

## INTRODUCTION AUX TELECOMMUNICATIONS

### • OBJECTIF

viser à offrir une vue d'ensemble des réseaux de télécommunications, en commençant par les besoins jusqu'à l'offre, tout en abordant l'histoire des réseaux et leurs principales fonctions, en mettant l'accent sur les réseaux majeurs tels que le RTC, le RNIS, le GSM et les satellites.

1

## SOMMAIRE

### 1. Organisation du réseau téléphonique commuté et boucle locale :

Présente la structure du réseau téléphonique commuté et son composant essentiel, la boucle locale.

### 2. Autocommutateur public, signalisation et trafic :

Explique le rôle des autocommutateurs publics dans la gestion des appels téléphoniques, ainsi que les notions de signalisation et de trafic liées au routage des appels.

### 3. Ligne de transmission et notions de transmission :

Met en lumière les lignes de transmission utilisées pour transférer des données et explique les principes fondamentaux de la transmission des informations.

### 4. Réseau numérique à intégration de service (RNIS) :

Présente le RNIS, un réseau qui combine la transmission de données et de voix sur un même réseau numérique.

### 5. GSM, TD et réseaux satellitaires :

Décrit les réseaux GSM, les technologies de transmission de données (TD) associées, et les réseaux satellitaires utilisés pour les communications à longue distance via des satellites

## Origine des télécoms

### Chronologie, de 1793 à 1945

- **Le télégraphe**

- **1793** : Première liaison (35 km) par le télégraphe optique des frères Chappe. Le télégraphe de Chappe est un système de transmission par signaux optiques. Deux bras articulés sont disposés au sommet d'un mat, et les différentes positions qu'ils prennent constituent les signes de base du message.

La transmission s'effectue de proche en proche, plusieurs stations répètent le message reçu et forment une ligne télégraphique. Les messages sont codés.

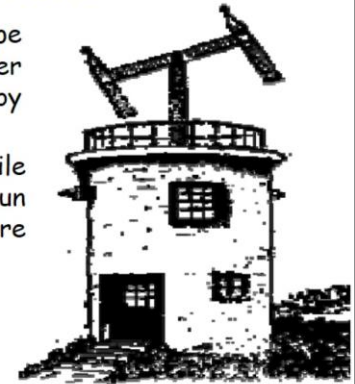


3

## Origine des télécoms

### Chronologie, de 1793 à 1945

- **17 août 1794** : Le télégraphe Chappe transmet de Lille à Paris le premier message, la prise de la ville du Quesnoy par les armées de la République.
- **1800** : L'Italien Volta invente la pile électrique. L'électricité n'est plus un amusement de salon, on entre dans l'ère de l'électrocinétique.
- **1816** : Ronalds propose à l'Amirauté Britannique un prototype de télégraphe électrique rudimentaire. Il sera refusé.

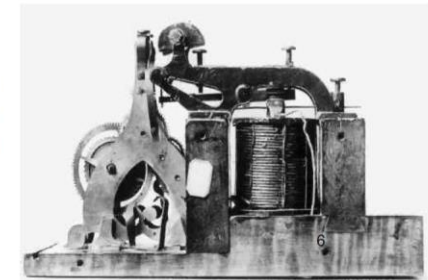


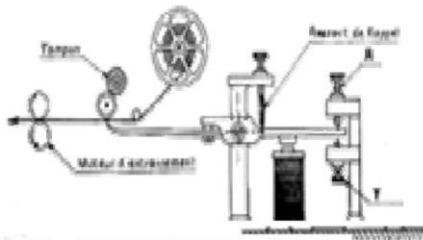
4

- **1820** : découverte de l'électromagnétisme par Oersted, le courant électrique influence une aiguille aimantée. Par la suite Ampère et Arago formaliseront les lois des champs électriques, magnétiques et des forces mises en jeu par ces champs. Ampère communique à l'Académie des Sciences une proposition d'utilisation de l'électricité pour construire un télégraphe électromagnétique à aiguilles.
- **1820 – 1830** : Les principales villes françaises sont reliées à Paris par le télégraphe optique. Le réseau est centralisé, principalement à usage administratif et militaire, mais peu à peu utilisé par les milieux financiers, commerciaux et par la presse.
- **1825** : en Angleterre, un acte royal autorise la construction d'un télégraphe entre Liverpool et le Pays de Galle, dans le but d'informer de l'arrivée des navires marchands.
- **1830** : Le télégraphe optique en Europe : 1832, en Prusse (Berlin Coblençe) et en Suède (Stockholm) 1839 en Russie (Saint Petersburg Varsovie) 1845 en Espagne (Madrid Irun). Partout, sauf en Angleterre, il s'agit d'un outil de renforcement du pouvoir central.

5

- **1833** : les Allemands Gauss et Weber réalisent une ligne télégraphique électrique à aiguilles sur une distance de 1500 m.
- **1837** : en Angleterre, Cooke et Wheatstone inventent un télégraphe électrique à cinq fils.
- **1837** : le gouvernement fédéral américain lance un appel d'offres pour un télégraphe optique.
- **1838** : l'Américain Samuel Morse invente son fameux code basé sur des signaux de deux types (long et court), et propose un télégraphe électrique à deux fils, puis à un fil, avec retour par la terre.





**1844** : liaison électrique du télégraphe Morse entre Washington et Baltimore

• **1850** : liaison électrique transmanche

• **14 février 1876, 14 heures** : Graham Bell, spécialiste de l'audition et de l'électricité, dépose un brevet concernant la transmission de la parole par un courant électrique.

• **14 février 1876 16 heures** : Elisha Gray, cofondateur de la Western Electric Company dépose un projet de brevet concernant également un procédé de transmission de la parole par un courant électrique. Ce projet n'aboutira pas.

- **Août 1876** : présentation publique du téléphone de Bell à l'exposition de Philadelphie.
- **Juillet 1877** : Bell crée la Bell Telephone Company
- **1877** : Edison, pour le compte de la Western Union, 'invente' le microphone à charbon
- **1878** : aux USA premiers abonnés du téléphone en liaison point à point. Premier central téléphonique dans le Connecticut. Il dessert 21 abonnés.

- **1891** : premier central automatique Strowger
- **1897** : premier central automatique Rotary (Western Electric)
- **1900** : Michael Pupin découvre les propriétés des bobines d'induction sur les longues lignes, qui permettent de renforcer l'énergie du signal. En insérant des bobines de pupinisation à intervalles réguliers, on peut atteindre plusieurs centaines de km avec une qualité correcte.



- 1906 Lee de Forest invente la triode
- 1908 Tanger communique télégraphiquement avec l'Europe
- 1913 Multiselecteur Crossbar
- 1922 Radiodiffusion sonore débute en France
- 1927 premier central automatique à Rabat en stowger
- 1928 Première liaison radio téléphonique France Amérique
- 1930 La TV débute
- 1932 Premier ordinateur électronique mis au point par Von Neumann
- 1953 Première transmission d'image TV (Paris-Londre)
- 1956 Pose du premier câble téléphonique sous-marin transatlantique Royaume Uni USA
- 1957-58 Lancement des premiers satellites de communications interplanétaires
- 1962 Image TV via satellites Telstar
- 1964 Création de l'organisme international de télécoms par satellites INTELSAT
- 1971 Le premier Microprocesseur
- 1978 Ouverture du Transpac
- 1983 Videotex 100 000 Minitel
- 1987 RNIS
- 1988 Radiotéléphonie mobile au Maroc

9



## ORGANISATION DU RESEAU

Le réseau téléphonique public est conçu pour interconnecter les installations téléphoniques des abonnés pendant la durée nécessaire. Il se compose des éléments suivants :

- Lignes
- Circuits
- Équipements de commutation
- Équipements de transmission

Il remplit les fonctions essentielles de :

- Distribution
- Commutation
- Transmission
- Signalisation

11

## ORGANISATION DU RESEAU

- Installation téléphonique de l'abonné
- Lignes d'abonné
- Circuits téléphoniques

Un circuit téléphonique est une paire de voies complémentaires, équipée pour relier deux commutateurs, permettant une connexion directe dans les deux sens entre ces commutateurs. On distingue :

- Circuits à deux fils
- Circuits à quatre fils
- Circuits à sens unique
- Circuits à double sens

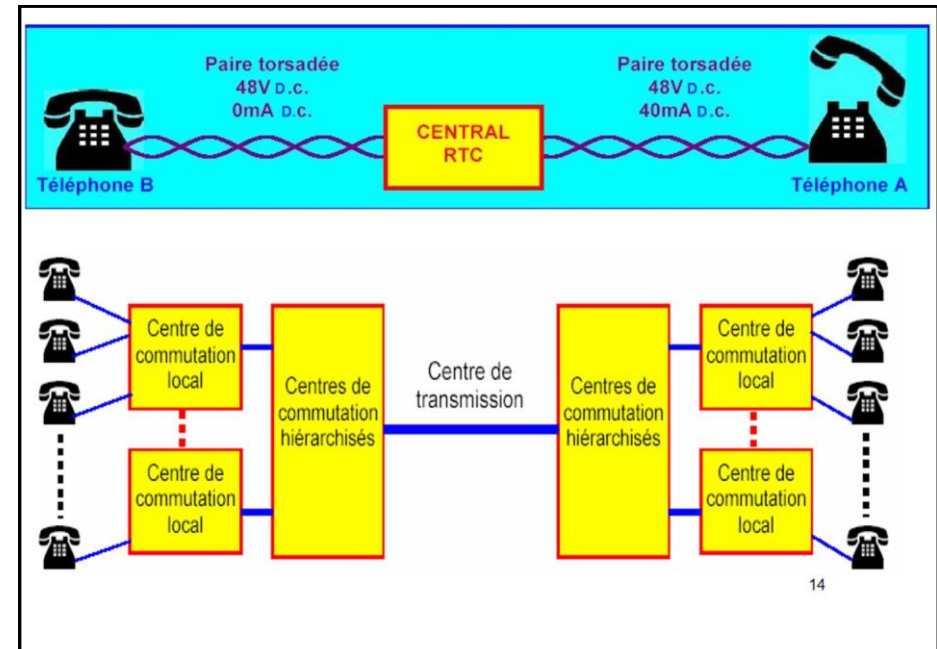
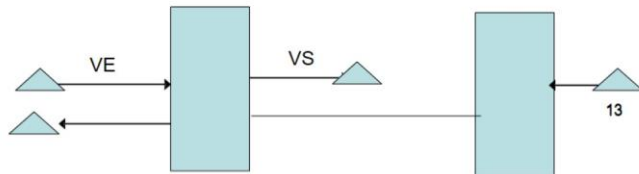
12

## ORGANISATION DU RESEAU

### • Topologie

- Réseau maillé
- Réseau en étoile
- Réseau hiérarchique

Les commutateurs sont l'ensemble des dispositifs permettant d'établir une liaison temporaire entre une voie entrante et une voie sortante, que ces voies soient des lignes d'abonnés ou des circuits



## ORGANISATION DU RESEAU

Deux types de commutateurs :

- Électromécaniques
- Électroniques
  - Semi-électroniques (spatiaux)
  - Entièrement électroniques (temporels)

15

## ORGANISATION DU RESEAU

- ❑ Équipement terminal : Il permet d'adapter le mode de communication de l'utilisateur à celui du réseau, facilitant ainsi l'interaction entre l'utilisateur et le réseau de communication.
- ❑ Moyens de transmission : Ces éléments véhiculent l'information de l'émetteur vers le récepteur, assurant le transport fluide des données à travers le réseau de communication.
- ❑ Système de routage et de commutation : Ce système permet à l'émetteur de sélectionner et d'acheminer l'information vers son récepteur approprié au sein du réseau, assurant ainsi une transmission précise et ciblée des données.

16



## Les types de commutation

- ❑ Commutation en mode circuit : Établissement d'un circuit "physique" dédié pour le transfert en temps réel d'informations telles que la téléphonie ou le fax, assurant une connexion constante entre l'émetteur et le récepteur pendant toute la durée de la communication.
- ❑ Commutation en mode message : Ce mode implique que les informations sont stockées dans chaque commutateur traversé. Il est peu utilisé en raison des délais de transmission élevés, ce qui le rend moins efficace pour les applications nécessitant une communication en temps réel.
- ❑ Commutation en mode paquet : Les messages sont segmentés en paquets de données pour faciliter le transfert. Chaque paquet peut emprunter des chemins différents à travers le réseau avant d'être recomposé à destination. Ce mode est largement utilisé dans les réseaux modernes, offrant une efficacité accrue et une utilisation optimale de la bande passante.

17

## Les COMMULATEURS

- ❑ Les commutateurs constituent les nœuds du Réseau Téléphonique Commuté
- ❑ La fonction principale d'un commutateur est d'assurer à la demande la connexion de la ligne de l'abonné demandeur avec la ligne de l'abonné demandé
- ❑ Un commutateur peut être de :
  - de rattachement,
  - de transit
  - mixte

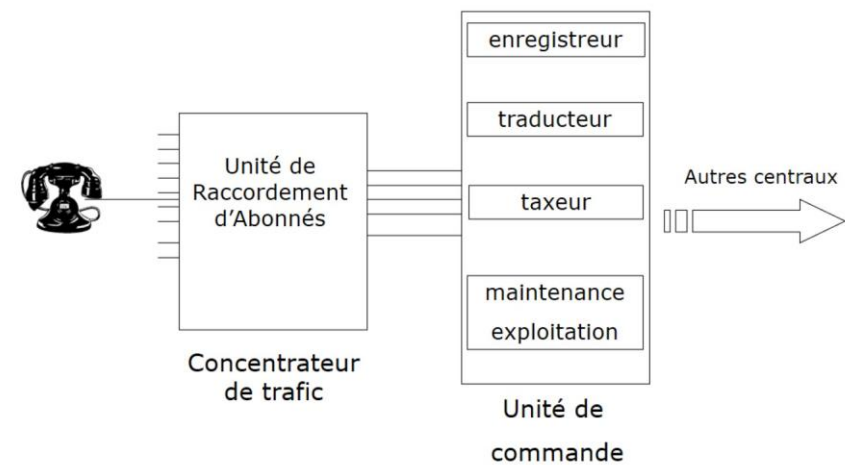
18

### Fonctions d'un commutateur

- Sa principale fonction est la connexion c.-à-d. la liaison temporaire entre 2 jonctions.
  - Une jonction est un circuit ou une ligne d'abonné.
  - L'établissement des connexions nécessite :
    - l'échange de signalisation entre les commutateurs,
    - une suite d'actions, appelée traitement du signal. Elle est assurée par l'unité de commande (ordinateur).
- Les Unités de Raccordement d'Abonnés (URA)
  - Fournissent l'énergie à l'alimentation des postes téléphoniques, adaptent les caractéristiques électriques
  - Détectent le décroché et le raccroché d'un poste
  - Génèrent une sonnerie vers un poste et exécutent des tests des lignes d'abonnés.
  - Offrent une fonction de concentration.

19

### Architecture d'un commutateur



20

### Les commutateurs de rattachement d'abonnés

Deux types de commutateurs :

- Commutateur Local (CL)
  - Incapable d'analyser les numéros qu'il reçoit (doit se référer à son CAA).
  - Fournit de l'énergie aux abonnés.
  - Dessert environ 1 000 abonnés.
- Commutateur à Autonomie d'Acheminement (CAA)
  - Peut desservir jusqu'à 80 000 abonnés.
  - Les CAA sont interconnectés via des commutateurs de transit.

21

### Les commutateurs de Transit

- ✓ Créés pour faciliter le maillage des abonnés : faciliter l'interconnexion ou le réseau entre les abonnés.
- ✓ Il n'y a pas d'abonnés raccordés à ce type de commutateur : ne comporte pas d'abonnés connectés directement à lui.
- ✓ Sa fonction principale consiste à réaliser la commutation des circuits.

22

## ORGANISATION DU RESEAU

### ▪ Les commutateurs d'abonnés

- ✓ Commutateurs Locaux (CL)
- ✓ Commutateurs d'abonnés à Autonomie d'Acheminement (CAA)

### ▪ Les commutateurs de Transit

- ✓ Commutateurs de Transit Principaux (CTP)
- ✓ Commutateurs de Transit Secondaires (CTS)
- ✓ Commutateurs de Transit International (CTI)

23

## ORGANISATION DU RESEAU

### ▪ Découpage du territoire (Division géographique pour planifier l'infrastructure).

- ✓ **Construction** : Mise en place de l'infrastructure physique du réseau.
- ✓ **Extension** : Expansion du réseau vers de nouvelles zones.
- ✓ **Exploitation** : Fourniture continue de services, maintenance et amélioration technologique.

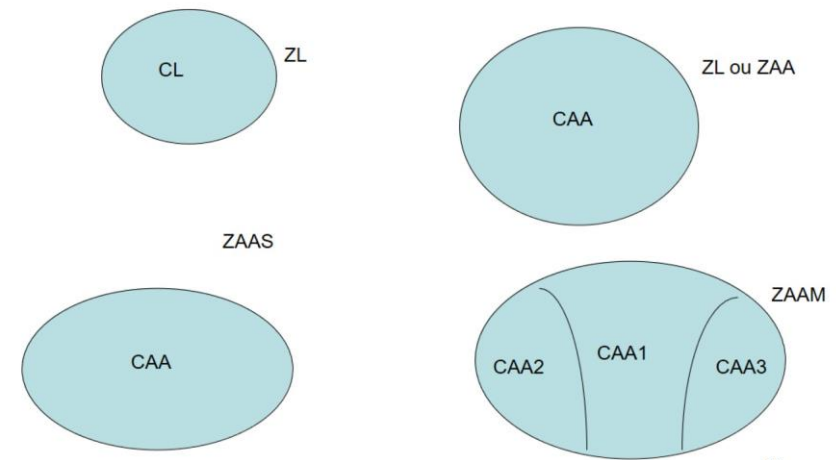
24

## ORGANISATION DURESEAU

- Zones de découpage
  - Zone locale (ZL)  $\Rightarrow$  CL
  - $\Rightarrow$  CAA
  - Zone à Autonomie d'acheminement (ZAA)
    - ZAAS  $\Rightarrow$  un seul CAA
    - ZAAM  $\Rightarrow$  plusieurs CAA
  - Zone de transit secondaire (ZTS)  $\Rightarrow$  CTS
  - Zone de transit principale (ZTP)  $\Rightarrow$  CTP

25

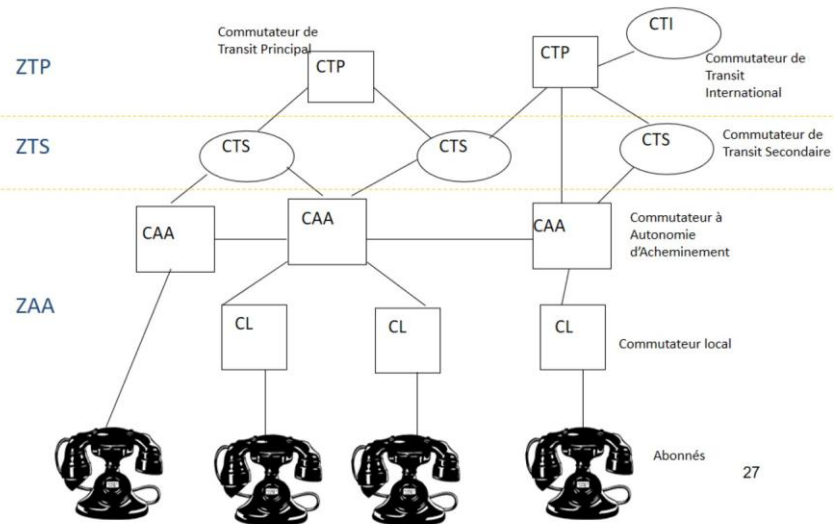
## Zonage



26

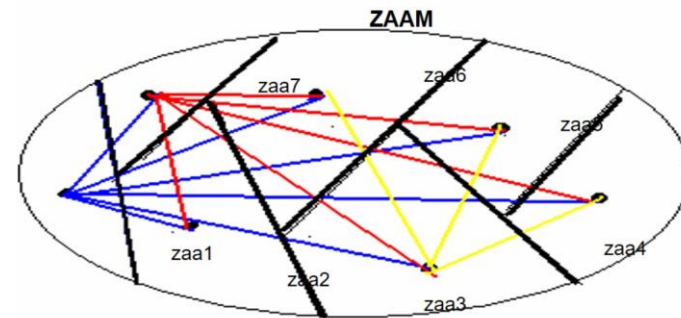


## Hierarchie du réseau téléphonique

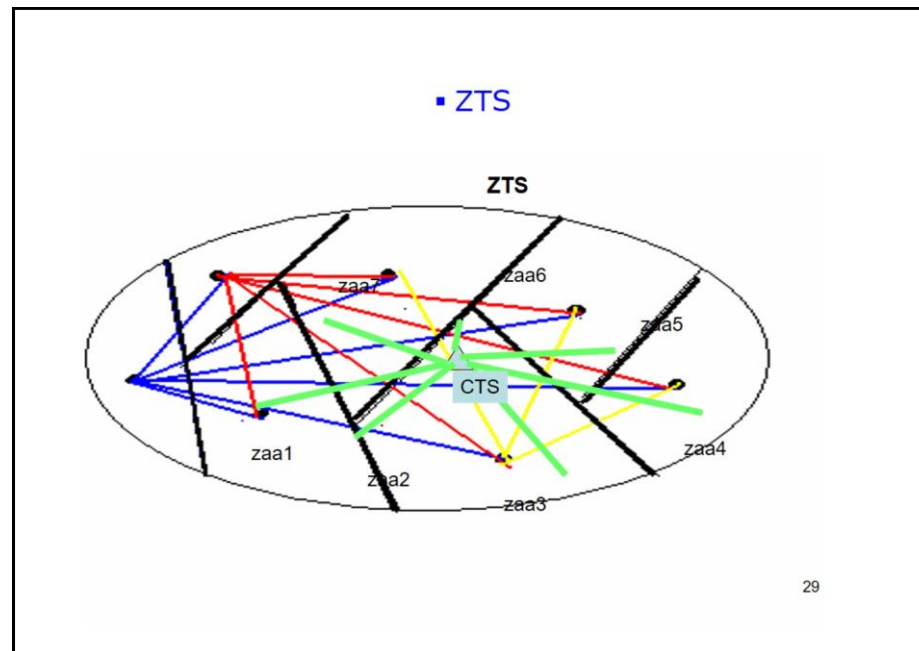


27

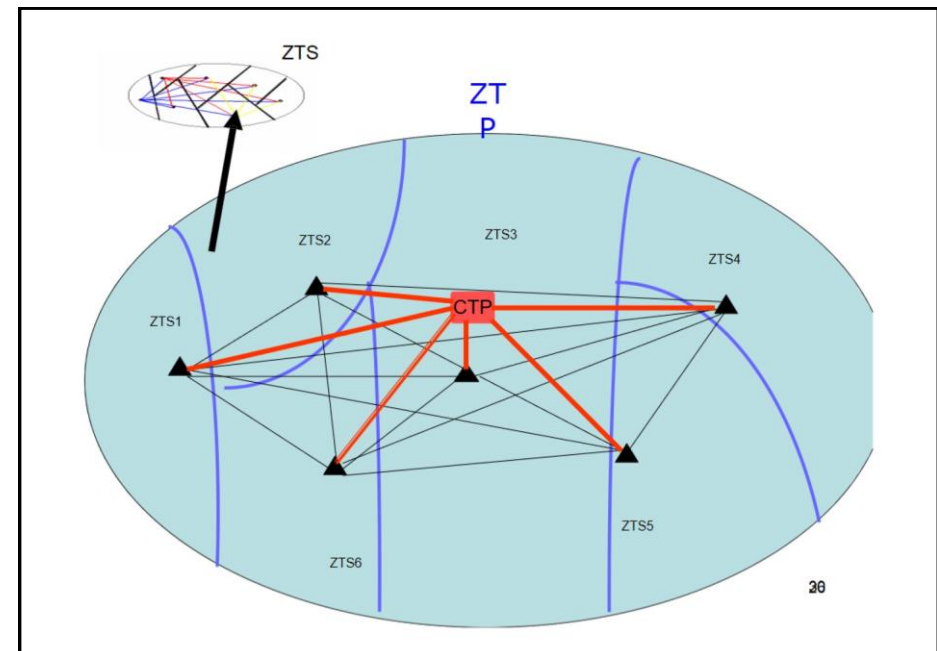
## Maillage complet entre les différents CAA



28

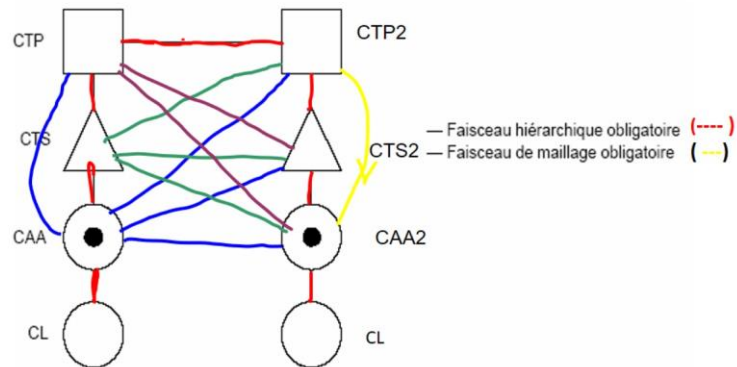


29

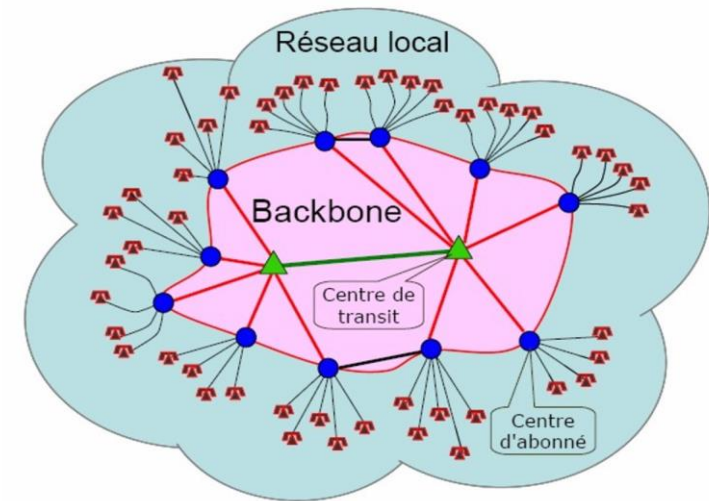


30

### Hiérarchie et faisceaux



31



32

### Enveloppe hiérarchique

- **Intra ZTS**

CL1 - CAA1 - **CTS** - CAA2 - CL2

- **Intra ZTP**

CL1 - CAA1 - CTS1 - **CTP** - CTS2 - CAA2 - CL2

- **Inter ZTS**

CL1 - CAA1 - **CTS1** - **CTS2** - CAA2 - CL2

- **Inter ZTP**

CL1 - CAA1 - CTS1 - **CTP1** - **CTP2** - CTS2 - CAA2 - CL2

33

### Acheminement

L'acheminement englobe l'ensemble des informations nécessaires pour la transmission d'un appel.

C'est le processus par lequel les données ou les informations sont dirigées d'un point à un autre à travers un réseau de communication pour permettre la transmission d'un appel téléphonique ou de toute autre information.

34

## Règles d'acheminement

### Trois règles de base

**Règle 1 : « Acheminement pas à pas »** : Principe d'une progression étape par étape pour assurer une transmission soignée à travers le réseau, contrôlée à chaque étape.

**Règle 2 : « Indépendance de l'amont »** : Chaque nœud du réseau est capable de fonctionner indépendamment et de prendre des décisions pour l'acheminement des données, sans être entièrement dépendant des étapes précédentes.

**Règle 3 : « Des 3 choix »** : Il existe souvent plusieurs chemins ou options d'acheminement des données. Sélectionner le chemin optimal en fonction des conditions du réseau, des exigences de transmission ou d'autres critères pertinents

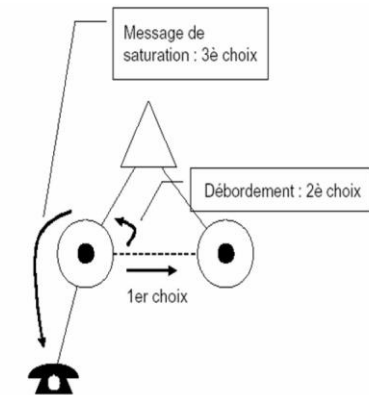
35

### ▪ Règle des 3 choix

- 1er choix
  - ↳ Sur faisceau transversal
- 2è choix
  - ↳ Se fait sur faisceau hiérarchique
  - ↳ Sur échec du 1er choix
- 3è choix
  - ↳ Occupation lorsque le 2è choix est saturé

### ▪ Règles particulières

- Faisceau obligatoire
  - ↳ CTP → CAA
- Faisceau interdit
  - ↳ CAA → CTP



36



### Organisation du réseau international

- ❑ La hiérarchie internationale est distincte de la hiérarchie nationale pour des raisons techniques et pour gérer les flux de trafic variés.
- ❑ Commutateur international automatique (CIA) : C'est un commutateur dédié au traitement du trafic international.

37

### Organisation du réseau international

- Centre International de Transit Principal (CITP) :  
Ce centre joue un rôle essentiel en assurant la transition fluide des communications entre deux circuits internationaux, appartenant chacun à deux pays étrangers distincts.

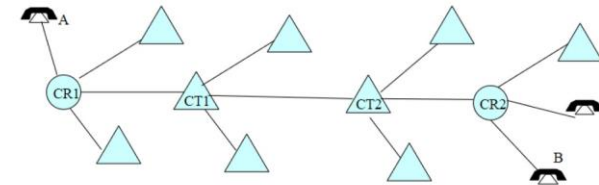
38

### Hiérarchie dans le chaînage international

La hiérarchie dans le chaînage international se compose de trois niveaux :

- Niveau A pour les CITP (Centre International de Transit Principal) : Ces centres jouent un rôle crucial en assurant le transit des communications entre deux circuits internationaux appartenant à différents pays étrangers.
- Niveau B pour les CIA (Commutateur International Automatique) : Les CIA sont des commutateurs spécifiques dédiés au traitement du trafic international, contribuant à l'acheminement efficace des communications internationales.
- Niveau C pour les CLIV (Chaîne Locale Internationale de Voisinage) : Ces chaînes locales internationales de voisinage opèrent à un niveau plus localisé, permettant la connectivité et l'acheminement des communications à l'intérieur d'une région ou d'une localité spécifique à<sup>39</sup> portée internationale.

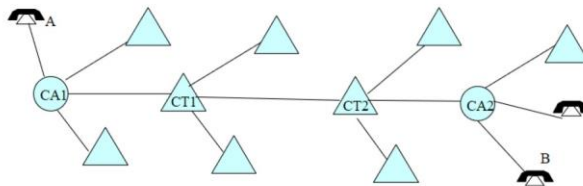
### Etapes de traitement d'un appel téléphonique



Ce sont les étapes successives par lesquelles passe un appel téléphonique entre le moment où le demandeur (A) décroche pour commencer l'appel et le moment où le demandé (B) décroche pour répondre à l'appel

40

### Présélection

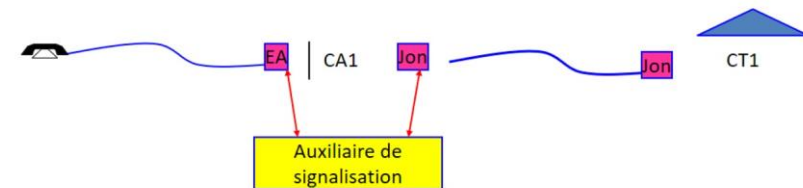


C'est la phase qui sépare le moment où l'abonné demandeur décroche et le moment où il reçoit la tonalité d'invitation:

- détecter le décrochage,
- identifier la ligne,
- branchement d'un auxiliaire de numérotation,
- l'envoi de la tonalité d'invitation

41

### Numérotation et Sélection



#### Numérotation

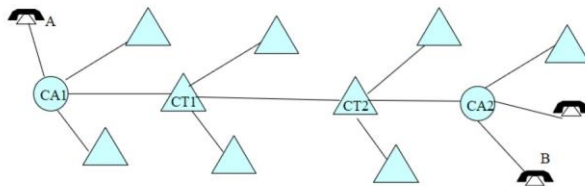
CA1 reçoit et enregistre le numéro,  
l'analyse et détermine que l'appel doit être orienté vers CT1,

#### Sélection

CA1 prend alors un circuit libre parmi ceux allant vers CT1,  
Initiation d'une phase de signalisation avec CT1 (décrochage + alo, alo)

42

### Signalisation et connexion



- **Signalisation**
  - CA1 envoie le numéro de B à CT1
  - CT1 réalise une sélection avec CT2 et passe en transit
  - CA1 envoie le numéro de B à CT2
  - CT2 réalise une sélection avec CA2 et passe en transit
  - CA2 envoie la sonnerie sur la ligne de B
- **Connexion**
  - Au décrochage de B, CA1 et CA2 connectent les lignes de A et de B aux circuits sélectionnés et la communication commence

43

### Le dégroupage

#### □ Définition :

→ Le dégroupage permet à un opérateur d'utiliser la boucle locale d'un opérateur concurrent pour acheminer son propre trafic.

#### □ Accès dégroupé à la boucle locale :

→ Deux possibilités :

- un accès totalement dégroupé
- un accès partagé à la boucle locale, celle-ci restant la propriété du 1er concurrent (Ex : FT), qui ne fait que la "louer" à ses concurrents.

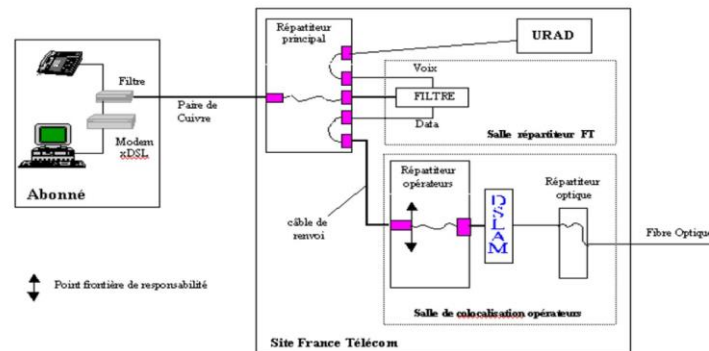
→ Dans les deux cas, comment qualifier, garantir et maintenir la qualité de la ligne (description, documentation, intervention, accès aux sous-répartiteurs) ?

44

## Dégroupage partiel

□ Dégroupage partiel : Accès partagé à la boucle locale du 1er concurrent

- Ligne téléphonique et DSLAM\* au 1er concurrent (Ex : FT)
- Connexion au DSLAM par un autre opérateur  
→ DSLAM : Modem ADSL chez l'opérateur



\*DSLAM : Digital Subscriber Line Access Multiplexer, MSAN : MultiService Access Node

45

## Le dégroupage

□ Dégroupage partiel (Accès partagé à la boucle locale) :

- Le bénéficiaire dispose d'un accès à la boucle locale du 1er concurrent autorisant l'usage des fréquences non vocales du spectre de fréquences disponible sur la paire torsadée métallique, la boucle locale continue d'être utilisée par le 1er concurrent pour fournir le service téléphonique.
- Le client continue de payer l'abonnement au 1er concurrent.

46

## Le dégroupage

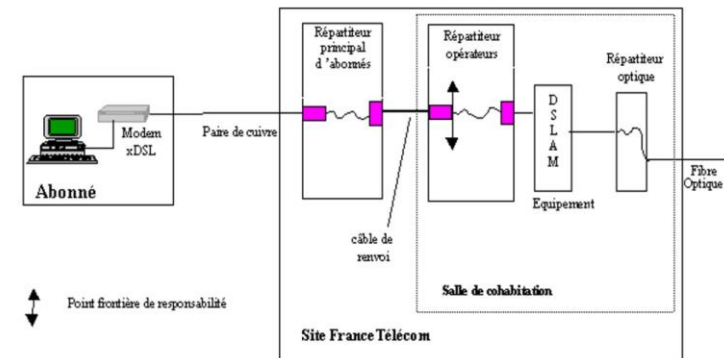
### □ Co-localisation :

- C'est l'obligation pour le 1er concurrent de fournir un local et les ressources techniques nécessaires à l'hébergement et à la connexion des équipements techniques des opérateurs alternatifs.

47

## Dégroupage total

- Dégroupage total : Accès totalement dégroupé à la boucle locale
  - Ligne téléphonique au 1er concurrent (Ex : FT)
  - DSLAM et sa connexion vers l'extérieur par un autre opérateur



• DSLAM : Digital Subscriber Line Access Multiplexer. MSAN : MultiService Access Node

48



## Le dégroupage

□ Dégroupage total : (Accès totalement dégroupé à la boucle locale) :

- Le bénéficiaire dispose d'un accès à la boucle locale du 1er concurrent autorisant l'usage de la totalité du spectre de fréquences disponible sur la paire torsadée métallique.
- Le client final n'est alors plus un abonné du 1er concurrent.

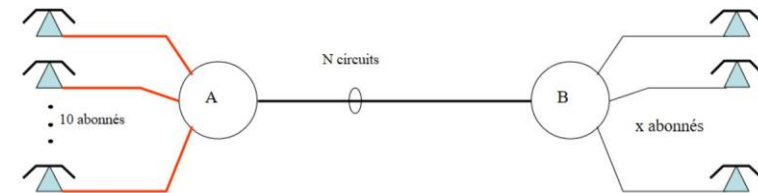
49

## Trafic Téléphonique

Une ligne téléphonique n'est pas occupée en permanence, Son trafic représente le pourcentage de temps pendant lequel elle est occupée.

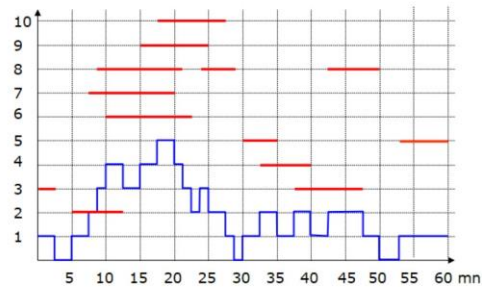
Considérons un système fictif où 10 abonnés reliés à un centre A peuvent communiquer avec les abonnés d'un centre B relié à A à l'aide de N circuits.

Si on observe les 10 lignes pendant une heure et on représente leur activité sur un graphique on obtient :



50

## Trafic téléphonique (2)



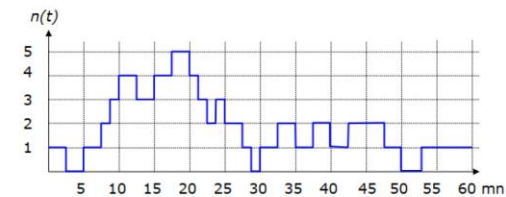
- Les instants auxquels les appels apparaissent sont indépendants
- Les communications ont une durée variable, on peut toutefois calculer une durée moyenne
- Les lignes ne sont jamais toutes occupées en même temps

51

## Trafic : quelques définition

- Le **Volume de Trafic** de la ligne 6 est  $5+5+3 = 13 \text{ mn}$
- Son **Trafic** ou **Intensité de Trafic** est  $13/60=0.22 \text{ Erlang}$
- Le **Trafic Instantané** du faisceau de circuit est égal au nombre  $n(t)$  de circuit occupés à un instant donné,
- Le **Trafic moyen** (A) du faisceau de circuit est égal à la moyenne dans le temps du nombre de circuits occupés  $n(t)$

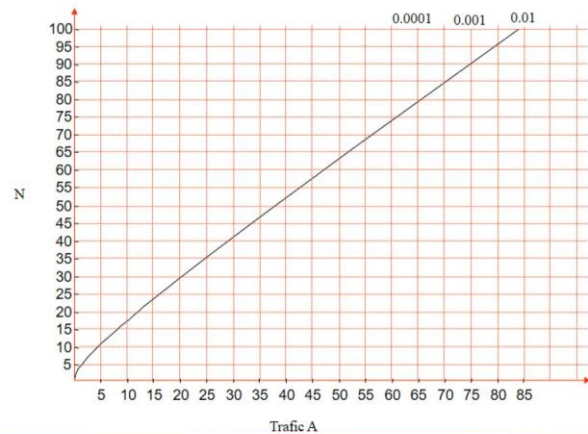
$$A = \frac{1}{T} \int_0^T n(t) dt$$



52

### Abaque d'Erlang

En général on cherche le nombre d'organes nécessaires pour écouler un trafic donné avec une qualité de service spécifiée

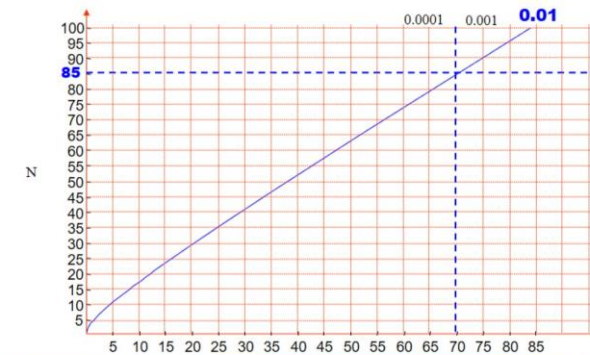


53

### Exemple 1

Donner le **nombre de circuits** nécessaires pour transporter avec un taux d'échec de **1 %** le trafic de **1000 abonnés** ayant un trafic **0.07 Erlang** chacun

Trafic Offert :  $1000 \times 0.07 = 70 \text{ E}$



54

### Exemple 2

Donner le **nombre de circuits** nécessaires pour transporter avec un taux d'échec de **1 %** le trafic de 900 abonnés qui utilisent leur téléphone **une fois par heure** avec une **durée moyenne de 5mn** par appel

$$\lambda = [1/60 \text{ appel}] / \text{minute}$$

$$\theta = 5 \text{ mn}$$

Trafic d'un abonné =

$$[(1/60) \times 5] = 0.083 \text{ E}$$

Trafic offert =

$$900 \times 0.083 = 75 \text{ E}$$

