

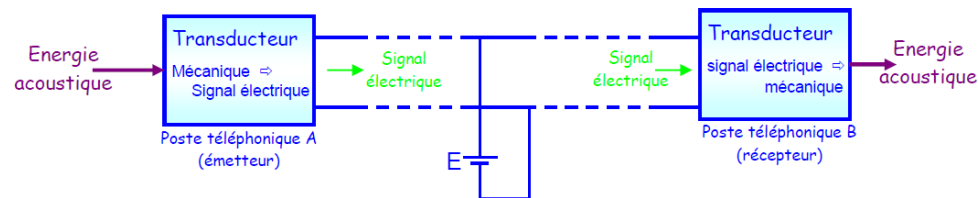
Chapitre 3 La téléphonie

Dr. Amine DHRAIEF

Introduction

- La téléphonie a été initialement prévue pour transmettre la voix humaine entre deux lieux distants l'un de l'autre.
- Elle utilise comme support des lignes électriques sur lesquelles transite un courant analogue aux signaux sonores.
- Une liaison téléphonique élémentaire est constituée par :
 - Deux dispositifs émetteur-récepteur appelés postes téléphoniques,
 - Une ligne bifilaire acheminant les signaux (paire torsadée),
 - Une source d'énergie électrique (E). La tension continue nécessaire à l'alimentation des postes téléphoniques est fournie par une source installée au central téléphonique (batterie centrale).

Introduction



Introduction

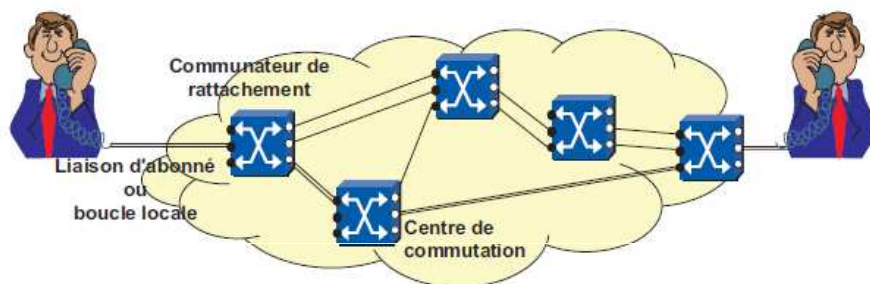
- Organes constitutifs d'un poste téléphonique simple
- Le microphone : c'est un convertisseur d'énergie
 - les ondes sonores entraînent la vibration d'une membrane sensible qui provoque la création d'un signal électrique variant au même rythme que la voix.
- L'écouteur : il restitue sous forme acoustique l'énergie électrique reçue
 - en la transformant en énergie mécanique imposant un mouvement vibratoire à l'air ambiant.
 - L'écouteur est constitué d'un haut-parleur : électro-aimant relié à une membrane.
- Le combiné :
 - c'est le support ergonomique sur lequel sont montés le microphone et l'écouteur récepteur.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA TÉLÉPHONIE

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA TÉLÉPHONIE

- Le réseau téléphonique public RTPC (Réseau Téléphonique Public Commuté ou simplement RTC) ou encore PSTN (Public Switched Telecommunication Network) a essentiellement pour objet le transfert de la voix.
- Utilisant le principe de la commutation de circuits, le réseau téléphonique met en relation deux abonnés à travers une liaison dédiée pendant tout l'échange

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA TÉLÉPHONIE



PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA TÉLÉPHONIE

- À l'origine, la mise en relation était réalisée manuellement par des opérateurs.
 - le premier commutateur téléphonique automatique a été imaginé par Strowger (1889)
 - pour lutter contre son concurrent commercial (service de pompes funèbres) dont l'épouse était opératrice au centre téléphonique local (Kansas City aux Etats-Unis) et qui acheminait les appels à destination des pompes funèbres vers l'entreprise de son mari
- Bien que les premiers concepts de commutation automatique apparurent en 1889, ce n'est qu'en 1970 que le réseau téléphonique français fut entièrement automatisé.

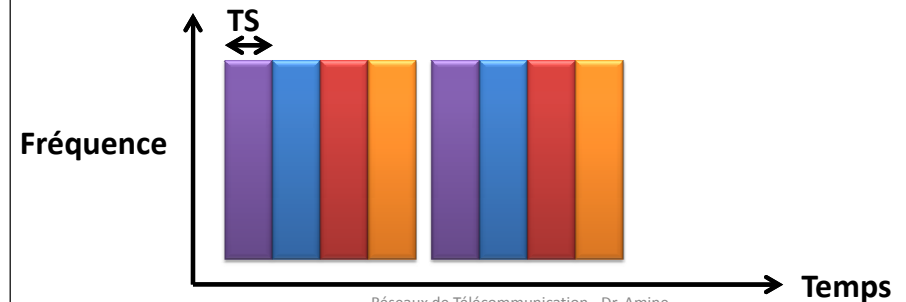
PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA TÉLÉPHONIE

- **La commutation de circuits ou commutation spatiale**
 - consiste à juxtaposer bout à bout des voies physiques de communication,
 - la liaison étant maintenue durant tout l'échange.
- **La numérisation de la voix a permis le multiplexage temporel des communications.**
- **La commutation spatiale a été remplacée par la commutation d'intervalles de temps (IT) ou commutation temporelle.**

Rappel

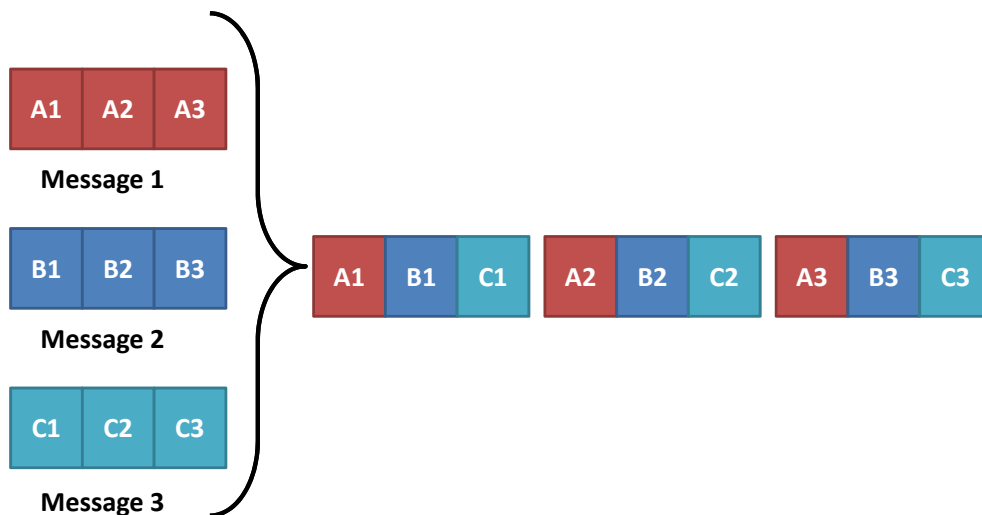
Multiplexage Temporel - Définition

- Répartition du temps d'utilisation de la totalité de la bande passante en intervalles de temps prédéfinis (*Time Slot: TS*) entre les différentes communications
- Uniquement pour les données numérique



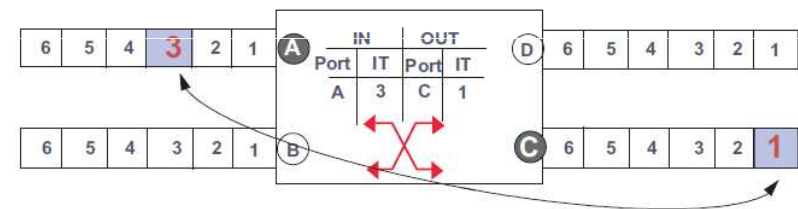
Rappel

Multiplexage Temporel: Principe



PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA TÉLÉPHONIE

- En mettant en relation un IT d'une trame en entrée avec un IT d'une autre trame en sortie, la commutation temporelle émule un circuit.
- La communication est full duplex, une bande passante de 64 kbit/s, dans chaque sens, est donc réservée durant toute la communication.



PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA TÉLÉPHONIE

- Malgré la numérisation du réseau, la liaison des abonnés résidentiels est restée essentiellement analogique
- C'est le commutateur de rattachement qui réalise la fonction de numérisation et de dénumérisation de la voix



ORGANISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE

ORGANISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE

- Chaque client se voit attribuer un numéro personnel.
- Les équipements téléphoniques sont conçus pour pouvoir mettre en relation tous les abonnés (télécommunication) :
 - Soit en empruntant les lignes du réseau public RTC, ce sont des communications extérieures.
 - Soit au sein d'une même entreprise, il s'agit ici de communications internes traitées par un autocommutateur privé. L'accès au réseau public se fait alors en composant un préfixe supplémentaire.

ORGANISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE

- A l'origine la ligne de l'appelant était connectée manuellement à la ligne de l'appelé.
- Puis les commutateurs ont évolué.
 - Passant de l'électrotechnique aux technologies électronique
 - puis maintenant informatique,
 - ils permettent des gains de productivité importants par l'automatisation de tâches répétitives et d'opérations standardisées.
- Les informations de gestion des appels téléphoniques, appelées la « signalisation », transitent sur un réseau parallèle spécifique : le réseau « Sémaphore »

ORGANISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE



ORGANISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE

- Ces commutateurs constituent les différents points ou noeuds du Réseau Téléphonique Commuté ou RTC (STN : Switched Telephone Network).
- Ils sont reliés par des artères de transmission de différents types : câbles coaxiaux, à fibres optiques, faisceaux hertziens, satellites.
- Le RTC assure la connexion momentanée, de deux installations terminales afin de mettre en relation deux usagers.

ORGANISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE

- Le réseau téléphonique a une organisation hiérarchique à trois niveaux
- Il est structuré en zones, chaque zone correspond à un niveau de concentration et un principe de taxation

ORGANISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE

- **Zone à Autonomie d'Acheminement (ZAA)**
 - cette zone, la plus basse de la hiérarchie, comporte un ou plusieurs Commutateurs à Autonomie d'Acheminement (CAA) qui eux-mêmes desservent des Commutateurs Locaux (CL).
- **Le Commutateur à Autonomie d'Acheminement (CAA)**
 - permet de mettre en relation les clients d'une même zone géographique.
 - Ces commutateurs traitent également les numéros d'urgence en joignant le service local concerné.
- Les commutateurs locaux ne sont que de simples concentrateurs de lignes auxquels sont raccordés les abonnés finaux.
- La ZAA (Zone à Autonomie d'Acheminement) est un réseau étoilé, elle constitue le réseau de desserte

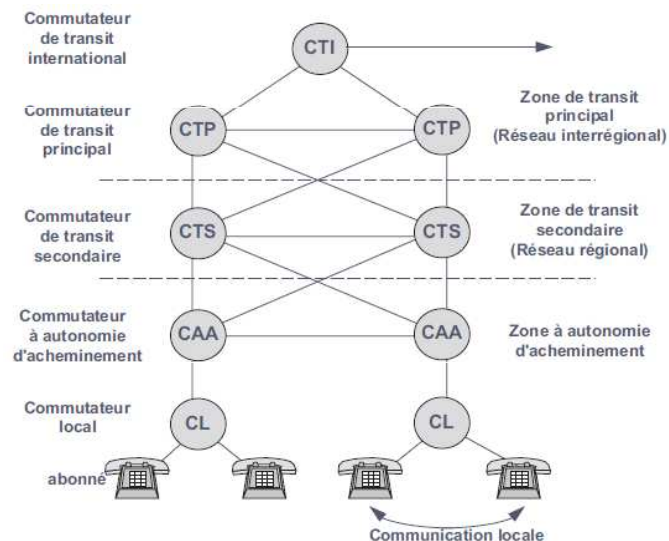
ORGANISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE

- **Zone de Transit Secondaire (ZTS),**
 - cette zone comporte des Commutateurs de Transit Secondaires (CTS).
 - Il n'y a pas d'abonnés reliés directement aux CTS (Commutateurs de Transit Secondaires).
 - Le réseau étant imparfaitement maillé lorsqu'un CAA (Commutateur à Autonomie d'Acheminement) ne peut atteindre directement le CAA destinataire, il passe par un CTS
- **Un appel régional passe par le commutateur local qui envoie un signal au commutateur régional Commutateurs de Transit Secondaires ,**
- **Permet d'écouler les communications téléphoniques d'un CAA à un autre CAA.**

ORGANISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE

- **Zone de Transit Principal (ZTP),**
 - cette zone assure la commutation des liaisons longues distances.
 - Chaque ZTP (Zone de Transit Principal) comprend un Commutateur de Transit Principal (CTP).
 - Au moins un Commutateur de Transit Principal (CTP) est relié à un Commutateur de Transit International (CTI).

ORGANISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE



GESTION DU RÉSEAU

- **La gestion générale du réseau discerne trois fonctions:**
 - La distribution
 - La commutation
 - La transmission

GESTION DU RÉSEAU

- **La distribution:** Le réseau reliant les abonnés au commutateur le plus proche (le commutateur de rattachement)
 - Celle-ci comprend essentiellement la liaison d'abonné ou boucle locale (paire métallique) qui relie l'installation de l'abonné au centre de transmission de rattachement.
- **La commutation:** Partie centrale du réseau qui mets en relation les abonnés
 - c'est la fonction essentielle du réseau, elle consiste à mettre en relation deux abonnés,
 - maintenir la liaison pendant tout l'échange
 - et libérer les ressources à la fin de celui-ci.
 - C'est le réseau qui détermine les paramètres de taxation et impute le coût de la communication à l'appelant ou à l'appelé

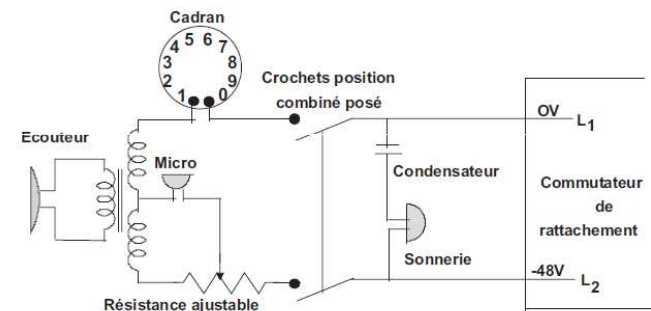
GESTION DU RÉSEAU

- **La transmission:** La liaison de l'ensemble des commutateurs (réseau de transmission ou réseau de transport)
 - c'est la partie support de télécommunication du réseau,
 - cette fonction est remplie soit par un système filaire cuivre, par de la fibre optique ou par des faisceaux hertziens.
 - Aujourd'hui, le réseau est intégralement numérisé, seule la liaison d'abonné est encore, la plupart du temps, analogique et sur support cuivre, notamment pour les abonnés résidentiels.

ÉTABLISSEMENT D'UNE COMMUNICATION TÉLÉPHONIQUE

PRINCIPE D'UN POSTE TÉLÉPHONIQUE

- **Le terminal téléphonique élémentaire comporte cinq organes**
 1. les crochets
 2. le micro
 3. un écouteur
 4. un cadran
 5. une sonnerie



PRINCIPE D'UN POSTE TÉLÉPHONIQUE

- **les crochets ou supports sur lesquels repose le combiné**
 - Lorsque le combiné est soulevé les contacts se ferment. Le circuit électrique est alors fermé, le commutateur de rattachement détecte le courant et en déduit que l'abonné désire entrer en communication.
 - Un potentiomètre permet d'ajuster ce courant à 30 mA.
 - De même, lors du raccroché, le commutateur détecte l'ouverture de la boucle de courant.
 - L'ouverture ou la fermeture de cette boucle permet, très simplement, au commutateur de rattachement de détecter le changement d'état du terminal (signalisation)

PRINCIPE D'UN POSTE TÉLÉPHONIQUE

- **le micro ou capteur**
 - Constitué d'une simple membrane qui par ses vibrations, sous l'effet de la pression acoustique (voix), fait varier la résistance interne de celui-ci (micro au charbon).
 - Ces variations de résistance entraînent des variations du courant dans la boucle de courant.
 - Ce sont ces variations, proportionnelles à la pression sur la membrane (voix), qui constituent le signal analogique de voix transmis, après numérisation, à l'utilisateur distant

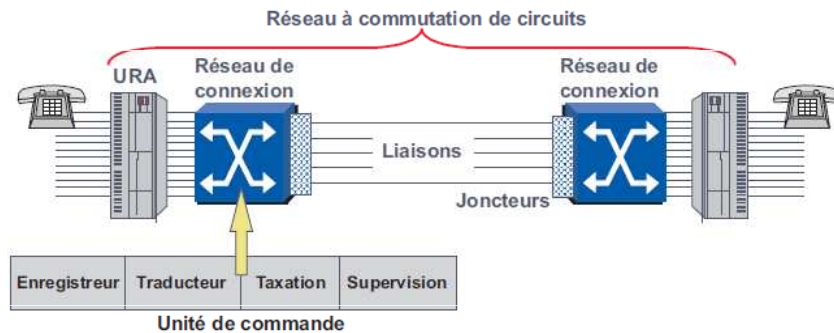
PRINCIPE D'UN POSTE TÉLÉPHONIQUE

- **un écouteur**
 - membrane métallique qui vibre selon les variations du courant dans le transformateur d'adaptation et restitue le son
- **un cadran**
 - celui-ci en provoquant l'ouverture de la boucle de courant (numérotation décimale) envoie des impulsions au commutateur. Celles-ci seront interprétées et permettront d'identifier l'appelé
- **une sonnerie**
 - alimentée en 50 Hz (80 volts), alerte l'abonné distant et l'invite à décrocher, c'est le commutateur de rattachement qui envoie le signal 50 Hz lors d'un appel.

PRINCIPE DU RACCORDEMENT D'USAGER

- **L'utilisateur est raccordé au réseau via une unité de raccordement (URA, Unité de Raccordement d'Abonnés).**
 - Celle-ci peut être locale ou distante (URAD, Unité de raccordement d'Abonnés Distants)
- **Le commutateur de raccordement assure les fonctions de réception et de mémorisation de la numérotation (Enregistreur),**
 - Celle-ci est analysée et traduite par un traducteur qui va définir les conditions de taxation et déterminer le routage
- **Enfin, le sélecteur recherche une ligne disponible (ioncteur) et affecte les ressources (circuits ou IT).**

PRINCIPE DU RACCORDEMENT D'USAGER



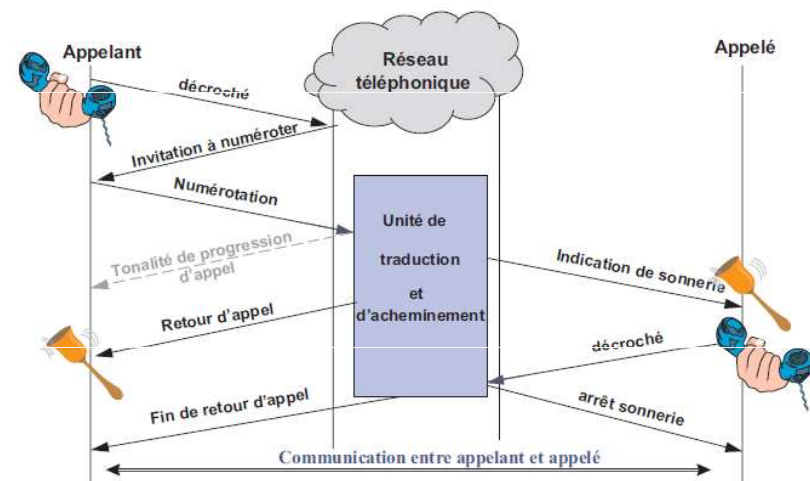
LA MISE EN RELATION USAGER/USAGER

- La mise en relation de deux abonnés répond à un protocole qui organise le dialogue entre les terminaux d'utilisateur et le réseau (signalisation Usager/Réseau)
- Elle comporte deux ensembles de mécanisme.
 - Le premier correspond à un échange d'information hors communication destiné à établir celle-ci ou à libérer les ressources, c'est la signalisation
 - Le second est la communication téléphonique proprement dite

LA MISE EN RELATION USAGER/USAGER

- les différentes étapes de la mise en relation de deux abonnés sont:
 - 1) **Décroché du combiné**, détection de la boucle de courant, envoi de la tonalité d'invitation à numéroté (signal à 440 Hz, le « la » des musiciens)
 - 2) **Numérotation**, le numéro composé est mémorisé et décodé par le commutateur de rattachement. Le système établit le lien
 - 3) **Envoi du signal de sonnerie** à l'appelé distant et attente du décroché de celui-ci. L'appelant reçoit le signal de retour d'appel communément appelé sonnerie
 - 4) **Le correspondant décroche**. Le central de rattachement détecte le décroché (boucle de courant) il arrête les signaux de sonnerie, les signaux de retour d'appel et déclenche la taxation
 - 5) **L'échange d'information (voix ou données)** peut commencer.

LA MISE EN RELATION USAGER/USAGER



LA MISE EN RELATION USAGER/USAGER

- La fin de communication est détectée par le raccroché (ouverture de la boucle de courant).
- Notons deux variantes lors de l'appel :
 - la première correspond à l'incapacité du réseau à écouler la demande, l'appelant en est alors averti par un message du style : « Par suite d'encombrement... »
 - la seconde correspond à l'occupation de la ligne appelée, l'appelant a alors, en retour, une tonalité spécifique dite tonalité d'occupation.

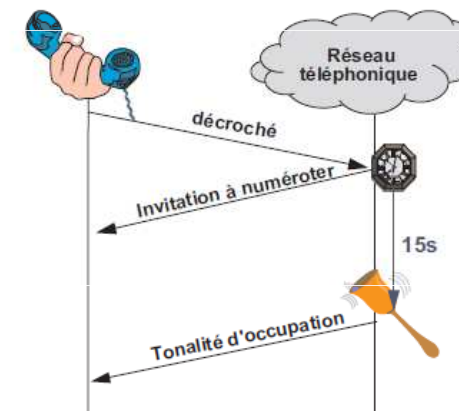
LA MISE EN RELATION USAGER/USAGER

- L'intention d'établir une communication est détectée par le décroché du terminal.
 - Que se passe-t-il si on décroche le combiné mais que cette action n'est suivie d'aucune numérotation (décroché malencontreux) ?
- La détection du décroché monopolise des ressources dans le commutateur de rattachement (enregistreur).
- Pour libérer ces ressources, il est nécessaire d'inhiber le poste dont l'usage restera interdit jusqu'à ce que celui-ci soit raccroché.

LA MISE EN RELATION USAGER/USAGER

- lorsque l'appelant décroche le combiné, le réseau (le commutateur de rattachement) détecte la fermeture de la boucle de courant
- il envoie à l'utilisateur l'invitation à numéroté (signal à 440 Hz). Dans le même temps, il arme une temporisation
- le demandeur n'effectuant aucune opération, à l'échéance du compteur (Timer, de 15 à 20 secondes) le commutateur de rattachement inhibe le poste en lui envoyant la tonalité d'occupation (signal de décroché malencontreux) pendant environ une minute.

LA MISE EN RELATION USAGER/USAGER



LA NUMÉROTATION

- Un numéro de téléphone est une suite de chiffres ou parfois de lettres, qui identifie de façon unique un terminal au sein d'un réseau téléphonique, et qu'un appelant doit composer sur son clavier pour pouvoir le joindre.
- Leur structure est définie par un plan de numérotation propre à chaque pays.
 - Pour appeler en dehors de son pays, il est nécessaire de faire une séquence indiquant que l'on souhaite sortir de son pays (généralement indiqué "+") suivi de l'identifiant du pays de destination.

LA NUMÉROTATION

- Le numéro d'abonné (Numéro international au format E.163 ou E.164) correspond à l'identification du point d'accès au réseau (prise terminale).
 - L'adresse est du type hiérarchique
- Préfixe international
- Indicatif Pays
- Numéro national demandé
 - EZ : Exploitant Zone
 - AB PQ : Numéro du commutateur de rattachement
 - MC DU : Numéro de la ligne d'abonné

LA NUMÉROTATION (à 10 chiffres)

- **E** Le code E représente l'exploitant. La lettre E ne doit pas être composée lorsqu'un correspondant étranger souhaite joindre un numéro national.
- **Z** Le code Z peut représenter soit la zone géographique où se situe le numéro de téléphone, soit le type de numéro.
- **AB** Les codes AB représentent la zone départementale où se situe le numéro de téléphone.
- **PQ** Les codes PQ représentent le centre autonome d'acheminement.
- **MCDU** Les codes MCDU représentent l'identifiant et l'abonné final sur le centre d'acheminement (Millier, Centaine, Dizaine et Unité).

LES MODES DE SIGNALISATION

- Dès le décroché et jusqu'au raccroché, de nombreuses informations gèrent la communication téléphonique.
 - Ces informations constituent la signalisation.
- Lors de l'établissement d'une communication, des informations de signalisation sont échangées entre l'utilisateur et le réseau :
 - le décroché, l'invitation à numéroter, la numérotation, le retour d'appel, le décroché du correspondant...
 - cette signalisation est dite signalisation Usager/Réseau
- D'autres, nécessaires à l'établissement du circuit et à la supervision du réseau, n'intéressent que le réseau, c'est la signalisation réseau.

LES MODES DE SIGNALISATION

- Deux modes de transport des informations de signalisation sont utilisés en téléphonie
 - la signalisation **voie par voie** ou signalisation **CAS (Channel Associated Signalling)**
 - La signalisation par **canal sémaphore** ou signalisation **CCS (Common Channel Signaling)**

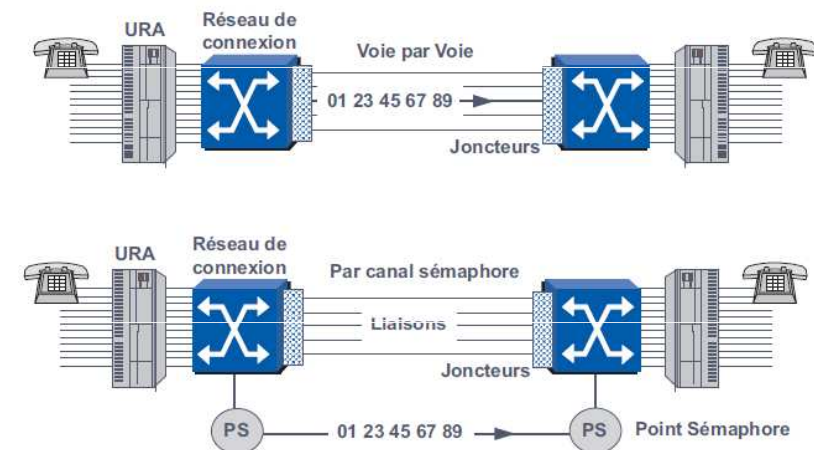
LA SIGNALISATION VOIE PAR VOIE

- Dans la signalisation **voie par voie** ou signalisation **CAS (Channel Associated Signalling)**,
 - une voie de communication correspond une voie de signalisation,
 - la signalisation est associée à la communication.
 - Ce qui nécessite l'établissement du circuit pour qu'elle soit transmise.
- Cette signalisation est dite en **mode événement**, c'est-à-dire qu'à un événement spécifique est associé un état électrique (impulsion...).
 - La numérotation est transmise sur les fils de voix.

LA SIGNALISATION PAR CANAL SÉMAPHORE

- La signalisation par canal sémaphore ou signalisation **CCS (Common Channel Signaling)**
 - utilise un canal dédié (multiplexage avec les voies de communication) pour signaler tous les événements relatifs à un ensemble de circuits,
 - la numérotation est acheminée sur le canal sémaphore en mode message.

LES MODES DE SIGNALISATION



COMMENT FONCTIONNE LA COMMUTATION DE MESSAGES ?

- **Processus d'acheminement de messages dans un réseau de télécommunication sans établissement préalable d'un circuit de bout en bout, par réception, mise en mémoire et retransmission des messages complets de proche en proche vers leur destination.**
- **Dans la Commutation de Messages, il n'y a pas de réservation de ressources.**
 - Ainsi, les messages qui arrivent dans le nœud de commutation sont traités selon l'ordre d'arrivée: file FIFO (First In First Out).
 - S'il y a trop de trafic, il y a attente dans la file.
- **Donc le temps de traversée du réseau n'est pas constant et dépend des temps d'attente qui est fonction du trafic.**
 - La technique utilisée est le Store & Forward.
- **L'avantage de cette technique est une meilleure utilisation des ressources puisqu'il n'y a pas de réservation.**
 - Ce mode de commutation est adaptée à un trafic sporadique et non continu n'ayant pas de contrainte de temps
- **L'inconvénient est le temps d'attente.**

COMMENT FONCTIONNE LA COMMUTATION DE PAQUETS ?

- **La commutation de messages peut être amélioré en découpant le message en unités de données en paquets (taille variable mais ayant un maximum).**
- **En effet, la même technique (Store & Forward) est utilisée avec deux avantages:**
 - **Effet "pipeline"**: on peut commencer à transmettre un paquet pendant qu'on reçoit un autre paquet du même message;
 - **Temps d'émission plus réduit**: la taille du paquet étant limitée, une meilleure gestion de la file d'attente et un meilleur multiplexage des données est effectué.
- **Le problème à résoudre est le réassemblage du message avant de le donner à la couche supérieure.**