

Approche concrète du **TELEPHONE FIXE (RTC)**

Objectifs :

- ⇒ Mettre en évidence le principe de fonctionnement du téléphone fixe.
- ⇒ Caractériser les signaux électriques sur une boucle locale.

Ressources :

- ⇒ Lab Idée de HEWLETT PACKARD.
- ⇒ G.M. REBEIZ, EECS Departement, University of Michigan.
- ⇒ S. GREGOIRE Institut de recherche LAVOISIER.
- ⇒ D. RABASTE, IUFM d'Aix-Marseille.
- ⇒ J.P. BOURGUET, M.Ch. MARSOLAT, lycée Fourcade, Gardanne.
- ⇒ Encarta (Microsoft) 2004
- ⇒ www.francetelecom.fr
- ⇒ www.supelec-rennes.fr
- ⇒ www.aurelienr.com/electronique/
- ⇒ et à tous ceux que j'oublie, mille excuses.

Tous nos remerciements à ceux qui ont contribué à la réalisation de ce document.

Devinette : quand j'appelle on me répond, mais ce n'est pas à moi qu'on veut parler, qui suis-je ?



Avertissement

Ce cours constitue la première partie d'une suite de cours, TD et TP qui servent d'appuis lors de l'étude de systèmes électroniques faisant appel notamment aux domaines de la téléphonie. Cette partie se veut volontairement facile d'accès, sans calculs mathématiques. Ce document a été réalisé dans le cadre de l'Education Nationale à des fins pédagogiques et personne ne retire aucune rémunération de sa diffusion. Un soin extrême a été porté sur le choix des sources, à la rédaction des textes, à la création des illustrations provenant soit de l'auteur lui-même, soit d'images libres d'utilisation et respectant le droit des auteurs ; si une erreur a été commise, elle sera corrigée dès son signalement. Sachant, hélas, que personne n'est parfait, des inexactitudes, omissions ou insertions indépendantes de la bonne volonté peuvent demeurer. Toutes remarques constructives, suggestions ou critiques via le [courriel](mailto:escolano.philippe@laposte.net) sont les bienvenues.

escolano.philippe@laposte.net

SOMMAIRE

1. L'évolution du téléphone
2. Le réseau téléphonique commuté (RTC)
 - 2.1 Schéma de principe simplifié du RTC
 - 2.2. Aiguillage des signaux
3. Liaison entre le téléphone et le central
4. Tonalité
5. Numérotation téléphonique
 - 5.1. Le numéro de téléphone
 - 5.2. Numérotation décimale
 - 5.3. Numérotation par fréquences vocales ou DTMF
6. Activation de la sonnerie
7. Transmission de la voix
8. Transmission de données
9. Caractéristiques techniques
 - 9.1. Prise téléphonique
 - 9.2. Câblage

1. L'évolution du téléphone



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.

En France, un grand plan de développement des télécommunications fut mis en œuvre 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 Numéris. Ce réseau permet d'améliorer certains services comme la télécopie ou l'interconnexion d'ordinateurs.

2. Le réseau téléphonique commuté (RTC)

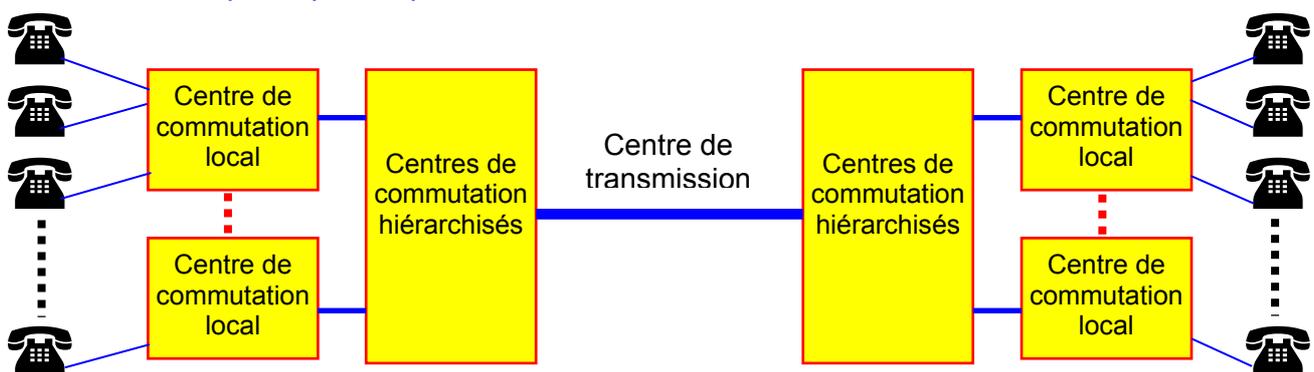
Les équipements téléphoniques sont conçus pour assurer les relations de télécommunications, soit :

- en empruntant les lignes du réseau public RTC, ce sont des communications extérieures.
- soit au sein d'une même entreprise, il s'agit alors de communications internes traitées par un autocommutateur privé. L'accès au réseau public se fait alors en composant un préfixe supplémentaire.

Le réseau téléphonique commuté (RTC or in english : *Public Switched Telephone Network*) assure la mise en relation momentanée, une à une des installations terminales afin de mettre en relation 2 abonnés. Il est un moyen de communication pratique pour des communications interactives, 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.

Le RTC est composé de nœuds (commutateurs) s'échangeant des informations au moyen de protocoles de communications basée la plus part du temps sur l'émission de fréquences. Le RTC est composé de systèmes hétérogènes, provenant de fabricants divers et utilisant des technologies différentes. Cette coexistence de technologies provient de la longue durée de vie de ces dispositifs, souvent une vingtaine d'années, voire plus.

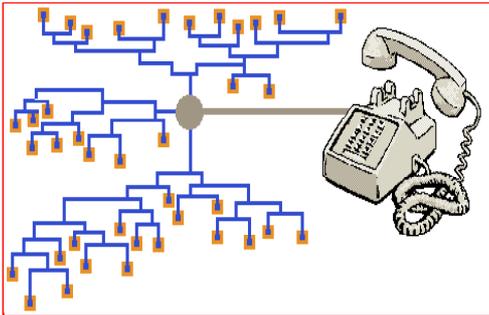
2.1 Schéma de principe simplifié du RTC



Chaque poste téléphonique est rattaché à une seule borne de répartition connectée à un commutateur local (*local switch*) dont la distance peut aller de quelques centaines de mètres jusqu'à quelques kilomètres, la distance réduisant d'autant la bande passante des signaux transitant. La faible bande passante (300Hz - 3400Hz) du RTC et d'autre part son rapport signal/bruit (de l'ordre de 40dB) limitent la qualité du signal analogique transmis (voix) et donc le débit du nombre de bits transmis (informatique).

Les supports de transmission pour l'acheminement du signal entre commutateurs peuvent être faits par des conducteurs métalliques (paires torsadées, câbles coaxiaux), par des liaisons en espace libre avec des faisceaux hertziens (via des antennes et des satellites) ou par des fibres optiques.

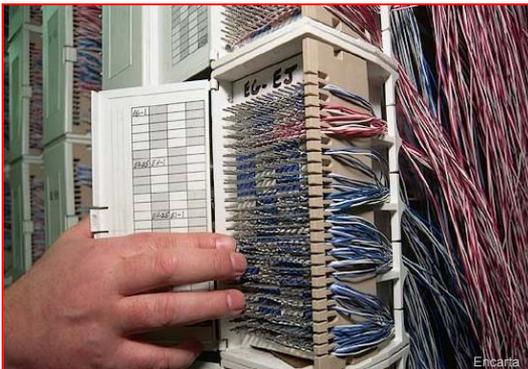
2.2 Aiguillage des signaux



Les commutateurs réalisant les points de connexions, anciennement manuels, puis électrotechniques sont passés maintenant à la technologie électronique et informatique.

La topologie du réseau est arborescente et conçue autour de noeuds de commutation contenant l'intelligence du réseau. Les signaux sont aiguillés, puis par la suite transmis par **multiplexage fréquentiel** (analogique) où chaque « conversation » se trouve transposée autour d'une fréquence et par **multiplexage temporel** (numérique) où les échantillons de plusieurs « conversations » sont transmis les uns à la suite des autres, de façon répétitive.

3. Liaison entre le téléphone et le central

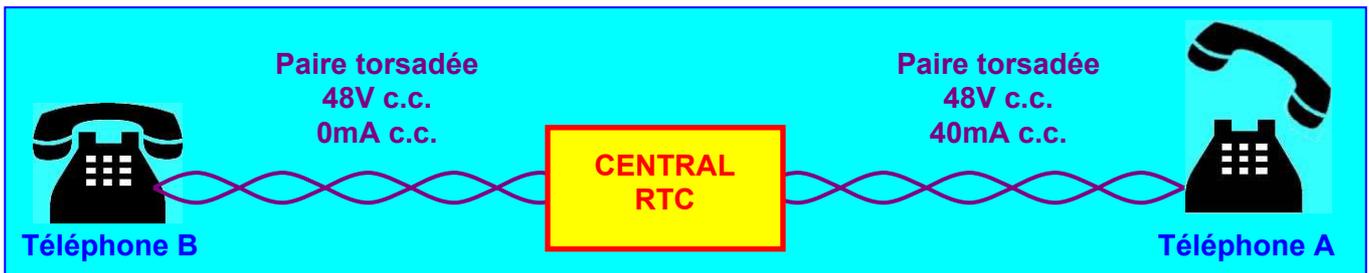


Chaque téléphone grand public est généralement connecté à un central RTC (réseau téléphonique commuté) par une simple paire de fils de cuivre d'un diamètre d'environ 0,5 mm. Ces câbles ont une impédance caractéristique de 600Ω.

Cette liaison avec le poste de l'abonné est dite boucle locale (*local loop*) et transporte une composante continue ainsi qu'une composante alternative.

Mais les nouveaux systèmes utilisent des câbles coaxiaux ou fibres optiques pour accéder à une bande passante accrue.

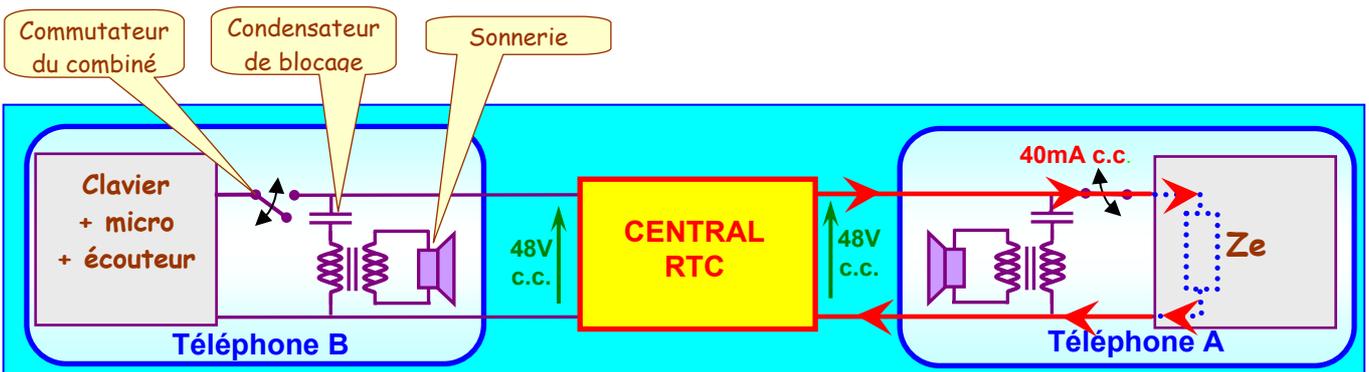
Malgré les efforts effectués pour élargir les lignes, un trop grand nombre d'utilisateurs simultanés peut provoquer des encombrements et empêcher l'établissement d'une communication.



Lorsque le téléphone n'est pas décroché, il est soumis à une tension continue d'environ 48V venant du central. Ce choix s'est fait en partie parce que le téléphone a été inventé avant l'utilisation du courant alternatif (secteur).

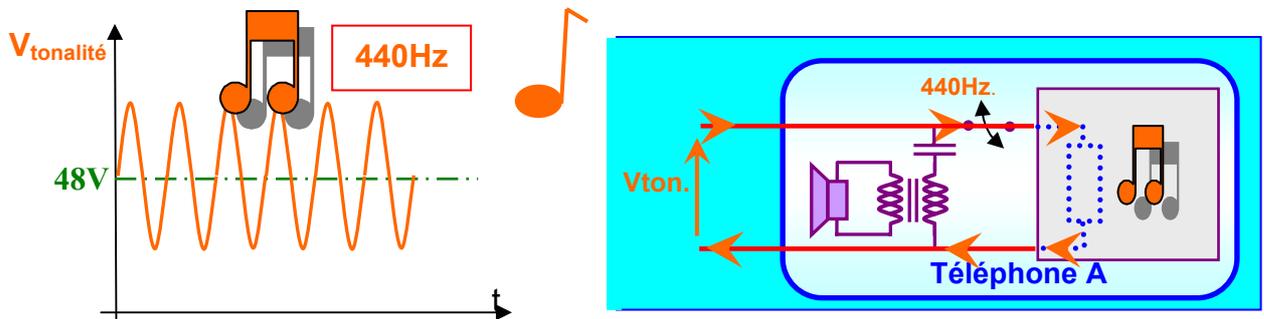
Au repos, les postes étant soumis à une tension continue, ils ont une grande impédance, ils ne consomment aucun courant.

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 40mA, signalant ainsi son souhait au central d'établir une communication, c'est la prise de ligne. La tension continue peut descendre entre 10V et 22V lorsque la ligne est chargée (téléphone décroché).



4. Tonalité

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



5. Numérotation téléphonique

5.1. Le numéro de téléphone

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

tél : 04 42 51 53 08

Le premier chiffre indique l'opérateur chargé d'établir la communication, qui peut louer le service à d'autres opérateurs pour acheminer l'appel.

Le deuxième, sert à orienter l'appel vers une des 5 zones géographiques que compte la France.

Le groupe de 4 chiffres suivants donne l'identification de l'autocommutateur local de rattachement du poste demandé.

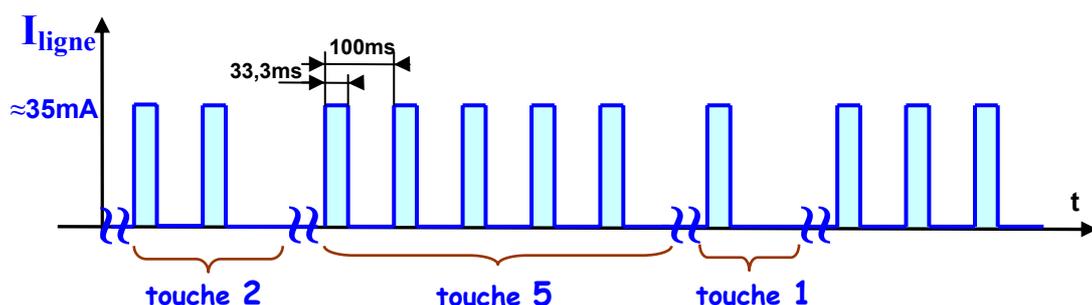
Puis le groupe des 4 derniers chiffres, identifie la ligne de l'abonné dans l'autocommutateur local.

5.2. Numérotation décimale

Ce procédé de numérotation par impulsions est utilisé par les téléphones à cadran rotatif (poste à disque) et par certains modems. Dans ce cas la numérotation est interrompue un nombre de fois correspondant au chiffre envoyé, générant ainsi des impulsions à « 0 ». 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 100ms, soit 33,3ms pour la ligne fermée (présence de courant) et 66,7ms pour la ligne ouverte. Pour composer le **1**, il faut 100ms ; pour faire le **2** il faut 200ms, ainsi de suite jusqu'au **0** où il faut 1s.

Un intervalle de temps d'au moins 200ms doit séparer 2 trains d'impulsions. Ce principe ancien est lent.

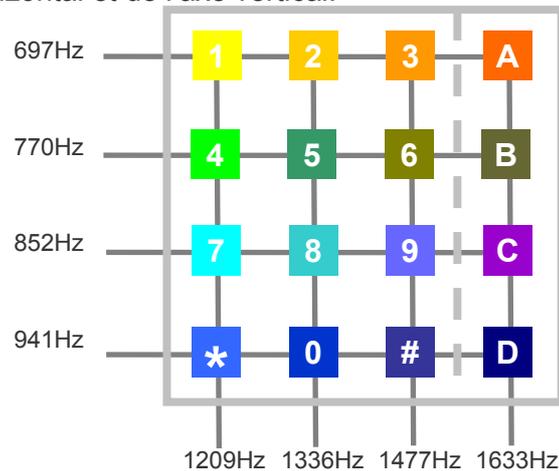


5.3. Numérotation par fréquences vocales ou DTMF (*Dual Tone Multi Frequency*)

Le DTMF est un procédé de numérotation qui génère des sonorités codés, il doit émettre des fréquences spécifiques dans la gamme 300Hz – 3400Hz. Mais si l'on attribue une fréquence simple à chaque chiffre, un sifflement (ou un son propre et fort) peut provoquer une erreur de numérotation !

Ce problème d'interférence est résolu simplement, par l'émission de deux fréquences simultanées par chiffre. Il est très peu probable que deux fréquences spécifiques, d'un rapport égal à un nombre rationnel, soient présentes à l'arrière plan du microphone pendant la numérotation. Ces fréquences sont normalisées au plan international (norme UIT-T-Q.23).

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.

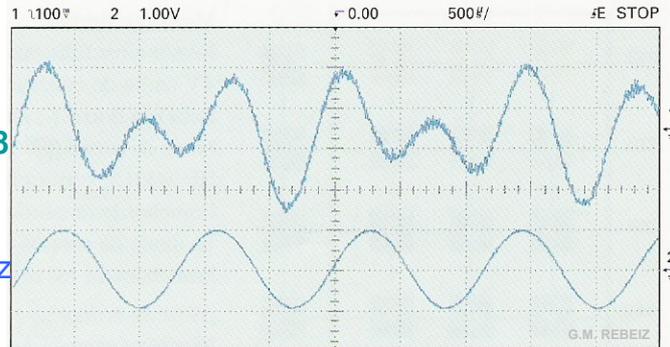


Dans le cas de l'appui sur le clavier de la touche **8**, le numéroteur transmet le signal composite et on le relève sur le haut-parleur (voie 1), sur la voie 2 on a le signal 852Hz.



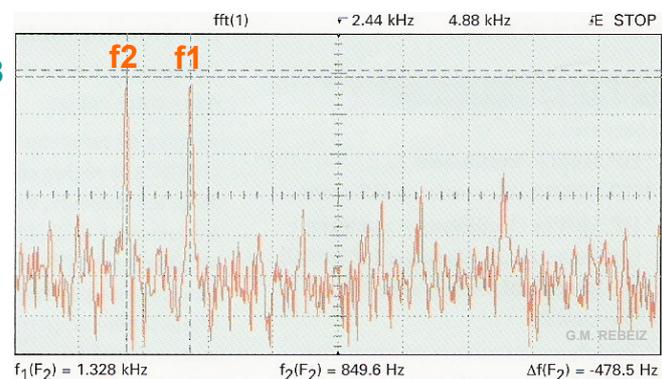
Signal
touche 8

852Hz



FFT touche 8

Toujours dans le cas de l'appui sur la touche **8**, on relève la FFT du signal mixte. Il est à noter que les fréquences f_1 et f_2 ne sont pas exactement conformes aux prévisions.

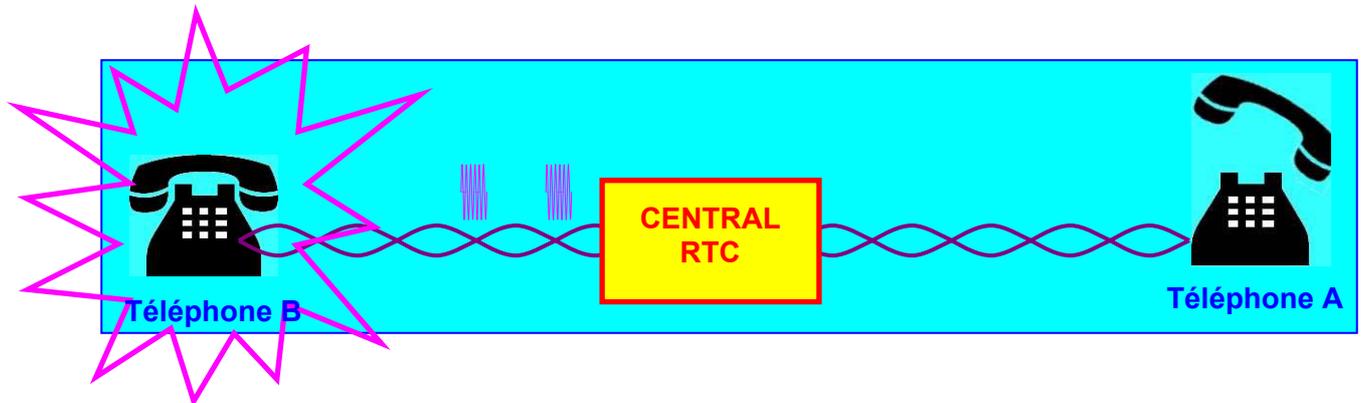


Pour éviter les problèmes de distorsion et de génération d'harmoniques, aucune fréquence n'est harmonique d'aucune autre fréquence. De plus, il est impossible de synthétiser une fréquence à partir de la somme ou de la différence de deux autres fréquences, pour éviter les erreurs de numérotation dues aux produits d'intermodulation.

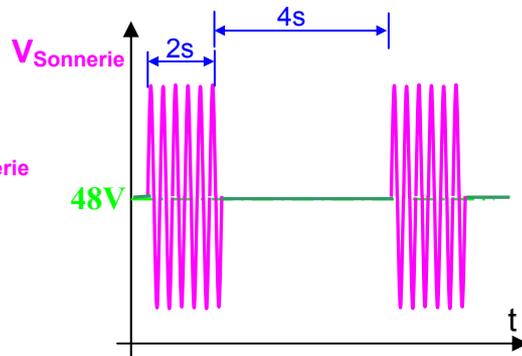
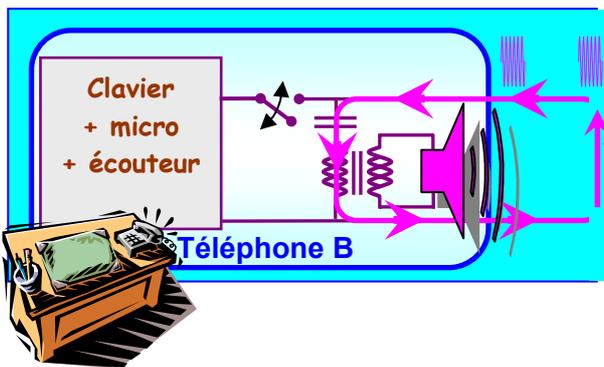
Actuellement la durée d'enfoncement d'une touche et l'intervalle de temps entre deux manœuvres successives ne peuvent être inférieurs à 40ms.

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 central autocommutateur local.



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

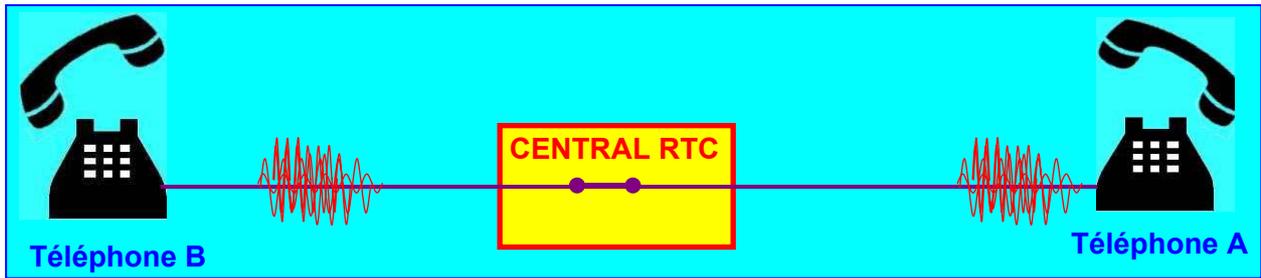


Le décrochement du poste B établit un courant continu d'environ 40mA dans la ligne. Alors, le central RTC supprime la sonnerie et met en liaison les deux correspondants. Lorsque la liaison est établie, on a pratiquement une ligne point à point.

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

7. Transmission de la voix

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



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). C'est surtout cette limitation de bande passante qui fait que l'on a du mal à saisir la différence au téléphone entre « b », « p » et « d ».

La variation de tension audio est de 5 à 500mV crête, générant une dynamique de 40dB très inférieure à celle d'un système Hi-Fi (70 – 90dB).

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 « antilocal » évite que le signal émis par le microphone ne soit transmis à l'écouteur.

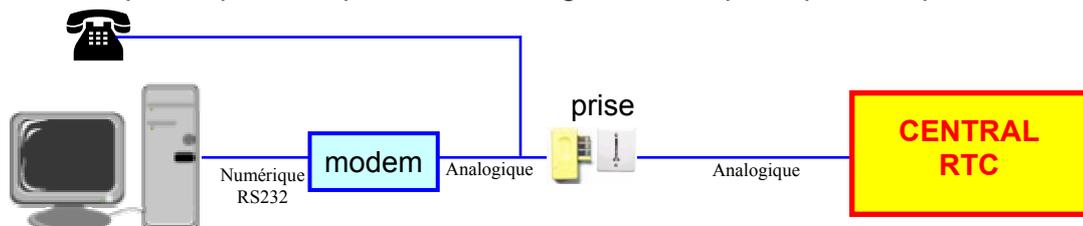
La communication s'effectue en duplex intégral, elle est bidirectionnelle, le courant sur la ligne étant la somme du courant continu et des deux courants variables émis par chaque poste.

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 a nouveau met en oeuvre la signalisation. La taxation est aussi arrêtée.

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

8. Transmission de données sur le réseau commuté

L'informatique tient aujourd'hui une place considérable dans l'utilisation du réseau téléphonique commuté. Le modem (contraction de modulateur-démodulateur) est l'interface qui permet de véhiculer des informations analogiques en convertissant les signaux numériques en signaux analogiques (MODulation) et vice versa (DEMODulation). L'ordinateur envoie des commandes au modem : initialisation, numérotation, raccrochage, le modem est alors en mode « commande ». Quand la liaison avec un autre modem est établie sur le réseau téléphonique commuté (RTC), le modem est placé en mode « données » et à l'émission transmet en modulant les données numériques émises par l'ordinateur en une fréquence porteuse sur la ligne téléphonique. En réception, le modem démodule l'information de la fréquence porteuse pour obtenir le signal numérique exploitable par l'ordinateur.



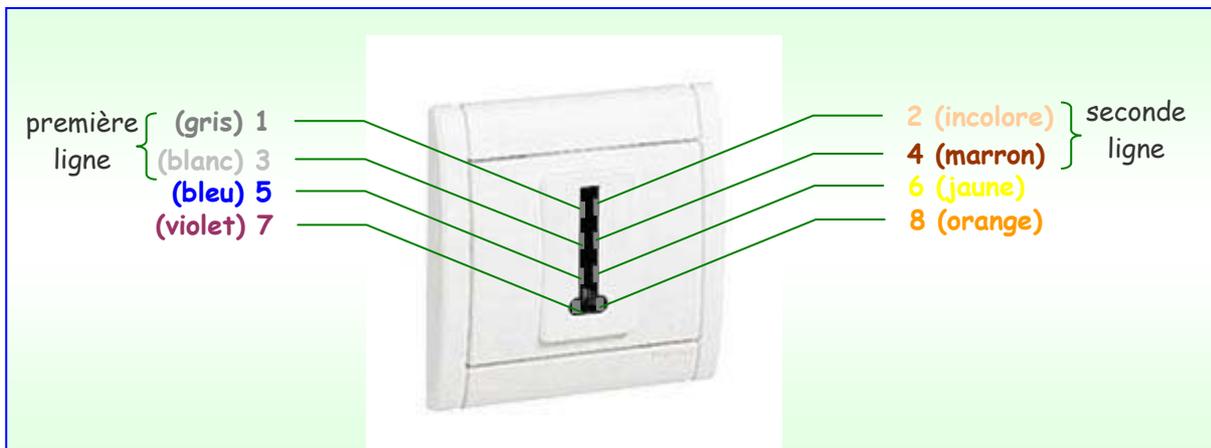
Les modems usuels, utilisés principalement par les particuliers, travaillent à des vitesses de modulation de 56k bauds (bits par seconde), via le réseau téléphonique. L'inconvénient de cette technologie réside dans le fait qu'un utilisateur naviguant sur le réseau Internet aura sa ligne de téléphone occupée, tant qu'il reste connecté au réseau.

9. Caractéristiques techniques

9.1. Prise téléphonique

La prise téléphonique femelle 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.



9.2. Câblage

