

Le RTC

Historique des réseaux de transmission	2
Le réseau téléphonique commuté RTC	3
Présentation	3
Composants du réseau	3
Structure générale du réseau	4
La topologie du RTC Français	4
Hiérarchie des commutateurs	4
Zones	5
Organisation d'un réseau Téléphonique - Schéma général	5
Principales fonctions d'un réseau	5
Plan de numérotage	7
Présentation	7
Le plan de numérotage mondial	7
Le plan de numérotage français	7
Signalisation téléphonique	11
La signalisation du poste téléphonique	11
La signalisation interne	11
Les autocommutateurs du RTC	13
Structure des autocommutateurs	13
Réseau de connexion d'un autocommutateur	13
Unité de commande d'un autocommutateur	14
Interfaces d'un autocommutateur	14
Le besoin de la synchronisation entre commutateurs	16
Commutateurs sans synchronisation	16
Commutateurs avec synchronisation	16
Qualité de service des réseaux	17
Notion de trafic téléphonique	17
Système d'accueil d'un autocommutateur	18

Historique des réseaux de transmission

Durant les années 1870, essayant de comprendre le son et les communications sonores, l'inventeur d'origine écossaise Alexander Graham Bell eut l'idée d'un équipement qui transmettrait le son sur de longues distances, en convertissant le son en un signal électrique. Cet équipement fut ensuite appelé téléphone à partir des mots grecs 'tele' (à distance) et 'phone' (son). Bell n'était pas la seule personne à développer un tel équipement à cette époque, mais ce fut le premier à déposer un brevet en 1876.

De nombreux autres développements furent réalisés autour de cet équipement à la fin des années 1870. Bell fut à l'origine de l'écouteur (inducteur), et Thomas Edison fut le concepteur du microphone (à base de carbone). L'incorporation de ces améliorations fit du téléphone un objet utilisable pratiquement.

A l'origine, le téléphone n'avait pas de mécanisme pour composer un numéro. Pour appeler, une poignée devait être manipulée afin de produire un courant électrique. Ce courant signalait à un opérateur local la présence d'un appel. Pour connecter l'appelant à l'appelé, l'opérateur réalisait manuellement la fonction de commutation, en connectant des fiches entre la prise de l'appelant et de l'appelé.

Il fallut attendre 1889 pour qu'Almon B. Strowger développa l'embryon du commutateur téléphonique automatique. Quoique complètement hors du monde de la téléphonie, Strowger développa ce commutateur pour battre commercialement son rival dans la ville de Kansas City, aux USA. La femme du principal concurrent de Strowger était l'opératrice du service de téléphone local, et à chaque appel pour un service de pompes funèbres, elle passait l'appel pour son mari ...

Pour éviter ce problème, Strowger développa le premier commutateur automatique, ainsi que le téléphone avec la fonction de numérotation, ce qui élimina la fonction d'opérateur téléphonique.

Les réseaux téléphoniques ont subi de très nombreux changements technologiques depuis cette époque (passage des centraux électromécaniques à base de relais au centraux entièrement électroniques puis au réseau numérique avec le RNIS). Cependant, la plupart des principes techniques restent les mêmes. Le téléphone «deux fils» utilisé par la plupart des foyers d'aujourd'hui fonctionne grossièrement de la même manière qu'il y a cent ans.

Le réseau téléphonique commuté RTC

Présentation

- **but**: conçu à l'origine pour l'échange de la parole, sert à acheminer 80% à 90% des télécommunications
- **caractéristiques**:
 - . réseau à **commutation de circuit**
 - . débits: voir les **avis du CCITT**
 - . bande passante: de 300 à 3400 Hz
 - . la transmission de données est possible (depuis 1964) grâce à un modem (mais aussi images, texte,...)
 - . réseau analogique sur la partie abonné - central de raccordement et numérique à l'intérieur du réseau
 - . réseau géré majoritairement en France par l'opérateur historique **France Télécom** mais de nombreuses offres concurrentes existent avec une différence importante selon que l'on se trouve en zone de dégroupage ou non.
 - . fonctionnement en mode connecté : établissement de la connexion pour réserver un circuit physique, maintien de cette connexion puis libération de la connexion en fin de communication.
- **structure du réseau**:
 - . les abonnés sont reliés aux centraux (autocommutateurs) par des paires torsadées
 - . les centraux sont reliés entre eux par:
 - d'autres paires torsadées
 - des câbles coaxiaux
 - des fibres optiques
 - des faisceaux hertziens

Le réseau public de téléphonie est un gigantesque réseau maillé avec une structure hiérarchique du centre du réseau vers l'abonné. L'intérêt de ce type de réseau est sa grande fiabilité. En effet en cas de défaillance d'une des liaisons les données peuvent être acheminées par une autre. Ce réseau présente cependant l'inconvénient d'avoir un coût élevé.

En France, le parc R.T.C. actuel dépasse les 30 millions de lignes principales et conserve malgré l'explosion du mobile une importance très grande pour les usagers (particuliers, entreprises).

Le RNIS n'a jamais réussi à le supplanter malgré ses atouts essentiellement pour des raisons de coûts (abonnement, matériel)

Composants du réseau

Le R.T.C. français est constitué de :

- **centraux téléphoniques** ou **autocommutateurs** de type E10, MT20 ou MT25 d'Alcatel.
- **circuits d'interconnexion**. On en distingue 3 types :
 - la ligne d'abonné.
 - le circuit local.
 - le circuit interurbain.

Le RTC

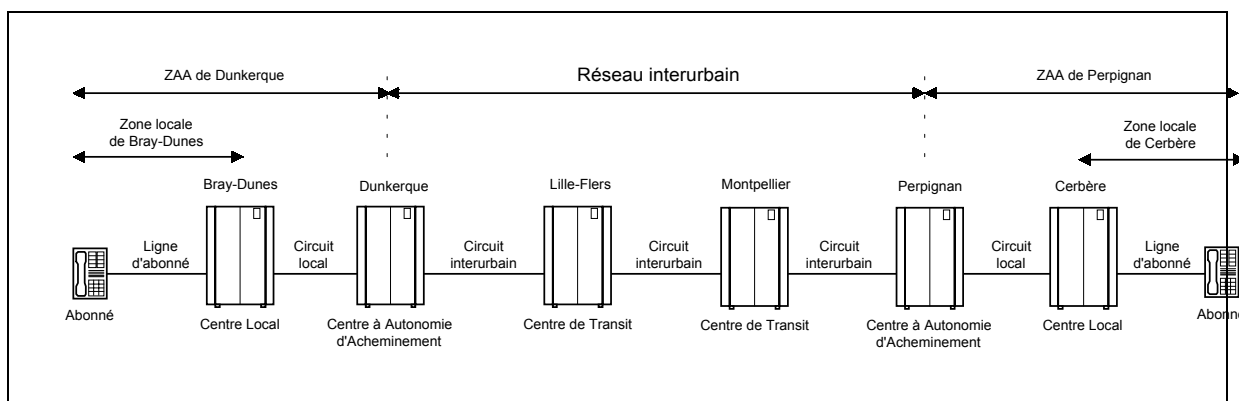
- **équipements d'abonnés.** On en distingue 3 types :

- les postes téléphoniques.
- les terminaux de téléservice (Minitel, Télécopieur, Modem, etc).
- les autocommutateurs privés ou, **P.A.B.X.** (Private Automatic Branch eXchange).

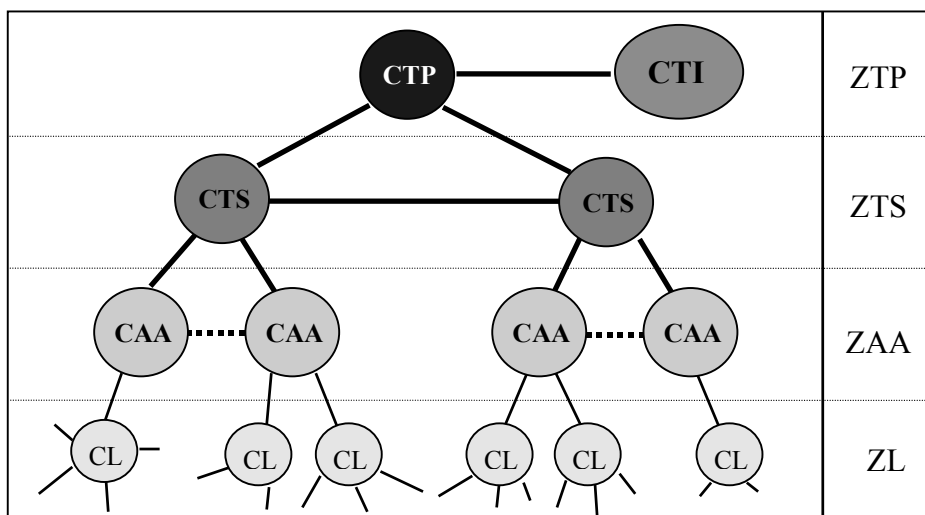
Structure générale du réseau

Le R.T.C. se décompose en **zones techniques** chargées d'écouler le trafic. Elles constituent en fait les **3 réseaux** suivants :

- le réseau intra-ZAA (Zone à Autonomie d'Acheminement), qualifié de **réseau local**.
- le réseau interurbain, ou **réseau nodal**.
- le **réseau international** dédié au trafic international.



La topologie du RTC Français



Architecture du réseau France-Télécom.

Hierarchie des commutateurs

On distingue :

- le commutateur local (C.L) sur lesquels sont raccordés les abonnés.
- le commutateur à autonomie d'acheminement (C.A.A).
- le commutateur de transit secondaire (C.T.S).

Le RTC

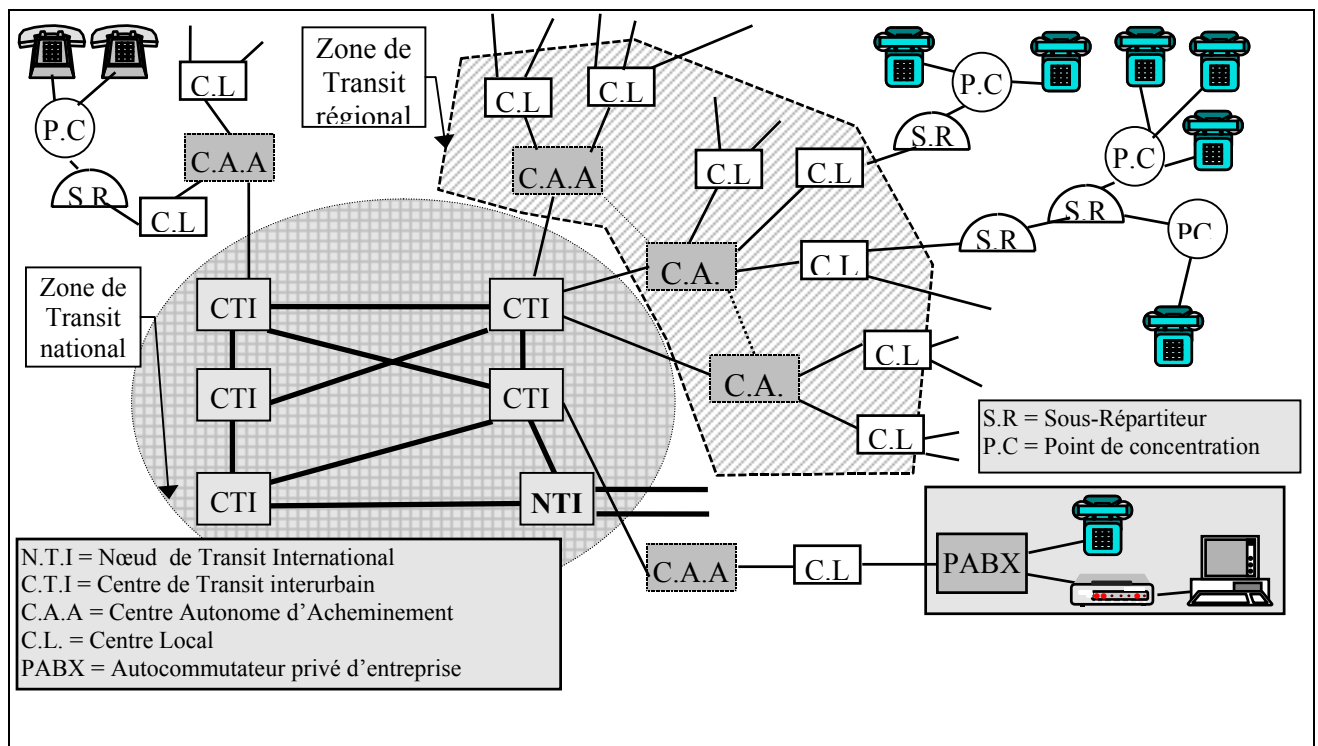
- le commutateur de transit principal (C.T.P).
- le commutateur de transit international (C.T.I).

Zones

- zone locale correspondant au CL.
- zone à autonomie d'acheminement correspondant à un ou plusieurs C.A.A.
- zone de transit secondaire correspondant à un CTS.
- zone de transit principal correspondant à un CTP.

On constate que la topologie du réseau est maillée et hiérarchisée dans la partie nationale. Elle est en étoile dans la partie locale.

Organisation d'un réseau Téléphonique - Schéma général



Organisation du réseau téléphonique.

Principales fonctions d'un réseau

Le RTC, comme tout réseau commuté, assure **trois** fonctions essentielles.

- la **Distribution** qui permet de relier les abonnés au réseau. Elle suppose une importante infrastructure de câblage (câbles de capacité différente et équipements relais de répartition géographique) pour assurer l'interconnexion du réseau à ses abonnés (lignes d'abonnés, et circuits locaux). On distingue des raccordements de nature :
 - ⇒ des lignes analogiques pour les lignes téléphoniques et les transmissions de données à l'aide de modems. On ne peut véhiculer qu'une seule conversation à la fois.
 - ⇒ des lignes numériques pour le RNIS en accès de base (128kbits/s) ou primaire (2Mbits/s) ou pour les PABX.
- la **Commutation** qui permet d'établir, avant la mise en communication, un **chemin** reliant les points d'extrémité à travers les différentes artères du réseau. Les commutateurs sont organisés d'une manière hiérarchique. Ils assurent l'aiguillage des communications et la

Le RTC

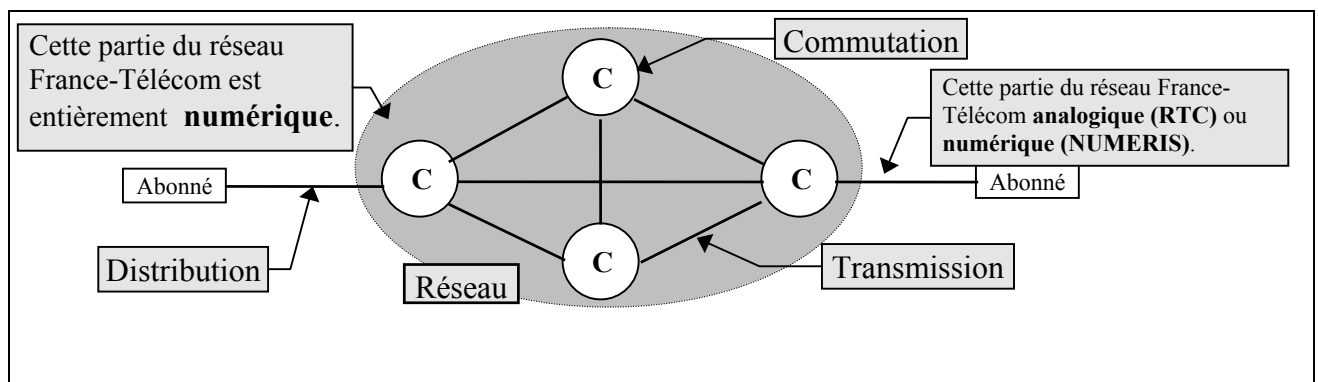
gestion grâce à un **système de signalisation** normalisé. Ils effectuent d'autre part une fonction de multiplexage et de démultiplexage pour assurer une rentabilité maximale des artères de transmission.

Pour cela, chaque C.L. assure localement :

- l'acheminement local des communications et leur taxation.
- la concentration locale du trafic (le nombre d'abonnés est plus important que la capacité de commutation), basée sur l'idée que statistiquement les usagers ne seront pas tous actifs au même moment.

Le centre de transit nodal (C.N.) assure à chaque niveau de hiérarchie considéré (Z.A.A., Z.T.S. et Z.T.P.) l'acheminement distant des communications.

- la **Transmission** permettant la communication d'un point à un autre sur un support. les artères de transmission acheminent les informations entre les commutateurs sous forme numérique. Ces artères sont constituées soit de fibres optiques qui remplacent peu à peu les câbles coaxiaux soit de faisceaux hertziens. Des normes d'affaiblissement maximum du signal ont été définies par l'UIT-T (36 cB, 33 dB pour France Telecom)



Fonctions d'un réseau.

Plan de numérotage

Présentation

Il existe **deux types** de numérotage :

- le numérotage **ouvert** : en Allemagne par exemple, les abonnés sont identifiés suivant leur situation géographique avec un numéro de **format différent** selon la région (de 8 à 11).
- le numérotage **fermé** : en France par exemple, tous les abonnés possèdent un numéro de **même format** à 10 chiffres.

Le plan de numérotage mondial

Préconisé par l'UIT-T, il divise la planète en 9 groupes. Il est de type ouvert et limité à 15 chiffres maximum. Chaque pays est identifié par son **indicatif national** à 1, 2 ou 3 chiffres selon l'importance de son trafic. Le premier chiffre de cet indicatif indique la zone géographique desservie.

ZONES PLANETAIRES UIT-T	EXEMPLES D'INDICATIF NATIONAL
1 Amérique du nord	1 USA et CANADA
2 Afrique	
3 Europe	33 France
4 Europe	44 Grande Bretagne 49 Allemagne
5 Amérique centrale et Amérique du sud	
6 Australie et territoires du Pacifique	
7 ex URSS	
8 Asie du nord	
9 Asie du sud	963 Koweït

Le plan de numérotage français

Ce qui suit est extrait du site <http://www.pabx-fr.com/telecoms/france.html>

Tout d'abord, quelques dates symboliques

Le **24/02/1876**, Graham Bell dépose une demande de brevet pour le téléphone, et la première conversation téléphonique eu lieu le 10/03/1876 entre lui et son assistant.

En **1881**, Paris compte dans son réseau urbain 1602 abonnés. En **1939**, l'automatisme voit le jour complètement à Paris et partiellement en banlieue.

En **1972**, le premier central électronique voit le jour en France (1er commutateur électronique temporel du monde).

En **1979**, pendant que Transpac voit le jour, on démonte le dernier standard à fiches.

Le **25 octobre 1985 à 23H**, 23 millions d'abonnés changent de numéros en passant à 8 chiffres.

En **1988**, le réseau Numéris RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services) est né.

Le **18 octobre 1996 à 23H**, la France est découpée en 5 zones de numérotations et le nombre de chiffres passe à 10.

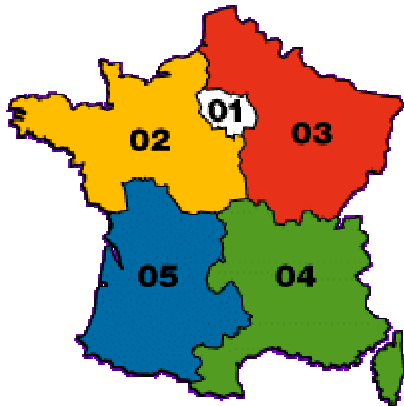
Au début de l'année **1998** et au début de l'année **2001**, France Télécom perd son monopole au profits d'opérateurs multiples.

Revenons au découpage des zones géographiques de 1996

Rappelons que le plan de numérotation français est un plan fermé à dix chiffres.

Les numéros existant déjà en ABPQMCDU, il a fallu rajouter un numéro à deux chiffres en fonction de la zone géographique comme indiqué ci-dessous :

Le RTC

010BPQ Préfixes de portabilité Zone Z = 1 01ABPQ Numéros géographiques	
020BPQ Préfixes de portabilité Zone Z = 2 02ABPQ Numéros géographiques	
030BPQ Préfixes de portabilité Zone Z = 3 03ABPQ Numéros géographiques	
040BPQ Préfixes de portabilité Zone Z = 4 04ABPQ Numéros géographiques	
050BPQ Préfixes de portabilité Zone Z = 5 05ABPQ Numéros géographiques	
Les DOM sont intégrés dans les zones identifiées par Z = 2 ou Z = 5.	

Tous les numéros géographiques comportant le même ZABPQ doivent être implantés dans une même zone géographique appelée Zone de Numérotation Élémentaire (ZNE). Pour télécharger les règles de gestion du plan national de numérotation, [cliquez ici](#).

Pour ceux qui veulent obtenir le découpage réel par département, c'est à dire la correspondance ZAB <-> Départements, [cliquez ici](#).

Pour ceux qui veulent obtenir le plan de numérotation synthétique , [cliquez ici](#).

Pour ceux qui veulent obtenir la tarification des numéros courts 3BPQ, [cliquez ici](#).

Le fichier indispensable du plan de numérotation français

Ce fichier au format RTF est constamment mis à jour de façon hebdomadaire par l'Autorité de Régulation des Télécommunications en France.

Pour le visualiser, cliquez sur le lien suivant www.art-telecom.com/interactive/numeros/wopnum.rtf ou pour le télécharger, faites un clic droit sur le lien.

Une ressource de numérotation peut être dans l'un des cinq états suivants :

libre : la ressource peut faire l'objet d'une demande de réservation ou d'attribution,
réservée : une réservation a été accordée par l'Autorité,
attribuée : une attribution a été accordée par l'Autorité,
bloquée : la ressource ne peut pas, temporairement, être utilisée,
inutilisable : la ressource ne peut être ni réservée, ni attribuée.

Pour effectuer une recherche sur une ressource de numérotation, interroger la base de données de l'ART [en cliquant ICI](#).

L'utilisation des numéros spéciaux à un ou deux chiffres est conforme au tableau ci-dessous :

Numéros	Services
112	Numéro d'urgence européen (Équivalent SAMU, Police et Pompiers).
113	Numéro concernant toutes les problématiques liées aux consommations de drogues, d'alcool et de tabac
114	Numéro d'appel pour les personnes s'estimant victimes de pratiques de discrimination à caractère racial
115	Numéro d'urgence sociale
116	Service de collecte des fonds pour des causes humanitaires
119	Numéro d'appel pour l'enfance maltraitée

Le RTC

12	Renseignements téléphoniques
15	SAMU (Service d'Aide Médicale d'Urgence)
17	Police ou Gendarmerie
18	Pompiers

A l'intérieur d'une même zone un numéro à 8 chiffres **AB PQ MC DU** identifie les abonnés par :

- **AB** qui précisent l'**indicatif interurbain** à l'intérieur de la zone considérée.
- **PQ MC DU** qui précisent l'abonné lui-même (PQ désigne le commutateur local)

Pour les départements et collectivités territoriales d'outre-mer, **D.O.M.**, le numéro reste à 10 chiffres dans les deux sens d'appel. L'indicatif de zone est à 4 chiffres. A l'intérieur d'un même D.O.M., l'abonné peut composer le seul numéro d'appel à 6 chiffres.

- St Pierre-et-Miquelon..... le **0508**.
- Guadeloupe le **0590**.
- Guyane le **0594**.
- Martinique le **0596**.
- Réunion le **0262**.
- Mayotte le **0269**.

NOTA : Si le premier chiffre **0**, commun à toutes les zones est **indispensable** aux appels interurbains internes au territoire français et d'outre-mer, il **disparaît** dès lors que l'appel vient de l'international.

Ainsi, le numéro passe à **9 chiffres** pour les **appels étrangers**.

Les appels de la France vers l'étranger ou vers les **Territoires** d'outre-mer, **T.O.M.** nécessitent un code d'accès à l'international : le **00**

Pour les Territoires d'outre-mer, un indicatif à **3 chiffres** précède le numéro à 6 chiffres de l'abonné.

- Nouvelle-Calédonie..... le 00 **687**.
- Polynésie-Française..... le 00 **689**.
- Wallis-et-Futuna..... le 00 **681**.

L'offre grandissante des services de radiotéléphonie, de radiomessagerie, de télématique, etc s'identifie par **indicatifs spécifiques** tels que :

- Les mobiles (G.S.M., Bi-Bop, radiomessagerie, radiomaritime et fluviale)..... le **06**.
- Les services télématiques et vocaux commençant par :
36 XX XX XX (Télétel, Audiotel, Transpac...) le **08**.
- Le Numéro vert le **0 800**.
- Le Numéro azur..... le **0 801**.

Les accès aux **kiosques** télématiques par numéros à 4 chiffres comme les 3614, **3615**, 3616... ou encore **3699** (Horloge parlante) ainsi que les accès aux services **d'urgence** ou d'information par numéros à 2 ou 3 chiffres comme le **15** pour le Samu, le **17** pour la Police, le **18** pour les Pompiers, le **12** pour les renseignements, le **13** pour les dérangements, et **14** pour les agences France Télécom, gardent leur spécificité d'appel.

L'**annuaire électronique** est accessible par le **3611**.

EXERCICE

1 - Expliquez la différence essentielle entre le "**code d'accès à l'international**" et les "**indicatifs**" employés lors d'un appel téléphonique.

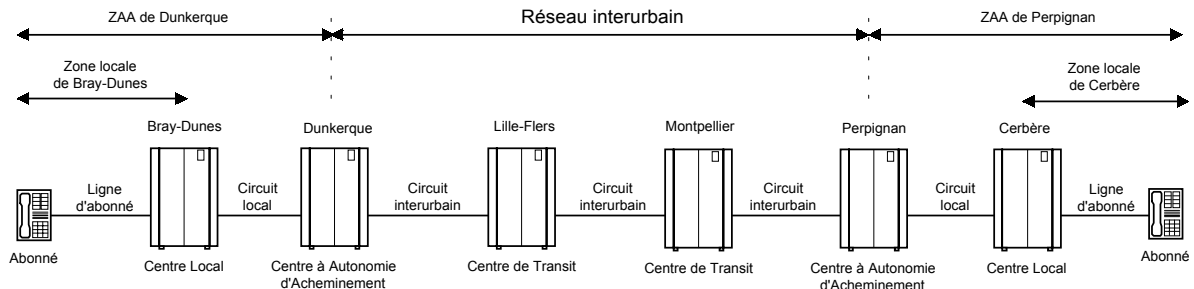
Pas de 0 avant l'indicatif régional

2 - Quel numéro composeriez-vous pour appeler d'Italie en Ile de France le **64 68 80 00**, où le code d'accès à l'international est également le **00** ?

00 33 164688000

Signalisation téléphonique

L'acheminement d'une communication suppose un **dialogue préalable** et de **bout en bout** entre les différents équipements concernés par la chaîne de liaison utile à sa mise en oeuvre : téléphones, P.A.B.X. et autocommutateurs publics.



Ce dialogue constitue la signalisation téléphonique. On en distingue deux types :

- la signalisation terminale entre le terminal et le CL).
- la signalisation interne à un commutateur
- la signalisation externe entre commutateurs.

Sur les lignes d'abonné numériques la signalisation terminale peut être de deux types :

- **voie par voie** pour les liens M.I.C. du R.T.C.
- en **mode message** sur le canal D pour les accès au R.N.I.S.

La signalisation du poste téléphonique

Elle concerne le dialogue entre abonnés et autocommutateurs de rattachement qui s'installe aux extrémités de la chaîne de liaison. Pour le RTC, elle regroupe :

- la prise de ligne (décrochage du combiné téléphonique).
- la tonalité d'invitation à numéroté.
- la numérotation qui peut être de deux types :
 - décimale, par train d'impulsions.
 - multifréquence, par paire de fréquences vocales.
- le retour d'appel (sonnerie à l'autre extrémité de l'appel).
- la tonalité d'occupation quand c'est le cas.

La signalisation interne

Elle concerne le dialogue inter-autocommutateurs publics. En France, comme dans tous les pays équipés de commutateurs téléphoniques numériques, elle est réglementée par les spécifications de l'UIT-T connues sous le nom CCITT n°7 ou CCSS7 (*Common Channel Signaling System N° 7*) appelé aussi signalisation par **canal sémaphore**.

Cette norme définit les procédures et protocoles par lesquels les éléments des réseaux publics commutés s'échangent des informations en utilisant un réseau numérique de signalisation.

Ce réseau et ces protocoles sont utilisés pour :

- l'établissement, l'administration et l'arrêt des appels
- les services liés aux numéros spéciaux (numéro vert, ...)
- les services liés aux mobiles (roaming, authentification, ...)

Le RTC

- des fonctions avancées comme le transfert d'appel, l'affichage de l'appelant, la conférence à trois,...
- l'amélioration et la sécurisation des communications internationales.

Les messages SS7 sont échangés par des éléments du réseau à travers des canaux bidirectionnels à 64 Kbps (en Europe) appelés liens de signalisation (*signaling links*). Ces canaux ne sont pas intégrés aux canaux de voix, mais sur des canaux de signalisation dédiés à cette fonction (IT16 sur la liaison MIC).

Cette méthode de signalisation (dite *out of band*) permet :

- des temps d'établissement plus rapides (en comparaison de la signalisation *in band* comme l'utilisation de fréquences)
- une utilisation plus efficace des circuits de voix ;
- le support des services du réseau intelligent (IN : *Intelligent Network*) ;
- un contrôle amélioré sur l'utilisation des ressources du réseau (sécurisation).

Chaque point de signalisation (*Signaling Point*) est identifié de manière unique par un code numérique (*point code*). Ces codes sont transportés dans les messages de signalisation entre nœuds de ce réseau pour identifier de manière formelle la source et la destination de chaque message. Une table de routage est utilisée dans ces nœuds pour sélectionner le meilleur chemin pour joindre la destination.

3 types de point de signalisation ont été définis :

- SSP : *Service Switching Point*
- STP : *Signal Transfert Point*
- SCP : *Service Control Point*.

Les **SSP** sont les commutateurs qui initient et terminent un appel. Un SSP envoie des messages de signalisation à d'autres SSP pour initialiser, administrer ou libérer des circuits de voix nécessaires à la gestion des appels. Un SSP peut également envoyer une requête vers une base de données centralisée (SCP) afin de déterminer comment router un appel particulier (ex : numéro vert).

Le **SCP** renvoie la réponse au commutateur d'origine contenant les informations de routage avec le numéro appelé. Un chemin alternatif peut être utilisé par le SSP si le premier numéro est occupé ou si le numéro échoue après un certain temps.

Le trafic entre les points de signalisation peut être routé par un commutateur de paquet appelé **STP**. Un STP route chaque message d'entrée vers un lien de sortie en fonction des informations de routage contenus dans le message SS7.

Le réseau SS7 étant stratégique pour l'établissement des appels, les SCP et STP sont généralement doublés, et positionnés dans des emplacements physiques distants. Les liens entre ces points sont également doublés. Le trafic est partagé à travers ces liens. Le protocole SS7 permet à la fois la correction d'erreurs et la retransmission pour assurer un service continu, quelque soit le problème.

Note :

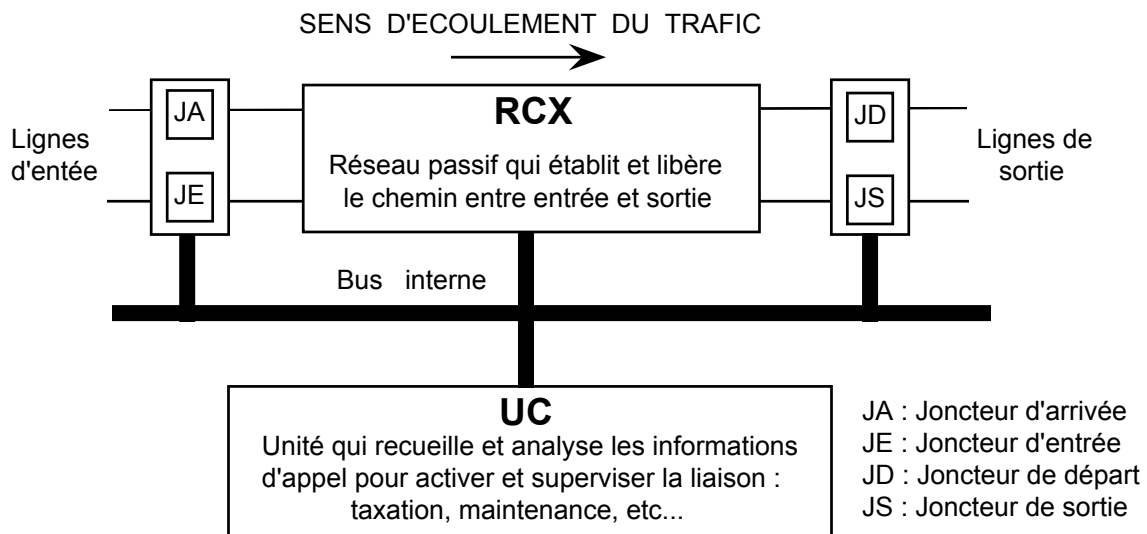
Avant le CCITT n°7, la signalisation se faisait sur 2 fils séparés des 2 fils de communication, fils appelés TRON et RON. Cette technologie a survécu dans certains PABX jusqu'aux années 90 avec les téléphones 4 fils.

Les autocommutateurs du RTC

Structure des autocommutateurs

Un autocommutateur téléphonique comprend **trois sous-ensembles** :

- 1 - le réseau de connexion.
- 2 - l'unité de commande.
- 3 - les interfaces avec les postes téléphoniques, les terminaux spécifiques et les autres autocommutateurs du réseau.



Les entrées et sorties sont reliées à des organes de relation ou d'interfaces dénommées **Joncteurs**. Après analyse des informations reçues via les joncteurs, l'UC les traite et délivre les commandes utiles à :

- l'acheminement,
- la taxation de la communication.

La structure informatique de l'UC permet de traiter d'autres tâches telles que :

- la gestion des bases de données (annuaires, taxation, administration des flux, des incidents, etc).
- la maintenance (processus en cas de panne allant de la simple duplication de carte à la duplication intégrale d'un réseau de connexion par exemple).

Réseau de connexion d'un autocommutateur

En utilisant la technique de **commutation spatiale**, les premières générations de commutateurs assuraient **physiquement** le lien entre voies téléphoniques d'entrée et voies téléphoniques de sortie.

A l'origine, le réseau de connexion était constitué de commutateurs électromagnétiques (ou électromécaniques) successivement rotatifs (ROTARY) puis à barres croisées (CROSSBAR PENTACONTA, CP 400) puis, de points de croisement à relais à contacts scellés et enfin, de points de croisement électroniques (THYRISTOR).

Le RTC

Aujourd'hui, la transmission numérique véhicule dans chaque sens de transmission des mots de 8 bits, 8000 fois par seconde. La technique de **commutation temporelle** adaptée à cette transmission numérique prélève les mots d'une voie téléphonique d'entrée, les stocke dans une mémoire tampon, puis les réinjecte vers la voie téléphonique sélectionnée en sortie.

Il arrive que dans certains commutateurs (centre de transit) les deux techniques cohabitent. Les voies téléphoniques multiplexées sur une même trame constituent des **multiplex**. Dans ce cas, le but est de commuter de manière spatiale des multiplex d'entrée vers des multiplex intermédiaires. Puis, de commuter les voies des multiplex intermédiaires vers des multiplex de sortie.

Unité de commande d'un autocommutateur

Centre nerveux du système, l'unité de commande est chargée de superviser les informations transmises. Pour cela elle assure les fonctions de :

- **l'enregistrement** : détection d'appel et mémorisation du numéro d'appel.
- **la traduction** : conversion du numéro d'appel en procédure interne de routage de la communication
- **la commande** de connexion par action sur le réseau de connexion
- **la taxation** en fonction des règles de gestion courantes
- **la surveillance** de la communication.
- **la libération** des éléments de maintien et de supervision utilisés pendant toute la durée de la communication.

A l'origine, en structure décentralisée, l'unité de commande est aujourd'hui une logique centralisée, sous forme d'un unique **programme enregistré** en mémoire. Pour garantir une grande fiabilité, l'unité de commande est redondante.

Interfaces d'un autocommutateur

Pour le raccordement d'un équipement d'extrémité (poste, terminal spécifique ou P.A.B.X.) il faut définir au minimum trois paramètres :

- le type de ligne
- le mode de raccordement
- le type de signalisation (le mode CCITT n°7 est le seul actuellement en vigueur)

Types de ligne

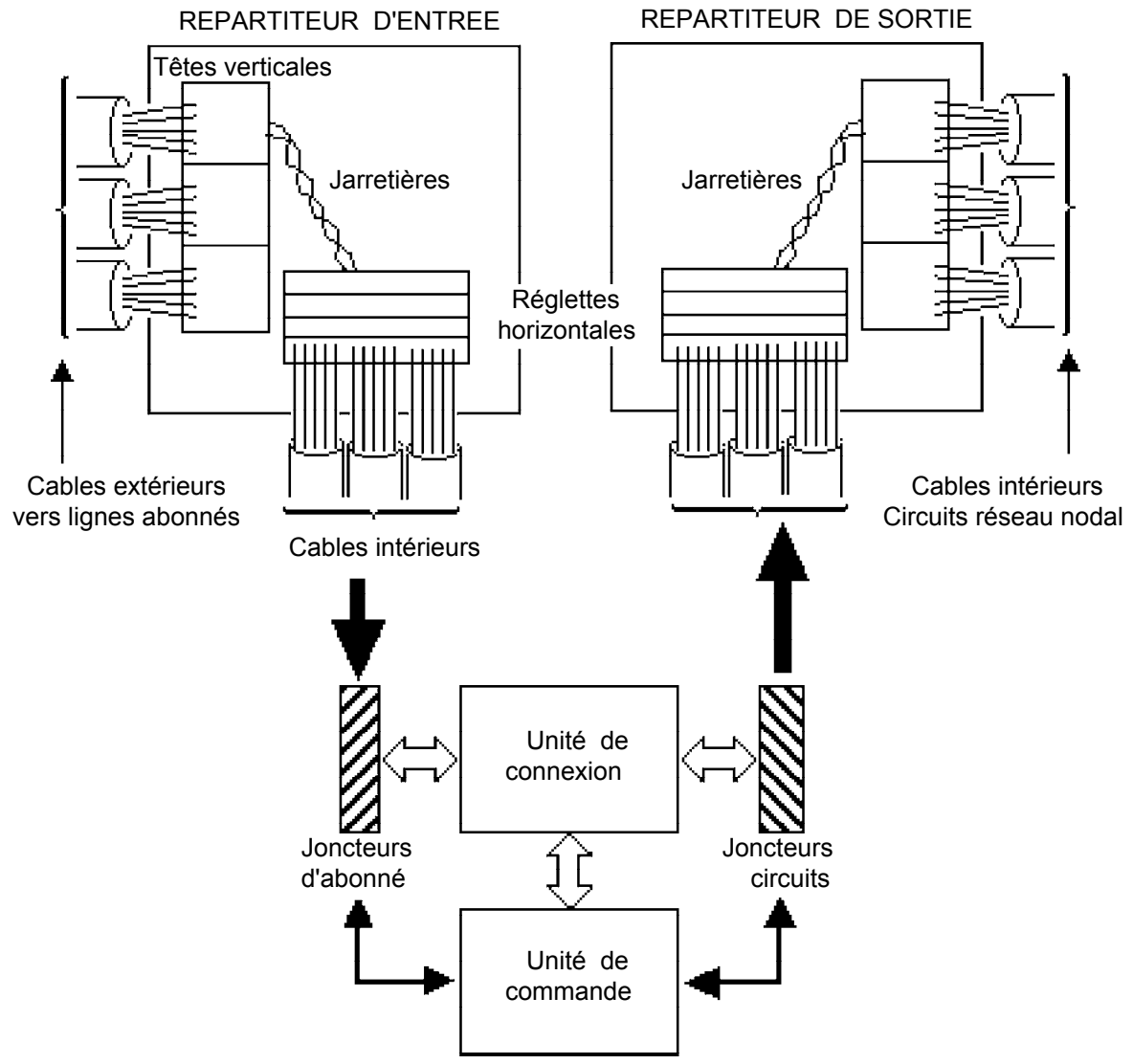
- **S.P.B.** : ligne spécialisée au trafic entrant (réception des appels seulement) d'un PABX
- **S.P.A.** : ligne spécialisée au trafic sortant (émission des appels seulement) d'un PABX
- **MIXTE** : ligne permettant d'émettre et de recevoir des appels
- **S.D.A.** : ligne bénéficiant d'une sélection directe à l'arrivée de l'appel via le RTC
- **LS** : ligne spécialisée pour l'interconnexion de PABX. (par exemple utile au service COLISEE).

Modes de raccordement spécifiques aux PABX

- **Analogique** : la ligne ne véhicule qu'une seule communication à la fois.
- **Numérique** : la ligne peut véhiculer jusqu'à 30 communications simultanées

Les deux modes de raccordement peuvent coexister sur un même PABX pour des lignes du R.T.C. ou des lignes spécialisées.

Le RTC



Le besoin de la synchronisation entre commutateurs

De manière similaire à de nombreux systèmes numériques, les commutateurs téléphoniques numériques fonctionnent de manière synchrone. Lorsque deux commutateurs sont reliés ensemble par un lien numérique, ils doivent être synchronisés afin d'éviter des pertes de synchronisation.

Les interfaces numériques des commutateurs ont des mécanismes de type buffer pour traiter les problèmes de type jitter, gigue, imprécision légère entre horloges. Cependant, dans le cas où cette désynchronisation est trop importante, le buffer va se remplir. Une fois rempli, il doit être vidé. Il en résulte des pertes de données et/ou de synchronisation entre trames. Le processus de synchronisation doit être réinitialisé et rapidement opérationnel, pour permettre un transfert des données. Les exemples suivants montrent deux commutateurs connectés sans synchronisation, le second montrera le cas contraire.

Commutateurs sans synchronisation

Les deux commutateurs sont interconnectés par une liaison 2,048 Mbps. Ceci est une vitesse nominale, et une légère différence est inévitable. Il est possible par exemple que l'horloge d'émission du commutateur 1 aille un peu plus vite, 2,048001 Mbps, par exemple. Cela représente une imprécision de 5 pour 10 millions, ce qui n'est pas improbable. L'horloge de réception du commutateur 2 peut elle être de 2,047599 Mbps, ce qui représente également une erreur de 5 pour 10 millions.

Chaque seconde, le commutateur 1 transmet 2 048 001 bits de données sur le lien trunk, et le commutateur 2 reçoit 2 047 599 bits, laissant 2 bits dans le buffer de réception du commutateur 2. Cela continue chaque seconde, jusqu'à remplissage complet du buffer, causant à cet instant un vidage complet de ce dernier, qui déclenche une perte de synchronisation. L'effet est difficile à prédire, mais il causera certainement des bruits sur les communications en cours sur le lien ou une déconnexion totale.

Commutateurs avec synchronisation

Le système est alors conçu de telle manière que l'horloge du commutateur 2 se synchronise sur les données arrivant sur le lien trunk. Le commutateur continue à envoyer les données au rythme de 2 048 001 par seconde, mais le commutateur 2 les reçoit désormais à la même vitesse. Le buffer ne se remplit pas, et la synchronisation des trames est garantie.

Des règles ont été définies pour garantir cette synchronisation, l'une d'entre elles étant que le réseau entier doit être synchronisé par rapport à une seule et unique horloge. Dans de nombreux cas, le réseau des opérateurs est utilisé pour garantir cette synchronisation sur un réseau privé, une interconnexion avec une interface RNIS étant généralement un bon étalon (horloge atomique de haute précision).

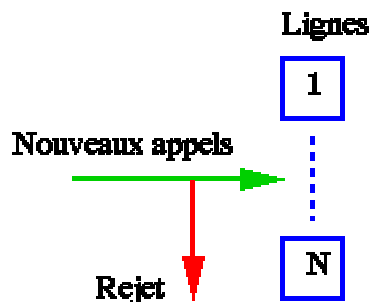
Qualité de service des réseaux

Notion de trafic téléphonique

Les usagers du réseau ne passent (en principe) leur temps à téléphoner. Leur ligne est parfois libre. De cette constatation est sortie l'idée qu'il n'était pas nécessaire de réserver en permanence pour chaque usager des ressources (c'est à dire des lignes ou des IT) qui ne seront pas utilisées. Le problème est de configurer le réseau (en nombre de lignes) pour l'optimiser, à savoir maximiser un profit (l'opérateur du réseau veut mettre en place et maintenir un minimum de lignes) tout en assurant une «bonne» *qualité de service* à l'utilisateur, ici une faible probabilité de perte. Ce type d'optimisation est particulièrement important dans tous les réseaux d'aujourd'hui (ATM, Internet, etc.) et c'est un domaine actif de recherche.

K. Erlang, mathématicien danois du début du siècle, proposa un modèle probabiliste pour calculer la probabilité qu'un abonné au téléphone ne puisse pas trouver une ligne disponible. Ce modèle fut utilisé pour le dimensionnement des centraux téléphoniques. On suppose que la durée d'une communication téléphonique suit une loi de probabilité arbitraire (difficile de faire plus général!) et que les appels ont des durées indépendantes les unes des autres (ce qui se passe 99,99% du temps).

Schématiquement, la situation se représente de la manière suivante:



Modèle d'Erlang

Soit N le nombre total de lignes de sortie disponibles dans le central téléphonique. Alors, Erlang calcula, grâce au modèle ci-dessus, la probabilité $Q(N)$ qu'un nouvel appel trouve toutes les lignes **occupées**, aussi appelée probabilité de perte. Cette probabilité est donnée par:

$$Q(N) = \frac{x^N / (\mu^N N!)}{1 + x/\mu + \dots + x^N / (\mu^N N!)}$$

Cette formule est appelée **formule de perte d'Erlang** ne dépend que deux paramètres, la durée moyenne qui sépare la génération de deux appels consécutifs (la quantité $1/x$) et la durée moyenne d'une communication notée $1/\mu$. Ces deux quantités peuvent facilement être mesurées (en téléphonie classique $1/\mu=3mn$). On remarque aussi que $Q(N)$ est insensible à la loi de la durée d'une communication puisque seule la durée moyenne entre en ligne de compte. Ces propriétés ont fait le succès de la formule d'Erlang.

Grâce à cette formule on peut déterminer le nombre de lignes nécessaires pour que la probabilité de perte soit inférieure à un seuil donné, comme il est proposé dans cet [exercice](#).

Ainsi un circuit écoule un trafic de 1 E s'il est occupé à 100% pendant la période d'observation.

Le RTC

On dira qu'une ligne est occupée à 10% si son trafic est de 0,1 E.
C'est la valeur prise en compte pour une ligne individuelle par France Télécom pour ses calculs de dimensionnement du RTC.

Le support PABX aborde la notion de trafic de manière plus complète.

Système d'accueil d'un autocommutateur

Lorsqu'un grand nombre de sources à faible trafic a accès à un petit nombre de lignes, la probabilité que toutes les lignes soient simultanément occupées n'est pas nulle. On dit dans ce cas qu'il y a encombrement.

Pour dimensionner les équipements d'un autocommutateur et les faisceaux inter-commutateur, selon un trafic convenu, on choisit un type particulier de système d'accueil. On en distingue deux types :

1 - le système à attente

Dans ce cas, on attend un organe disponible pour l'affecter à la communication. En France par exemple, après composition du code d'accès à l'international et tonalité d'invitation à numéroté, le silence qui suit le numéro composé peut atteindre une minute.

2 - le système à appels perdus

Dans ce cas, une tonalité d'occupation est proposée en cas d'encombrement. En France par exemple, lorsque le trafic écoulé par le réseau local est inférieur au trafic offert par les sources.