

Téléphonie Analogique - RTC



Table des matières

1	Introduction à la téléphonie	2
1.1	Principe de la téléphonie analogique	2
1.2	Organes constitutifs d'un poste téléphonique simple	2
2	Le Réseau Téléphonique Commuté (RTC)	4
2.1	Les commutateurs	4
2.2	Schéma de principe du Réseau Téléphonique Commuté	5
2.3	La boucle locale : une structure arborescente	7
2.4	La structure en anneau	9
3	Communication entre le téléphone et le central	10
3.1	Phases d'établissement d'une communication	10
3.2	Liaison entre le téléphone et le central téléphonique	11
3.3	Décrochage du combiné	11
3.4	Tonalité	12
3.5	Numérotation téléphonique	13
3.6	Activation de la sonnerie	15
3.7	Transmission de la voix	16
4	Connectique	17
4.1	Prises téléphoniques	17
4.2	Câblage	18
5	Glossaire	19

1 Introduction à la téléphonie

1.1 Principe de la téléphonie analogique

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 : **la 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).

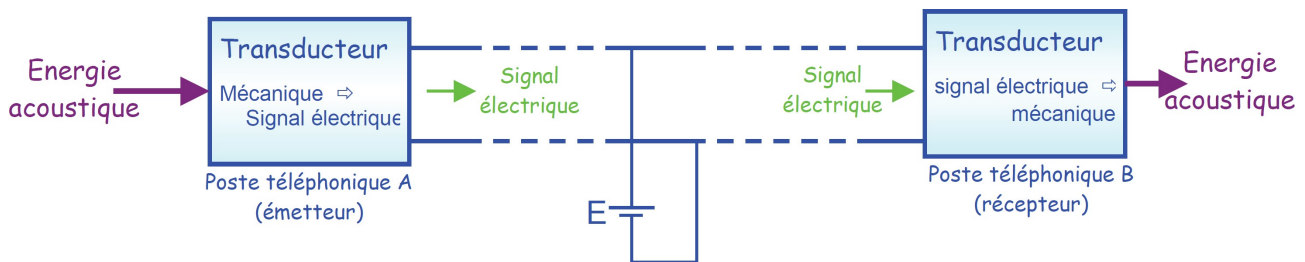


FIGURE 1 – Schéma d'une liaison téléphonique

1.2 Organes constitutifs d'un poste téléphonique simple

Ils assurent l'échange conversationnel entre les 2 correspondants :

- **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.
- **Le combiné** : c'est le support ergonomique sur lequel sont montés le microphone et l'écouteur récepteur.
- **Bobine d'induction (ou transformateur) et Condensateur** assurent :
 - **Adaptation d'impédance** entre le microphone et la ligne, et entre la ligne et l'écouteur.
 - **Élimination de l'effet local** (antilocal), évite d'entendre sur l'écouteur les sons émis sur le microphone du même combiné.
 - **Séparation** des courants de natures différentes, signaux sonores et polarisation. . .
- **Deux diodes** : montées en antiparallèle sur le récepteur, elles absorbent les surtensions et réduisent le choc acoustique à un niveau supportable par l'oreille.
- Un **redresseur** rend l'appareil indépendant de la polarité de la ligne.



FIGURE 2 – Combiné téléphonique

Les organes d'appel, d'émission L'abonné fait connaître à son centre de rattachement le numéro d'identification du correspondant désiré en le composant soit sur le cadran d'appel rotatif (ancien), soit sur le clavier numérique (actuel). Ce dispositif transmet alors au central un signal codé.

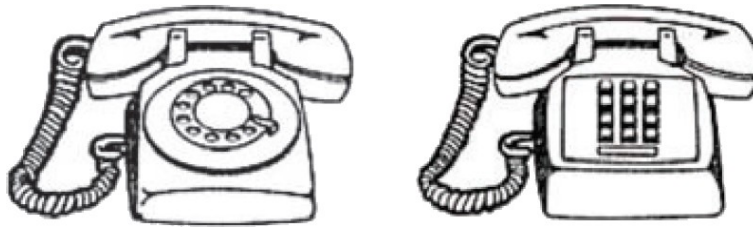


FIGURE 3 – Cadran rotatif et clavier numérique

Les organes de réception d'appel La signalisation d'un appel est faite par une sonnerie mise en marche par un courant alternatif (au travers d'un filtre). Lors du décrochage du combiné, le centre de rattachement constate la fermeture du crochet, interrompt le signal d'appel et établit la liaison.

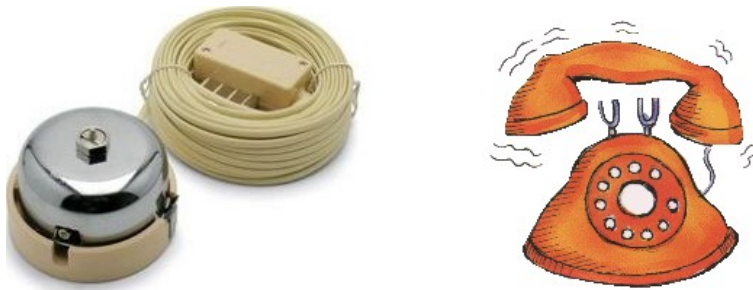


FIGURE 4 – Sonnerie téléphonique déportée

Évolution de la téléphonie En 1854, l'inventeur français *Charles Bourseul* fut le premier à imaginer un système de transmission électrique de la parole. En 1877, l'américain *Alexander Graham Bell* construisit le premier téléphone capable de transmettre la voix humaine, tout en respectant sa qualité et son timbre.

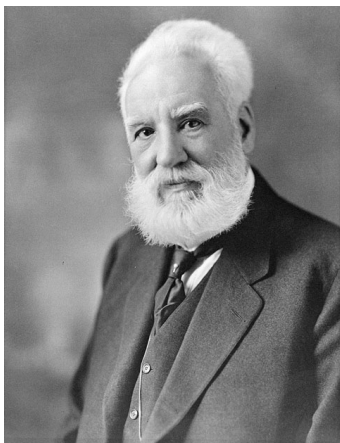


FIGURE 5 – Alexander Graham Bell

En France, un grand plan de développement des télécommunications a été mis en oeuvre durant les années 1970, conduisant à un équipement rapide. Les recherches menées au *Centre national d'étude des télécommunications* (CNET) permirent ainsi la mise en place du premier central entièrement électronique du monde. *France Télécom* décida d'ouvrir son réseau numérique aux abonnés avec intégration de services (RNIS), commercialisé sous le nom de *Nu-méris*. Ce réseau permet d'améliorer certains services comme la télécopie ou l'interconnexion d'ordinateurs.

L'histoire de la téléphonie subit depuis une vingtaine d'années une fantastique accélération, dont les conséquences et les causes dépassent le champ de la science et de la technique.

2 Le Réseau Téléphonique Commuté (RTC)

2.1 Les commutateurs

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.

A l'origine les « demoiselles du téléphone » connectaient manuellement la ligne de l'appelant à celle 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 ».



FIGURE 6 – Les demoiselles du téléphone



FIGURE 7 – Central téléphonique actuel

Ces commutateurs constituent les différents points ou noeuds du **Réseau Téléphonique Commuté** ou **RTC** (en anglais *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. Ce réseau est actuellement le plus utilisé par les particuliers pour se relier entre eux ou à Internet. Le RTC public est très étendu, il atteint tous les pays de la planète et compte plusieurs centaines de millions d'abonnés.

Il y a plusieurs type de commutateurs, chacun ayant une fonction spécifique :

- Le **Commutateur à Autonomie d'Acheminement (CAA)** ou **commutateur local** qui permet de mettre en relation les clients d'une même zone géographique. Ces commutateurs traitent également les numéros d'urgence (15, 17, 18 et 112) en joignant le service local concerné.
- Un appel régional passe par le commutateur local qui envoie un signal au **commutateur régional** appelé **Centre de Transit**, qui permet d'écouler les communications téléphoniques d'un CAA à un autre CAA.
- Si le numéro composé est destiné à l'international, c'est un des trois **Centres de Transit Internationaux** qui traite l'appel (Paris, Bagnolet ou Reims).

Pour offrir des services toujours plus complexes à ses clients, France Télécom a amené de l'intelligence dans son réseau en associant commutateurs et serveurs informatiques. Ces serveurs informatiques commandent les commutateurs et prennent les décisions, c'est le principe du réseau intelligent.

Par exemple, ils transforment les numéros spéciaux en numéros classiques, compréhensibles par les commutateurs. Ce principe est aussi utilisé par le service libre appel (numéros verts), les numéros à taxation partagée (numéros Azur et indigo), le service audiotel et les 118xxx. Ces numéros spéciaux sont envoyés vers différentes lignes en fonction de l'heure, le temps d'attente du client est ainsi réduit.

2.2 Schéma de principe du Réseau Téléphonique Commuté

Le RTC est composé de noeuds (commutateurs) s'échangeant des informations au moyen de protocoles de communications normalisés par les instances internationales.

Les systèmes réalisant le RTC sont hétérogènes, ils proviennent de fabricants différents et utilisent des technologies différentes. Cette coexistence de technologies provient de la longue durée de vie de ces dispositifs, souvent supérieure à une vingtaine d'années.

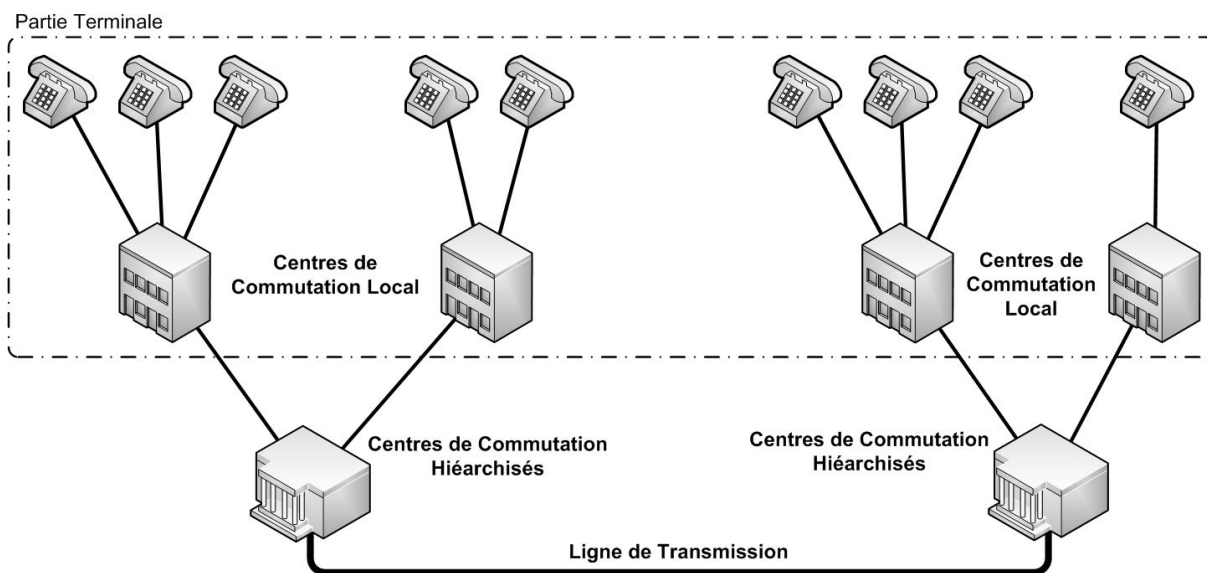


FIGURE 8 – Schéma simplifié du RTC

Chaque poste téléphonique est rattaché à une seule armoire de répartition connectée à un commutateur local (*local switch*) dont la distance peut aller de quelques centaines de mètres jusqu'à quelques kilomètres réduisant d'autant la bande passante des signaux transmis du fait de l'augmentation de l'atténuation.

La faible bande passante (300Hz – 3400Hz) du RTC et d'autre part son rapport signal/bruit (de l'ordre de 40 dB) limitent la qualité du signal analogique transmis (voix) et donc le débit du nombre de bits transmis (informatique).

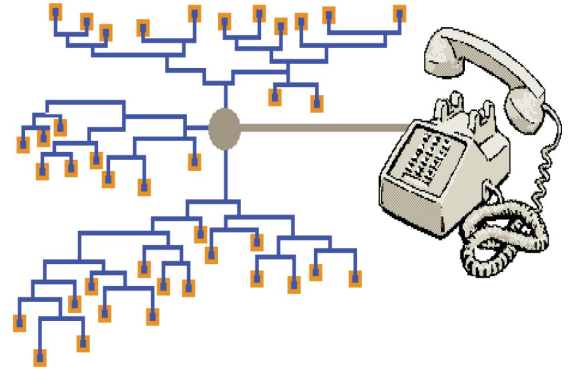
2.2 Schéma de principe du Réseau Téléphonique Commuté

Les supports de transmission pour l'acheminement du signal entre commutateurs peuvent être faits par :

- des **conducteurs métalliques** (paires torsadées, câbles coaxiaux),
- des liaisons en espace libre avec des **faisceaux hertziens** (via des antennes et des satellites),
- des **fibres optiques**.

La topologie du réseau est arborescente et conçue autour de noeuds de commutation contenant l'intelligence du réseau. Les signaux sont aiguillés dans ces noeuds, puis par la suite transmis par *multiplexage*.

C'est grâce aux possibilités d'amplification, de modulation et de changement de fréquence qu'offre l'électronique que s'est développé le *multiplexage* permettant de transmettre un grand nombre de communications sur un même support : fil de cuivre, câble coaxial, fibre optique ou ondes hertziennes.



2.3 La boucle locale : une structure arborescente

La **boucle locale** est la partie comprise entre le client et le centre local de rattachement du réseau de France Télécom.

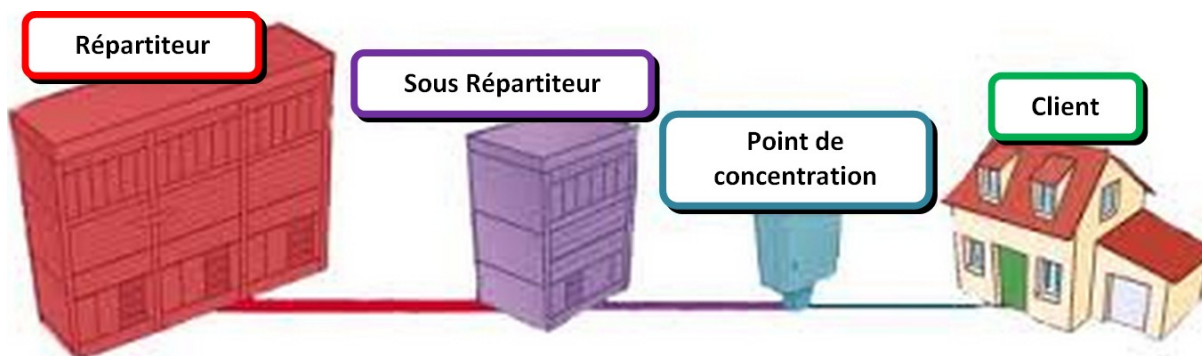


FIGURE 9 – Schéma simplifié de la boucle locale

On distingue 3 zones essentielles :

- La partie **Branchement**
- La partie **Distribution**
- La partie **Transport**

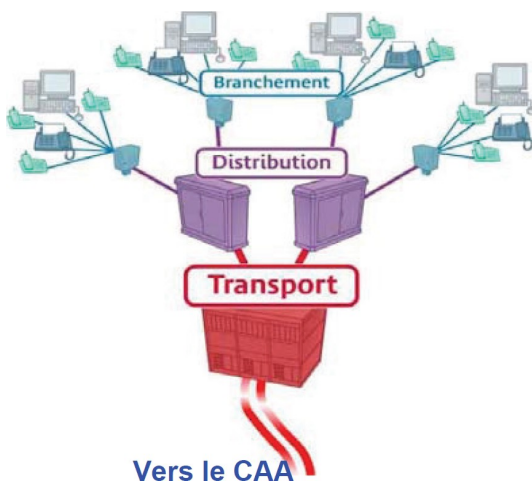


FIGURE 10 – La boucle locale



FIGURE 11 – Un sous-répartiteur

La partie « Branchement » C'est la partie reliant les clients aux **points de raccordement**. Ces liaisons sont réalisées avec des câbles en cuivre. Une ligne est composée d'une paire de fils transmettant la voix et les données sous forme de signaux électriques.



FIGURE 12 – Point de concentration

La partie branchement développe le câblage en façade. Généralement, les logements particuliers et les petits immeubles accueillent une paire de fils de cuivre par ligne posée directement sur leur façade, tandis que la plupart des immeubles disposent d'une gaine technique chargée de recevoir les câbles de chaque résident et d'une armoire technique regroupant les connexions.

En France, la plupart des câbles sont organisés par regroupement de 7 paires de fils de cuivre, cette structure permet d'optimiser le diamètre des câbles. En fonction de la capacité d'abonnées recherchée, les câbles reproduisent ce type de regroupement par multiples de 7.

La connexion n'est pas toujours possible par câble. Par exemple, en zone montagneuse, on utilise la transmission radio. Des équipements émettent et reçoivent les communications par faisceau hertzien : c'est la *boucle locale radio*.

La partie « Distribution » C'est la partie des câbles de moyenne capacité, qui relient les **points de raccordement** à un **sous-répartiteur**.

La partie « Transport » La partie transport, est la partie qui connecte chaque **sous-répartiteur** à un **répartiteur** via un câble de forte capacité.

Chaque paire de cuivre correspondant à un client est reliée au répartiteur (jusqu'à une distance de quelques km). Le répartiteur reçoit l'ensemble des lignes d'utilisateur et les répartit sur les équipements d'utilisateur du central téléphonique grâce à une « jarretière », terme consacré du fait que la paire de fils est tendue entre deux points, l'un associé à l'adresse géographique, l'autre associé à un équipement téléphonique.

Le répartiteur est donc un dispositif passif de câblage centralisant les lignes de la zone de desserte du *Centre à Autonomie d'Acheminement (CAA)* et assurant la correspondance entre une ligne et un équipement téléphonique. Les CAA sont capables de mettre eux-mêmes les clients en relation.



FIGURE 13 – Sous répartiteur



FIGURE 14 – Répartiteur

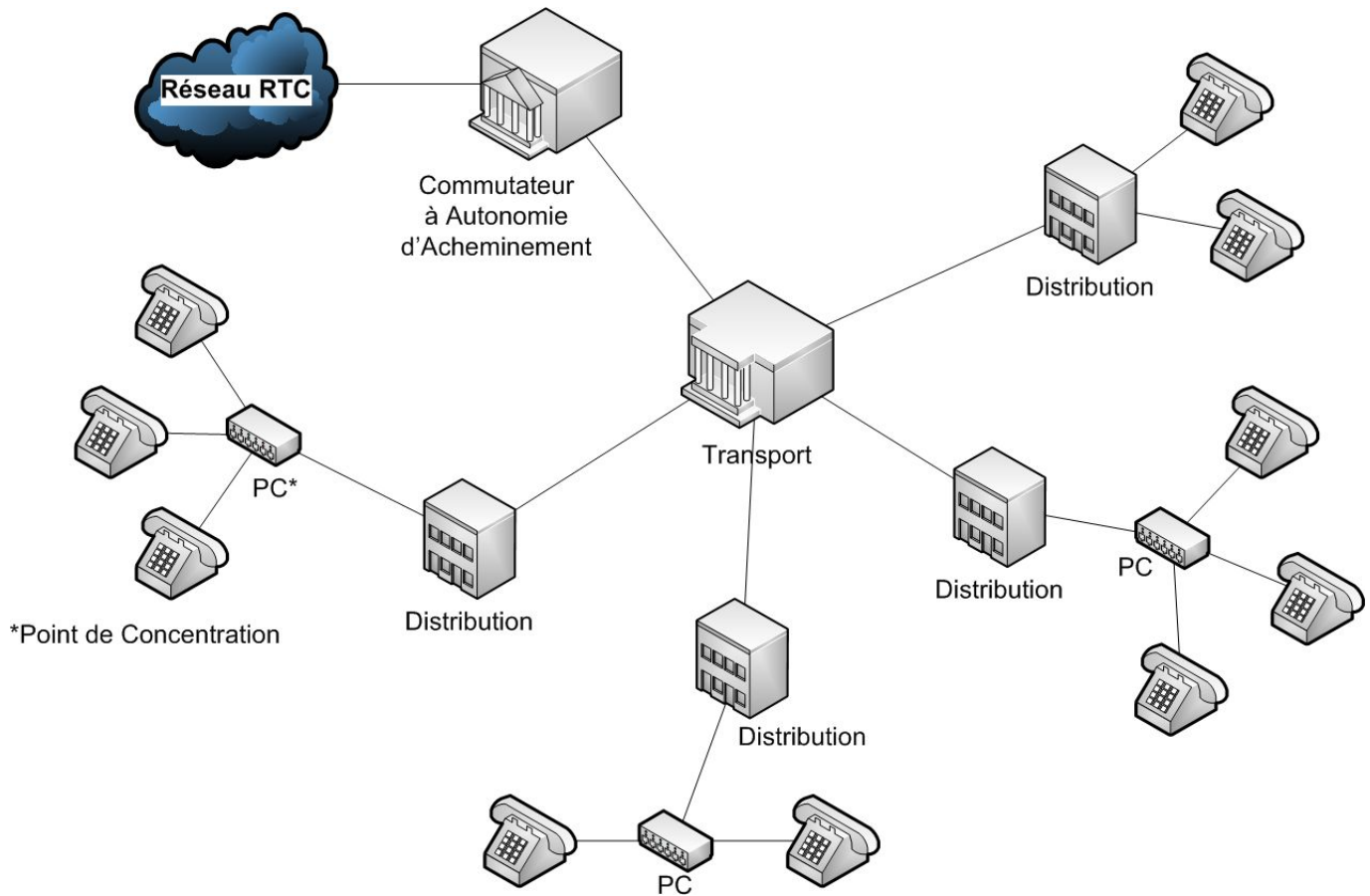


FIGURE 15 – Schéma de principe de la boucle locale

2.4 La structure en anneau

L'organisation dite en **anneau**, fut créée pour répondre aux attentes des industriels, PMI et PME.

Utilisant la technologie des **fibres optiques**, l'anneau fait circuler des données, à travers des **Boîtes de Distribution Optique (B.D.O.)** qui concentrent les fibres optiques. On garantit ainsi un débit et une qualité très élevés.

En cas d'incident sur une des voies, les données peuvent toujours circuler en utilisant la partie intacte de l'anneau, la communication est dite « sécurisée ».

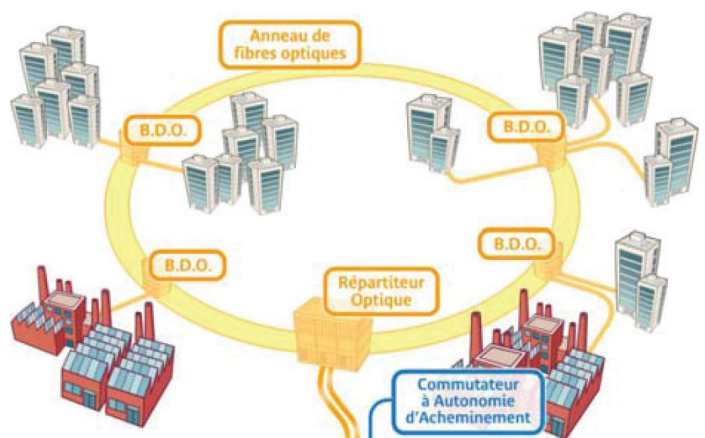


FIGURE 16 – Anneau de fibre optique

3 Communication entre le téléphone et le central

C'est la norme *TBR21 (janvier 1998)* qui fixe les caractéristiques électriques des signaux émis par le combiné téléphonique ou n'importe quel équipement branché sur la prise.

3.1 Phases d'établissement d'une communication

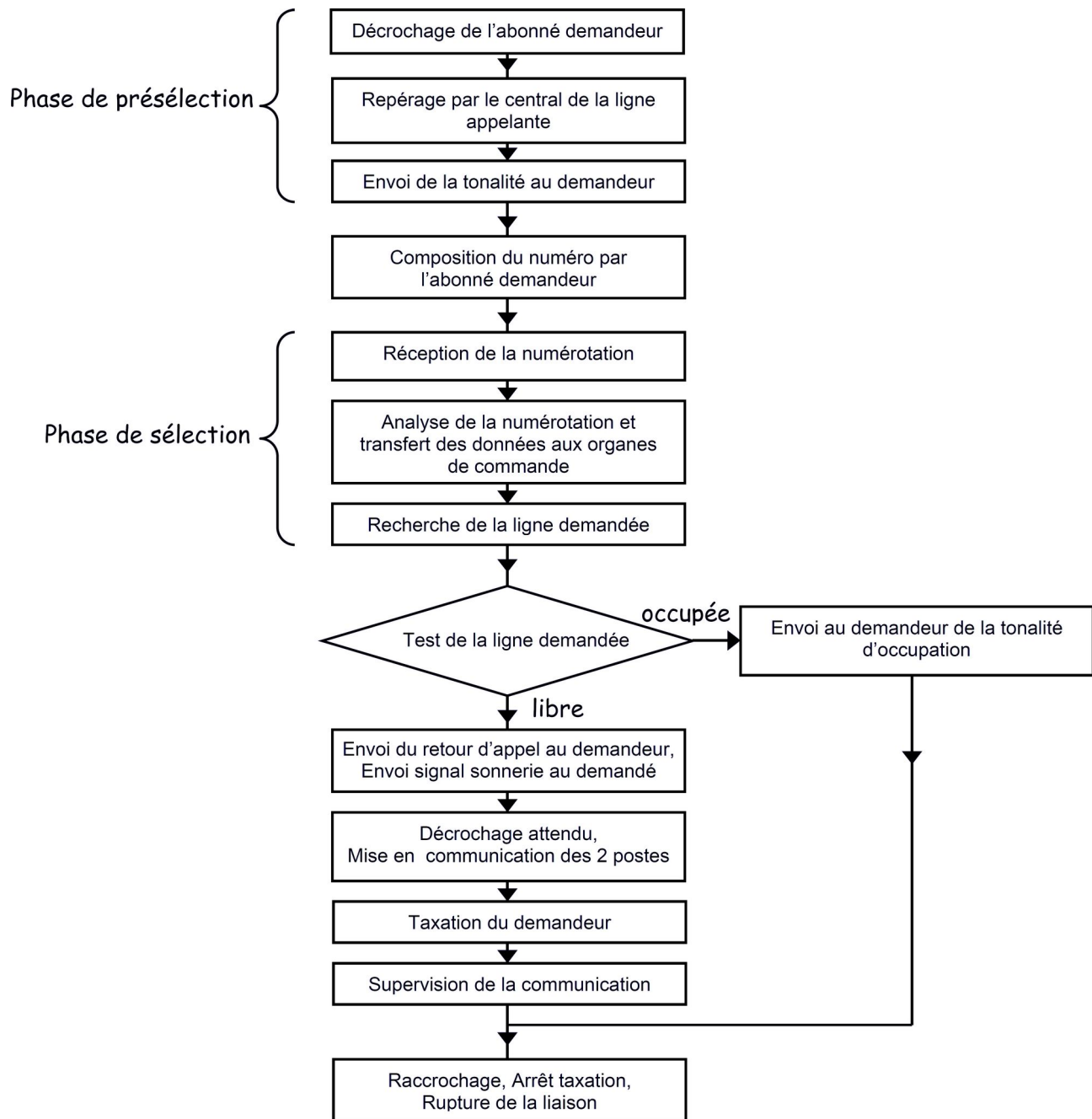


FIGURE 17 – Phases de mise en communication d'abonnés

3.2 Liaison entre le téléphone et le central téléphonique

Chaque téléphone grand public est généralement connecté à un central RTC (réseau téléphonique commuté) par une simple paire de fils de cuivre d'un diamètre d'environ 0,5mm. Ces câbles ont une impédance caractéristique de $600\ \Omega$.

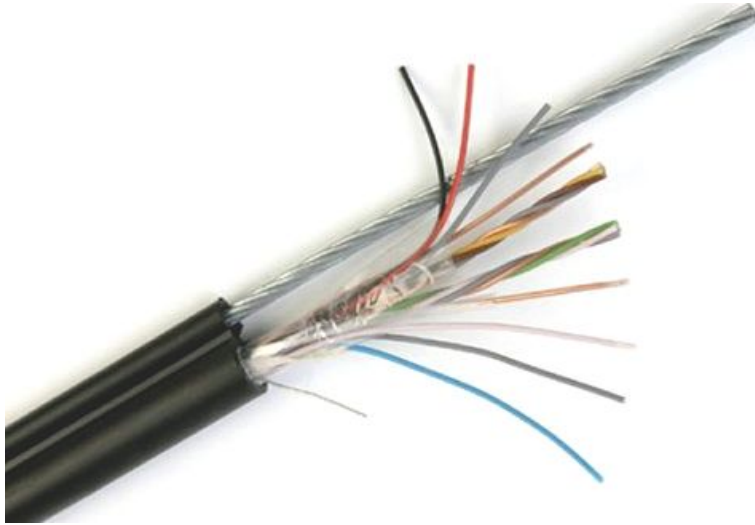


FIGURE 18 – Câble téléphonique 8 paires 6/10 aérien autoporté

Cette liaison avec le poste de l'abonné est dite **boucle locale (local loop)** et, lors d'une communication téléphonique, transporte une composante continue d'alimentation du poste ainsi que le signal vocal.

3.3 Décrochage du combiné

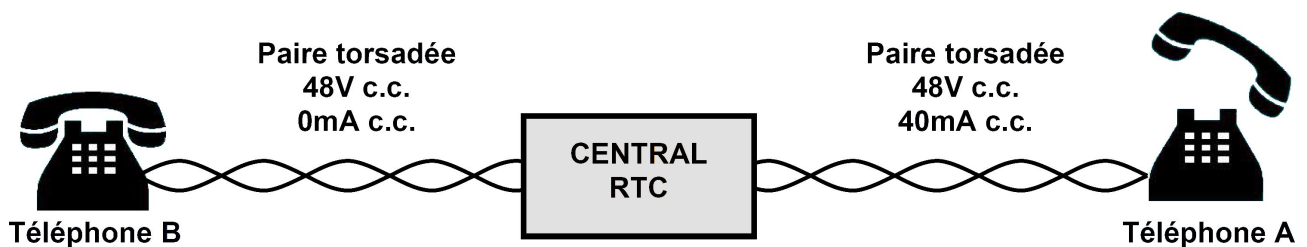


FIGURE 19 – Décrochage du combiné A

Lorsque le téléphone n'est pas décroché, il est soumis à une tension continue d'environ 48 V venant du central.

Au repos, l'impédance présentée par le poste est associée au circuit de sonnerie dans lequel est inséré un condensateur qui empêche la circulation d'un courant continu. Dans l'attente d'un appel, les postes étant soumis à une tension continue ne consomment aucun courant.

Lorsque l'on décroche (*off-hook*) le combiné du poste (A), le commutateur se ferme, alors le poste présente une impédance assez faible et consomme un courant continu de l'ordre de 40 mA, signalant ainsi son souhait au central d'établir une communication, c'est la **prise de ligne**.

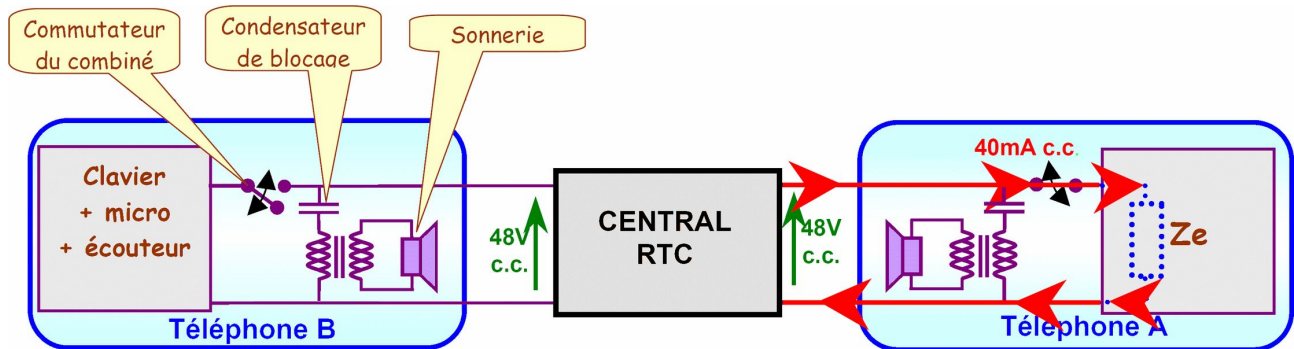


FIGURE 20 – Le poste A est décroché

3.4 Tonalité

Après la fermeture du commutateur du combiné, le central du réseau public acquitte la demande de connexion en superposant à la tension continue, un signal sinusoïdal de 440 Hz (note de musique « LA »), c'est l'invitation à numéroté : **la tonalité (dial-tone)**.

Les auto-commutateurs privés fournissent une tonalité de fréquence égale à 330 Hz. On perçoit ce changement lors de la composition du « 0 » pour émettre un appel sortant.

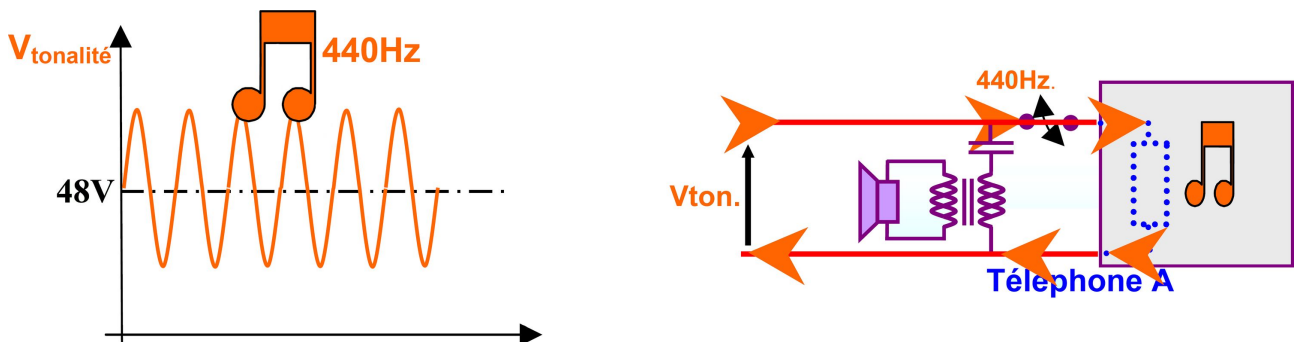


FIGURE 21 – Signal présent lors de l'émission de la tonalité

3.5 Numérotation téléphonique

Le numéro de téléphone En France, la numérotation actuelle sur 10 chiffres permet d'atteindre une capacité de 300 millions de postes.

Tél : 04 74 75 12 34

- 0** Le premier chiffre indique l'opérateur chargé d'établir la communication, qui peut louer le service à d'autres opérateurs pour acheminer l'appel
- 4** Le deuxième, sert à orienter l'appel vers une des 5 zones géographiques que compte la France
- 74 75** Le groupe de 4 chiffres suivants donne l'identification de l'autocommutateur local de rattachement du poste demandé
- 12 34** Puis le groupe des 4 derniers chiffres, identifie la ligne de l'abonné dans l'autocommutateur local

Numérotation décimale Ce procédé de *numérotation par impulsions (par ouverture de boucle)* est utilisé par les téléphones à cadran rotatif et par certains modems. Dans ce cas, le courant continu est interrompu un nombre de fois correspondant au chiffre envoyé, générant ainsi des impulsions : Une impulsion pour le chiffre 1, deux impulsions pour le chiffre 2, et ainsi de suite. . . jusqu'à dix impulsions pour le chiffre 0.

Chaque impulsion dure 100 ms, soit 33,3 ms pour la ligne fermée (présence de courant) et 66,7 ms pour la ligne ouverte. Pour composer le 1, il faut 100 ms ; pour faire le 2 il faut 200 ms, ainsi de suite jusqu'au 0 où il faut 1 s. Un intervalle de temps d'au moins 200 ms doit séparer 2 trains d'impulsions. Ce principe ancien est lent.

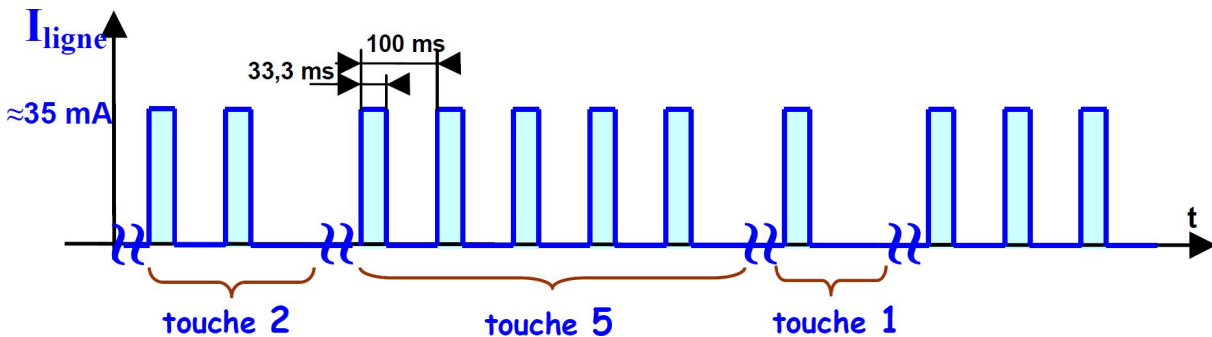


FIGURE 22 – Numérotation décimale

Numérotation par fréquences vocales ou DTMF Le *DTMF (Dual Tone Multi Frequency)* est un procédé de numérotation qui génère des sonorités codées.

Il doit émettre deux fréquences spécifiques dans la gamme 300Hz - 3400Hz pour transmettre un chiffre. Il est très peu probable que deux fréquences spécifiques, dont les valeurs sont premières entre elles, soient présentes à l'arrière plan du microphone pendant la numérotation. Ces fréquences sont normalisées au plan international (norme UIT-T-Q.23).

3.5 Numérotation téléphonique

Sur le clavier du téléphone, en appuyant sur une touche, on émet les deux tonalités correspondant à l'intersection de l'axe horizontal et de l'axe vertical.

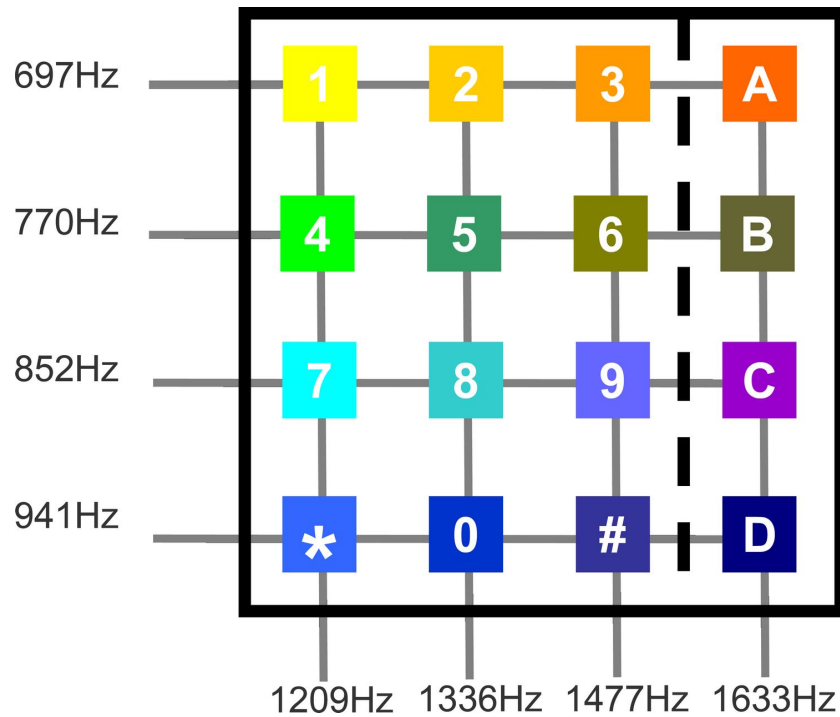


FIGURE 23 – Fréquences normalisées du DTMF

Dans le cas de l'appui sur le clavier de la touche « 8 », le numéroteur transmet une tension composée d'un signal de 852Hz et d'un signal 1336Hz.

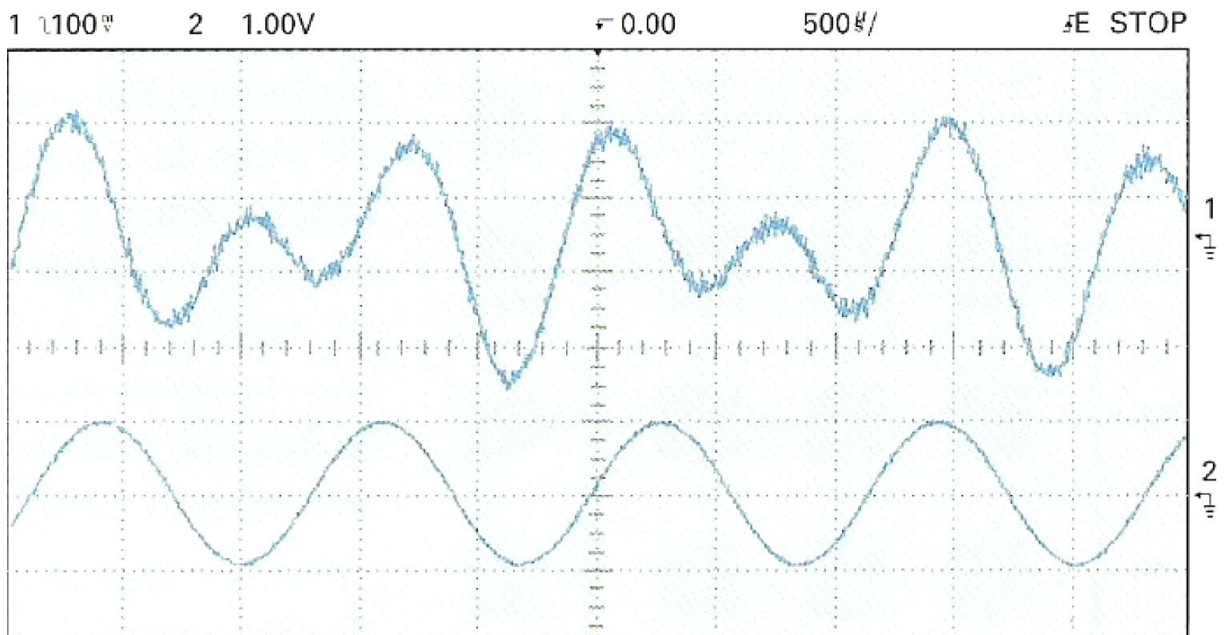


FIGURE 24 – Voie 1 : Un signal à 852Hz + un signal à 1336Hz (touche 8) / Voie 2 : Un signal à 852Hz

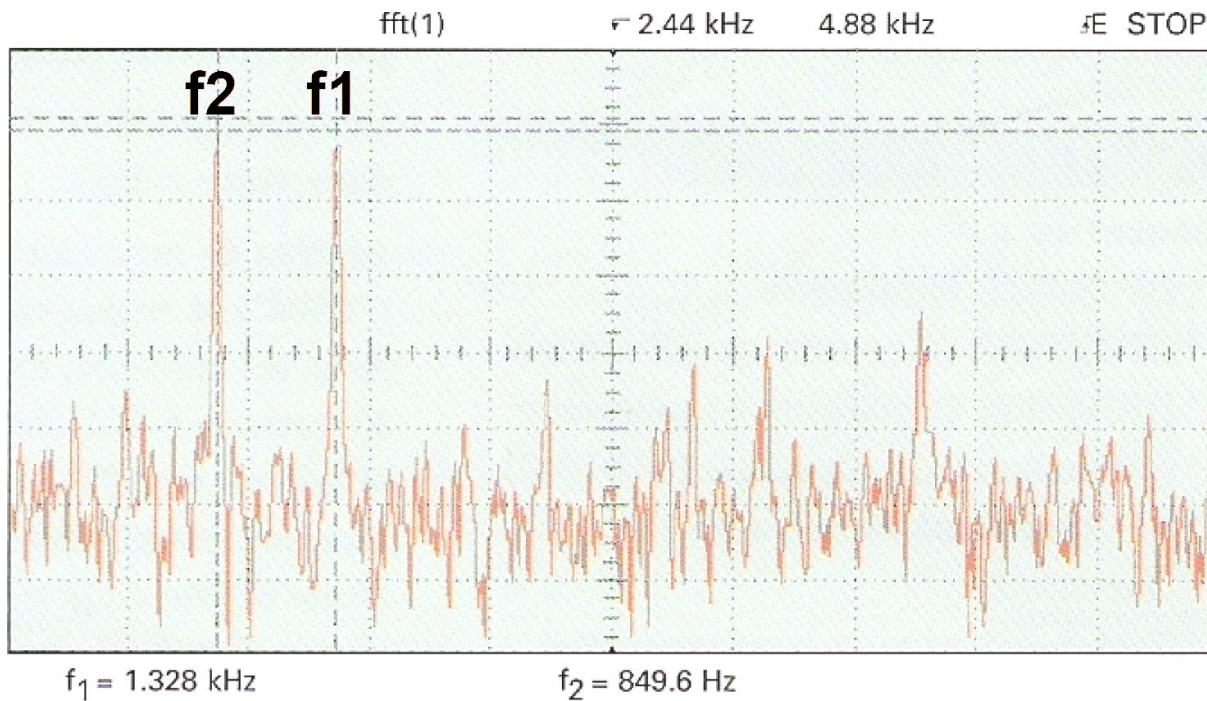


FIGURE 25 – Représentation spectrale du signal lors de l'appui sur la touche 8

Pour éviter les problèmes de distorsion et de génération d'harmoniques, aucune fréquence n'est harmonique d'aucune autre fréquence.

De plus, il est impossible de synthétiser une fréquence à partir de la somme ou de la différence de deux autres fréquences, pour éviter les erreurs de numérotation dues aux produits d'intermodulation.

Actuellement la durée d'enfoncement d'une touche et l'intervalle de temps entre deux manoeuvres successives ne peuvent être inférieurs à 40 ms.

3.6 Activation de la sonnerie

Après que l'abonné du poste (A) ait composé le numéro du correspondant (B), le RTC via les commutateurs va acheminer l'appel, puis actionne la sonnerie du poste B par l'intermédiaire du dernier autocommutateur local.

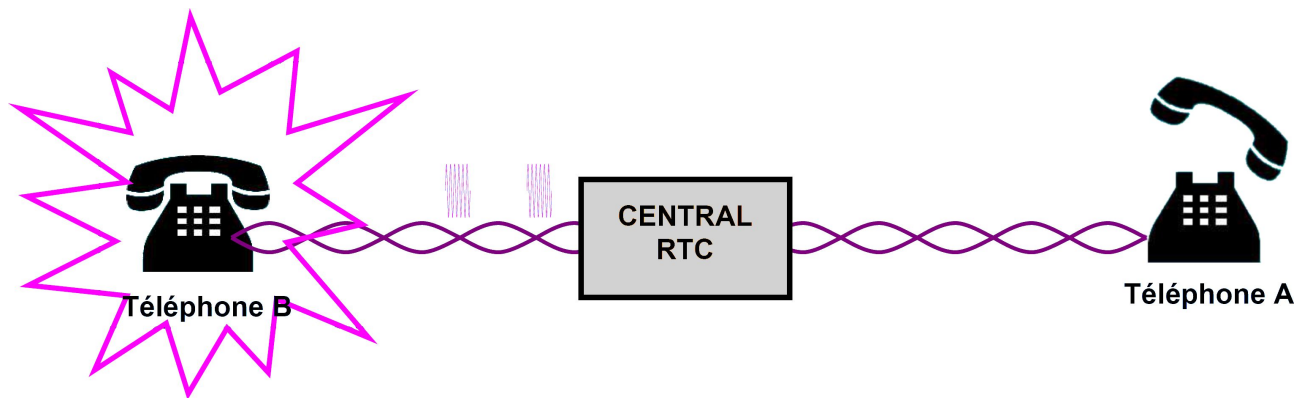


FIGURE 26 – Le central signale l'appel du poste (A) au poste (B)

Pour activer la sonnerie, le central envoie vers le poste (B) un signal sinusoïdal de fréquence environ 50 Hz et de tension de 50 à 80 V efficaces par rafales, activé pendant environ 2 secondes et désactivé pendant environ 4 secondes. Ce signal est superposé à la tension continue de 48 V.

Le décrochement du poste B établit un courant continu d'environ 40 mA dans la ligne. Alors, le central RTC supprime la sonnerie et met en liaison les deux correspondants. Lorsque la liaison est établie, on a pratiquement une ligne point à point.

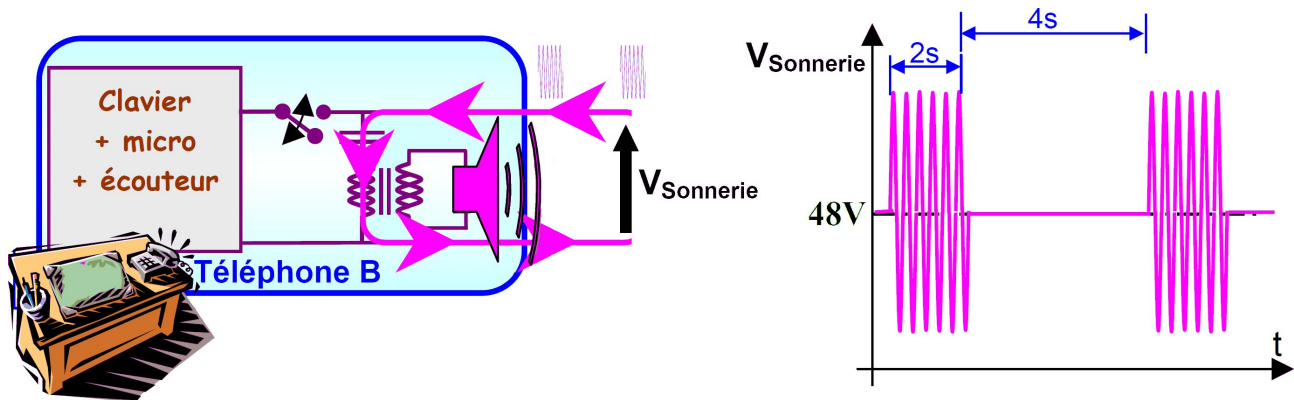


FIGURE 27 – Les signaux de 50Hz signalent l'appel au poste (B)

On utilise une tension de 80 V, relativement élevée, pour pouvoir activer les sonneries peu efficaces des anciens téléphones. Dans les nouveaux postes équipés de sonnerie électronique, un signal numérique TTL (5 V) suffit, mais le niveau TTL est incompatible avec les anciens téléphones.

3.7 Transmission de la voix

Contrairement au système audio de haute fidélité, dont les bandes passantes sont comprises entre 20 Hz et 20 kHz, le téléphone opère dans la bande de **300 Hz à 3,4 kHz**.

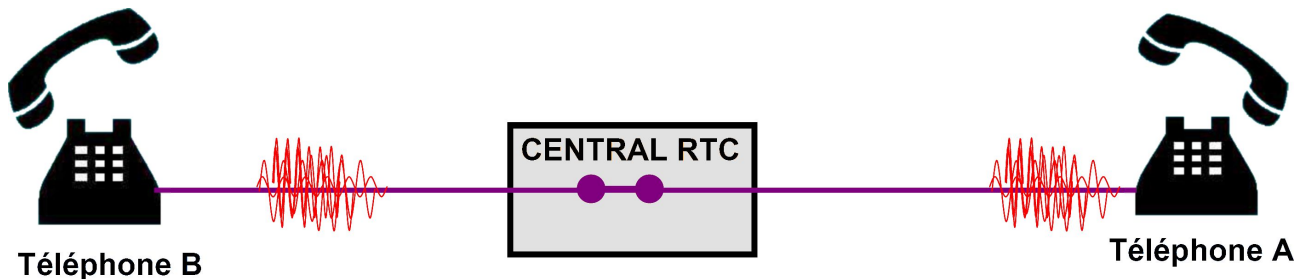


FIGURE 28 – Communication établie

En effet l'énergie vocale humaine se situe en grande partie dans cette gamme de fréquences, ce qui permet d'obtenir une conversation fiable (mais sans être excellente).

Lorsque les deux correspondants sont en liaison, les signaux vocaux envoyés et reçus sont dus à une modulation de l'amplitude du courant continu dans la bande de fréquences 300Hz à 3,4kHz.

A l'intérieur de chaque appareil, un dispositif *anti-local* ou de *suppression d'écho* évite que le signal émis par le microphone ne soit transmis à l'écouteur.

La communication s'effectue en duplex intégral, elle est bidirectionnelle, le courant sur la ligne étant la somme du courant continu et des deux courants variables émis par chaque poste.

Pendant la phase de communication, les commutateurs supervisent la communication pour détecter le raccrochage de (A) ou de (B). Si un des 2 raccroche, la liaison est libérée (ou relâchée), c'est la phase de libération qui à nouveau met en oeuvre la signalisation. La taxation est aussi arrêtée.

4 Connectique

4.1 Prises téléphoniques

La prise téléphonique femelle (en T) est une **prise gigogne** avec 8 contacts. Pour une utilisation simple d'une ligne classique avec téléphone, seules 2 bornes sont utiles les **n°1 et 3**.

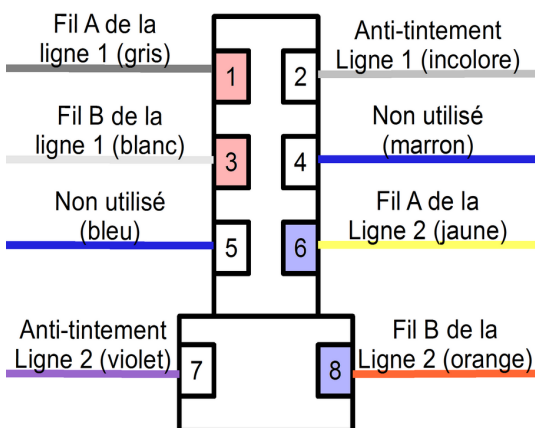


FIGURE 29 – Câblage d'une prise gigogne femelle



FIGURE 30 – Prise gigogne mâle

Numéro du plot	Affectation des plots de la fiche femelle à 8 plots
1	Fil « A » de la ligne 1
2	Anti-tintement ligne 1
3	Fil « B » de la ligne 1
4	Non utilisé
5	Non utilisé
6	Fil « A » de la ligne 2
7	Anti-tintement ligne 2
8	Fil « B » de la ligne 2

Les fils 2 ou 7 ont pour but d'empêcher le tintement de la sonnerie d'un poste téléphonique du fait de la numérotation par ouverture de boucle d'un équipement en parallèle. L'utilisation de ces plots est tombée en désuétude depuis la généralisation de la numérotation multifréquence et des sonneries électroniques insensibles.

Les broches **6 et 8** sont utilisées pour le branchement d'une **seconde ligne téléphonique**.

4.2 Câblage

Un connecteur RJ-11, également appelé *Registered jack 11* est un standard international utilisé par des appareils téléphoniques fixes. Une prise RJ-11 ressemble physiquement à une prise RJ-12 et a exactement les mêmes dimensions, mais il n'y a que quatre fils utilisés sur les six disponibles (contrairement au RJ-12 qui les utilise tous les six). En revanche, la prise RJ-11 est plus petite et dispose de moins de fils qu'une prise RJ-45.

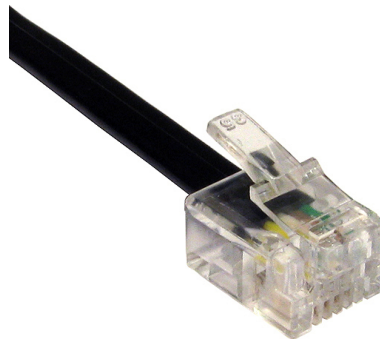


FIGURE 31 – Connecteur RJ11

4.2 Câblage

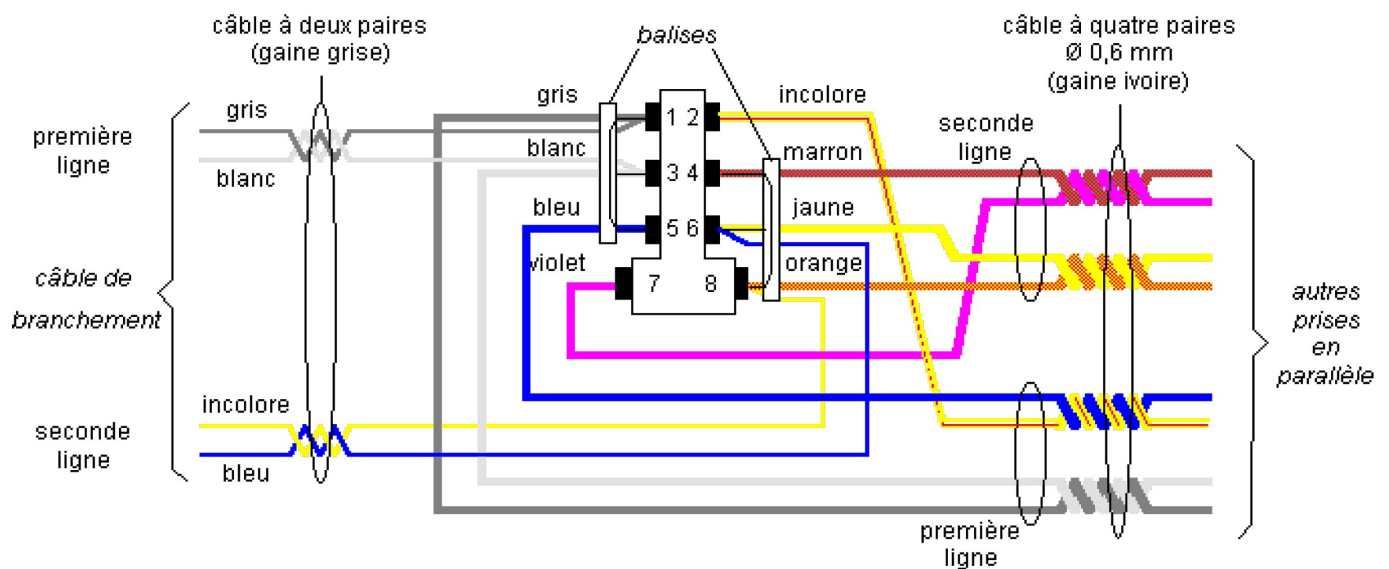


FIGURE 32 – Câblage téléphonique

5 Glossaire

ADSL : *Asymmetrical Digital Subscriber Line*, c'est une technologie qui permet d'accroître le débit de transmission de données en utilisant au mieux les possibilités des fils de cuivre reliant l'abonné à l'autocommutateur

Baud : Unité de la rapidité de modulation, image du débit binaire en bits par seconde. Les bauds sont utilisés dans deux cas : en transmission asynchrone, on ne peut parler de bits/s, puisque on n'émet pas en permanence ; en transmission synchrone, le signal émis peut avoir plus de deux états, on transmet alors plus d'un bit par état, il y a plus de bits/s que de bauds

Bps : Bits Par Seconde

CAA : Commutateur à Autonomie d'Acheminement, c'est le commutateur local de rattachement de l'abonné

CIA : Centre de Transit international

CSN : Circuit Switched Network

CTP : Centre de Transit Principal

CTS : Centre de Transit Secondaire

DTMF : Dual Tone Multi Frequency

ETSE : Equipement Terminal Sous Essais

Local Loop : Boucle Locale

NTP : Network Termination Point

NUMERIS : nom commercial en France du RNIS à bande étroite (64kbits/s)

Off-Hook : Décroché du téléphone (combiné)

PSTN : Public Switched Telephone Network

RNIS : Réseau Numérique à Intégration de Services

RTCP : Réseau Téléphonique Commuté Public

SIR : Système d'Information Réseau, a permis à France Télécom d'automatiser la gestion et l'exploitation de son réseau de télécommunications

TE : Terminal Equipement

Table des figures

1	Schéma d'une liaison téléphonique	2
2	Combiné téléphonique	2
3	Cadran rotatif et clavier numérique	3
4	Sonnerie téléphonique déportée	3
5	Alexander Graham Bell	3
6	Les demoiselles du téléphone	4
7	Central téléphonique actuel	4
8	Schéma simplifié du RTC	5
9	Schéma simplifié de la boucle locale	7
10	La boucle locale	7
11	Un sous-répartiteur	7
12	Point de concentration	8
13	Sous répartiteur	8
14	Répartiteur	8
15	Schéma de principe de la boucle locale	9
16	Anneau de fibre optique	9
17	Phases de mise en communication d'abonnés	10
18	Câble téléphonique 8 paires 6/10 aérien autoporté	11
19	Décrochage du combiné A	11
20	Le poste A est décroché	12
21	Signal présent lors de l'émission de la tonalité	12
22	Numérotation décimale	13
23	Fréquences normalisées du DTMF	14
24	Voie 1 : Un signal à 852Hz + un signal à 1336Hz (touche 8) / Voie 2 : Un signal à 852Hz	14
25	Représentation spectrale du signal lors de l'appui sur la touche 8	15
26	Le central signale l'appel du poste (A) au poste (B)	15
27	Les signaux de 50Hz signalent l'appel au poste (B)	16
28	Communication établie	16
29	Câblage d'une prise gigogne femelle	17
30	Prise gigogne mâle	17
31	Connecteur RJ11	18
32	Câblage téléphonique	18