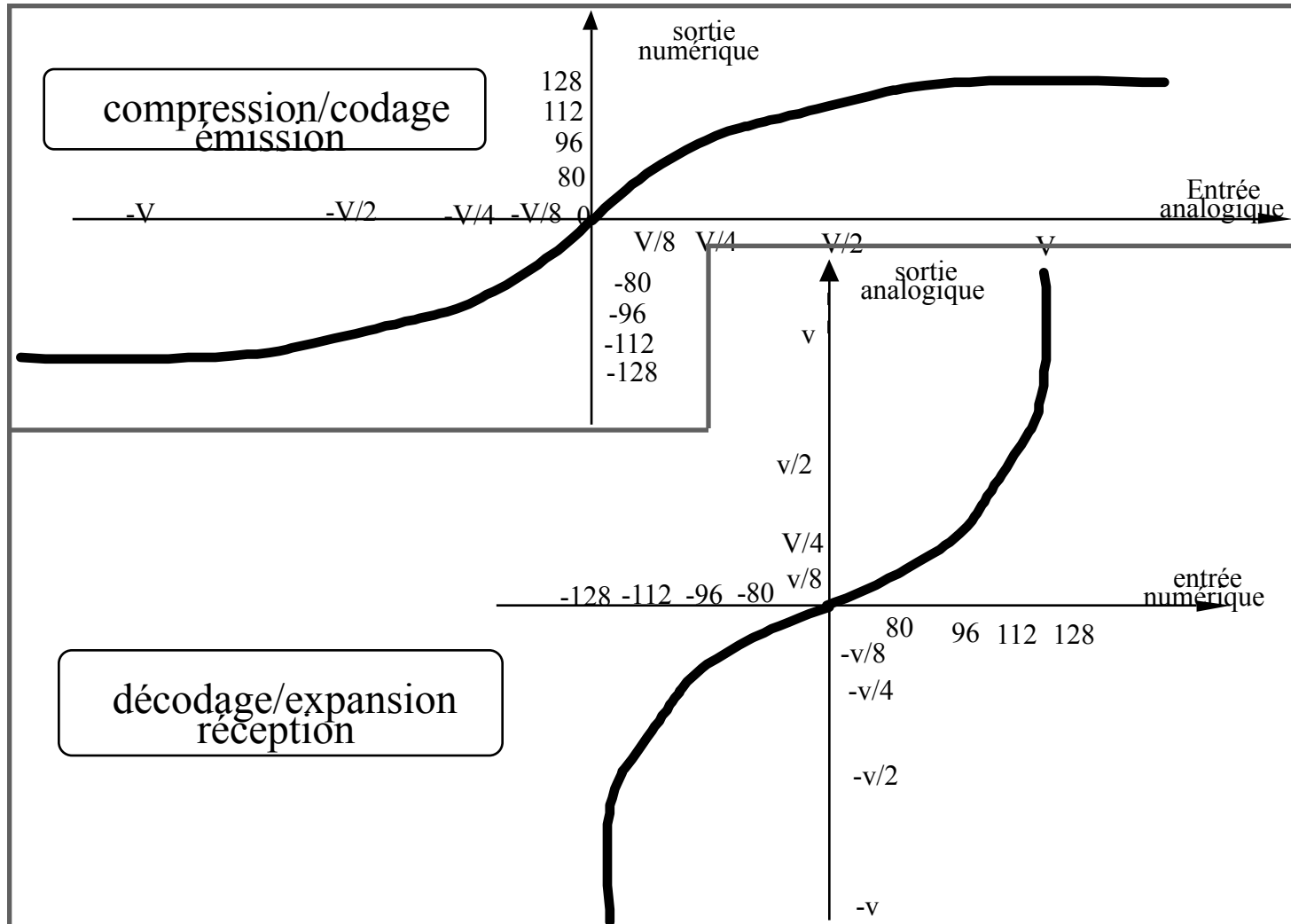
- valeurs des échantillons = valeurs continues
- discrétisation sur une échelle à 2^n niveaux appelée échelle de quantification

$$f(i\Delta) \in \mathbb{R} \Rightarrow g_i \in \mathbb{Z}$$

ERREUR DE QUANTIFICATION



Quantification



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 :

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

Problèmes Spécifiques à la voix

■ Echo

◆ Acoustique

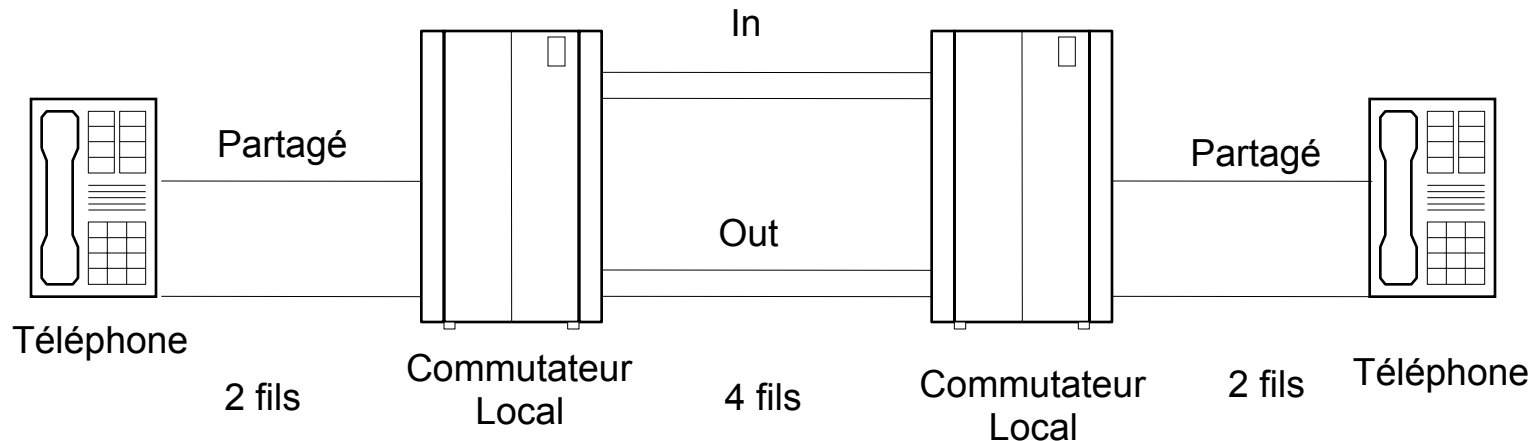
- ✦ retour de l'écouteur au microphone
- ✦ pas gênant si le temps d'aller-retour ≤ 20 ms
- ✦ Gênant dès que ce temps dépasse 40 ms

◆ 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)

Transmission de la voix

■ Echo Electrique:



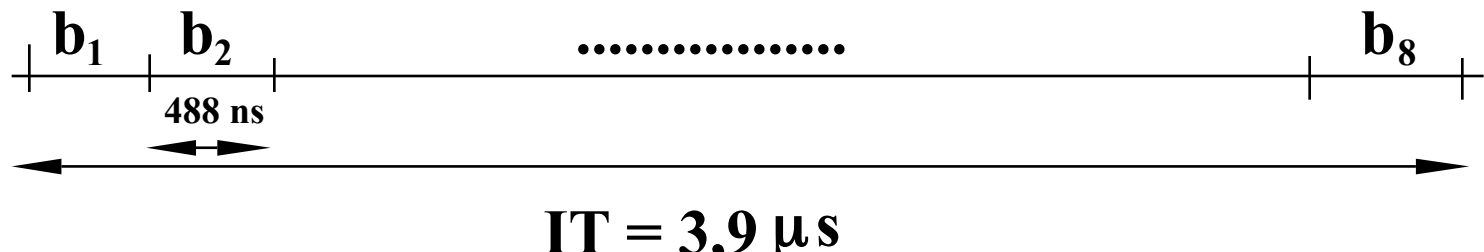
- ◆ 2 fils \leftrightarrow 4 fils nécessite un annuleur d'écho

■ Délai/Gigue

- ◆ Pas un réel problème (commutation de circuits)
- ◆ Sauf satellite

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 μs
 - ◆ durée d'un IT = $125 / 32 = 3,9 \mu s$



MULTIPLEXAGE MIC

■ CONSTITUTION D'UNE TRAME (TR)

◆ IT₀ :

- ✦ trames paires : mot de verrouillage de trame (MVT)

MVT = 10011011

- ✦ trames impaires : mot de fonctions (MFT) - alarmes

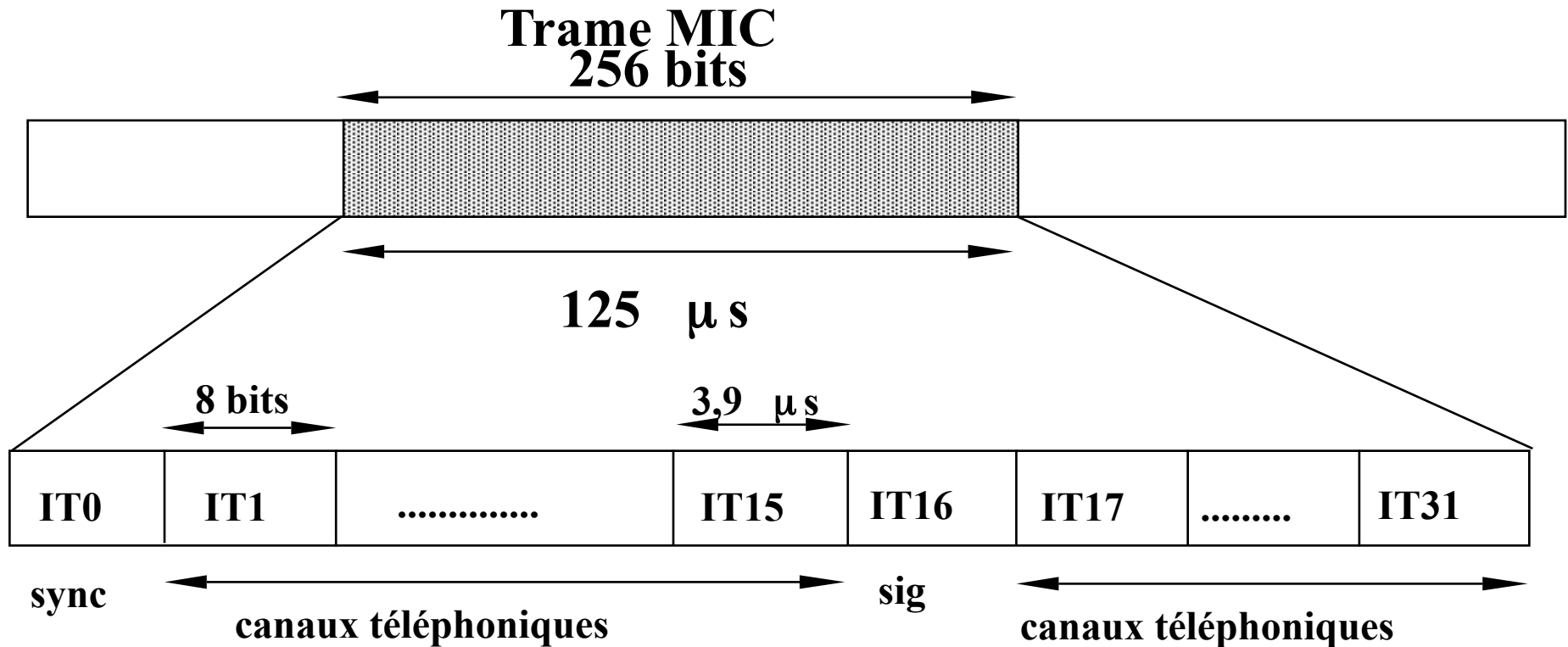
MFT = 11xxxxxx

◆ IT₁ à IT₁₅ et IT₁₇ à IT₃₁ : 30 voies téléphoniques

◆ IT₁₆

- ✦ signalisation de 2 voies téléphoniques
- ✦ verrouillage multitrame

MULTIPLEXAGE MIC

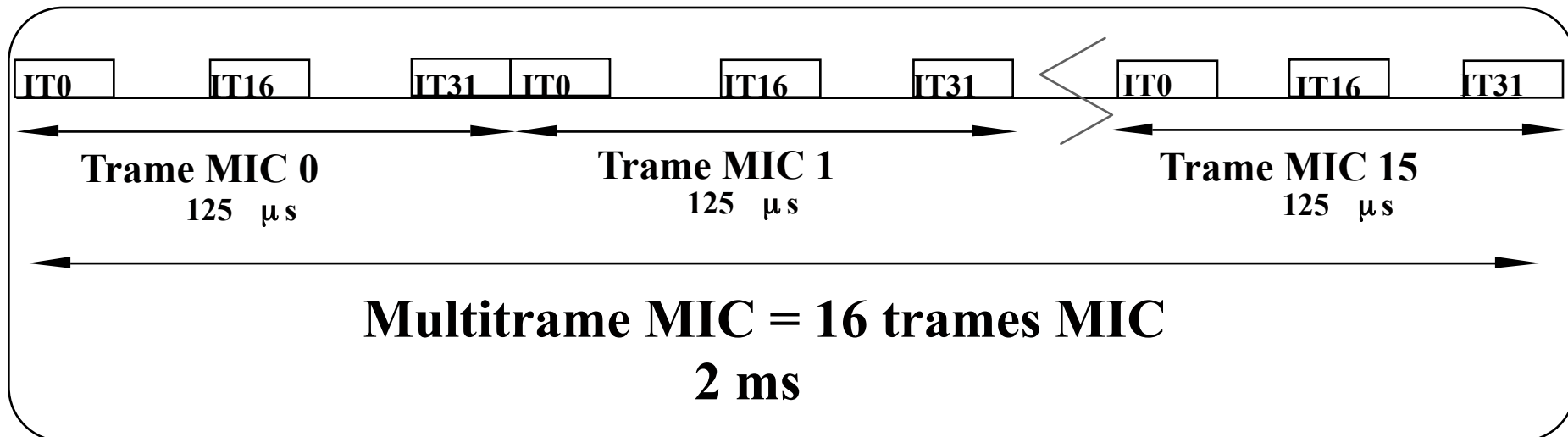


longueur d'une trame MIC = $32 * 8 = 256$ bits

débit d'une trame MIC = $256 / 0,125 = 2,048$ Mb/s

Constitution Des Multitrames

- signalisation complète = 16 trames
- durée d'une multitrame = $0,125 * 16 = 2 \text{ ms}$
- taille d'une multitrame = $256 * 16 = 4096 \text{ bits}$
- IT16 de la trame 0 = synchronisation multitrame



MULTIPLEXAGE MIC

Signalisation des voies téléphoniques

- IT16 des trames 1 à 15 :
 - ◆ IT16 de la trame i ($1 \leq i \leq 15$) =
signalisation des voies i et $i+16$
 - ◆ signalisation sur 4 bits
- Période de signalisation : $0,125 * 16 = 2 \text{ ms}$
- Débit de signalisation : $4 / 0,002 = 2 \text{ kb/s}$
- Débit de transmission : $1 / 0,002 = 500 \text{ multitrames/s}$

Systeme 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 : $24 \times 8 + 1 = 193$ bits
- Débit = $193 / 125 \mu s = 1,544$ Mbit/s
- Pbs d'adaptation entre les pays

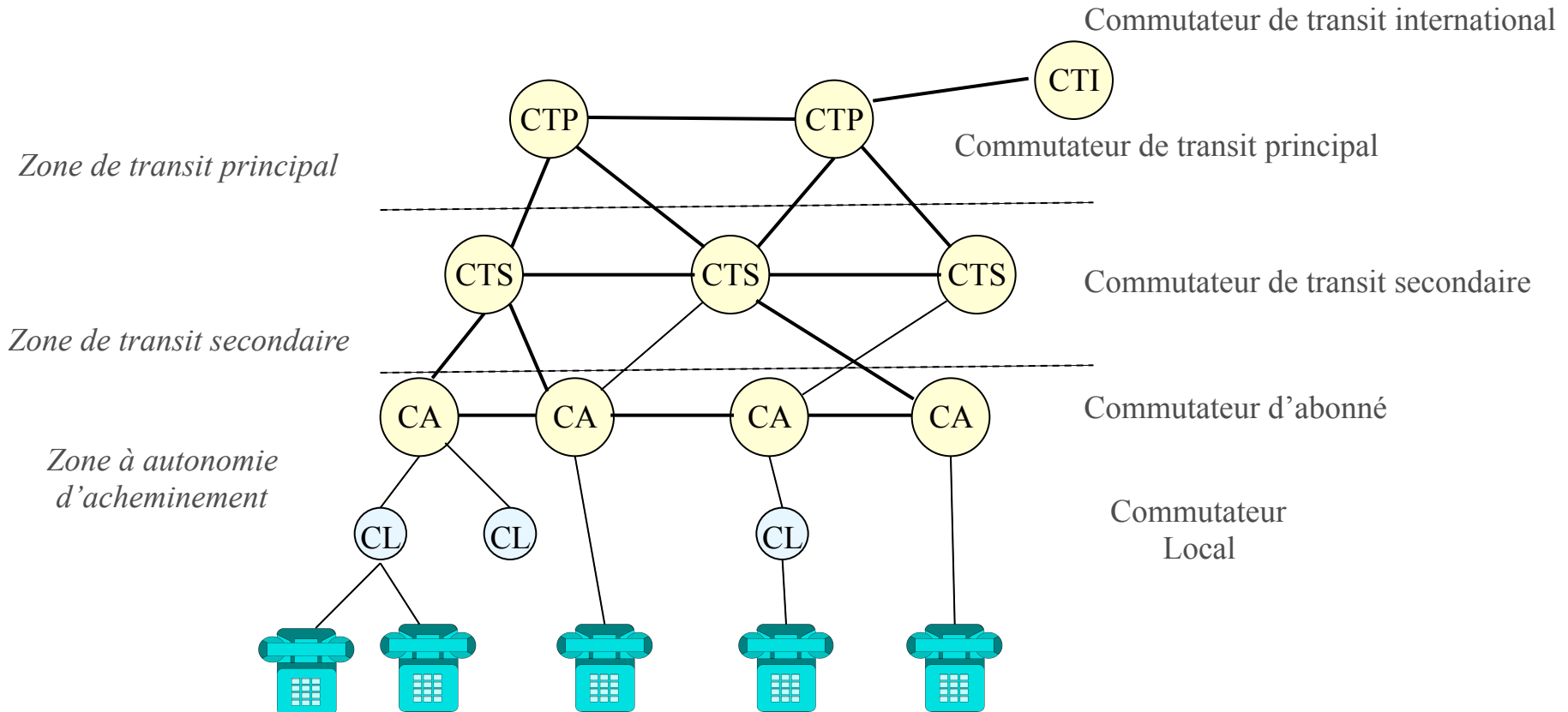
Commutateurs

- 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.

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

Réseau Téléphonique



Routage

- 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 »

Routage

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

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

Signalisation

- ◆ On utilise les ressources du réseau lui-même,
Allocation d'Intervalles 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 !

Réseau Sémaphore

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

