

DORKEL *Aymeric*
STARCK *Thomas*
1^{ère} S A

TPE

TRAVAUX PERSONNELS ENCADRES

Comment fonctionne le
réseau téléphonique en
France ?



PLAN DU DOSSIER

ØI. Historiques

1. L'évolution des moyens de télécommunication
2. Le principal opérateur téléphonique français : France Télécom
 - a) Histoire
 - b) Évolution des techniques
 - c) France Télécom en chiffres

ØII. Les bases du système téléphonique

1. Le téléphone
2. Câblages et prise
3. Fonctionnement général du réseau

ØIII. Le déroulement d'un appel

A. Situation au repos

- Fonctionnement électrique du téléphone
- Fonctionnement chez France Télécom

B. Lorsque l'utilisateur décroche

- Fonctionnement électrique du téléphone

C. Numérotation

- Numérotation décimale
- Numérotation par fréquence vocale
- Fonctionnement électrique du téléphone

D. Mise en communication

- Comment s'établit la communication selon le numéro de téléphone ?

E. Occupation et sonnerie

a) La ligne est occupée

- Fonctionnement du téléphone

b) La ligne est libre : sonnerie

- Fonctionnement électrique du téléphone
- Fonctionnement chez France Télécom

F. La communication

- Fonctionnement électrique du téléphone
- Principe du multiplexage numérique
- Fonctionnement chez France Télécom

G. La taxation

H. La fin de la communication

- Procédure de suppression de connexion

Ø IV. Les autres utilisations

1. Les fonctions RNIS
2. Internet

I. HISTORIQUES

1. L'évolution des moyens de télécommunication

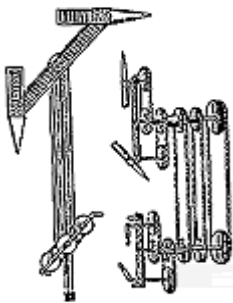


Depuis la nuit des temps, les hommes cherchent à transmettre des informations qu'elles soient visuelles ou sonores et à communiquer sans être handicapés par les distances qui les séparent. Les moyens de mettre en œuvre un réseau de transmission des informations ont été nombreux mais le premier d'entre eux naquit sous la Révolution française...

A cette époque la France est frappée par la guerre et a besoin d'un moyen de communiquer rapidement et discrètement des informations, c'est dans ce contexte que le physicien **Claude Chappe** (1763-1805) mit au point et présenta devant l'assemblée nationale le télégraphe optique en 1792.



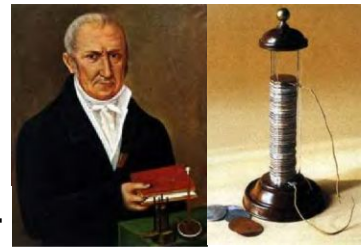
Claude Chappe



Le télégraphe optique

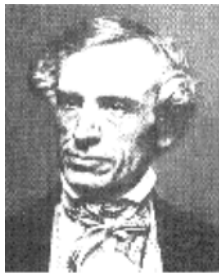
La première ligne de télégraphie appelée ligne Chappe est créée en 1794 et reliait Paris à Lille. Elle se compose de deux stations terminales entre lesquelles sont placées des stations relais. Ces dernières sont composées d'une colonne de fer de 4,55 m équipée d'un mat mobile au bout duquel deux bras en bois contrebalancés avec des poids en plomb pivotent afin d'adopter différentes positions qui désignent chacune un mot ou une expression. Le tout est contrôlé manuellement à l'aide d'un pupitre de commande placé au contrebas du système (voir illustration). Ce dernier a eu un réel intérêt car il permettait à des messagers postés à la frontière d'indiquer d'éventuels mouvements de troupes ennemies.

Descendant direct du télégraphe optique, le télégraphe électrique est le fruit des dernières innovations dont la pile mise au point en 1800 par le comte italien **Alessandro Volta**.



Alessandro Volta et sa pile

20 années plus tard, trois physiciens, **Oersted**, **Ampère** et **Arago** découvrent l'électro-aimant et montrent que l'électricité peut avoir une utilité certaine dans le domaine de la communication.



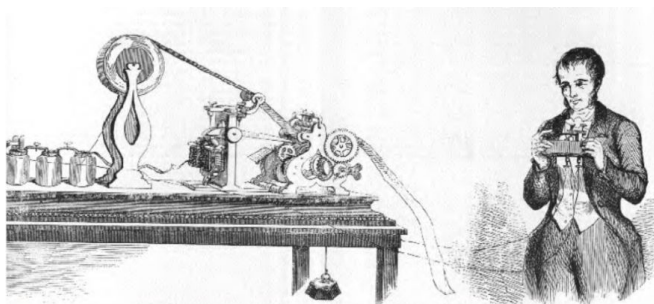
Samuel Morse

C'est ainsi que le scientifique américain **Samuel Morse**, recherchant un système simple et pratique pour transmettre des informations, réalise le 24 mai 1844 la première liaison de télégraphie électrique entre Washington et Baltimore. Son télégraphe exécute des signaux codés à l'aide d'un levier à ressort actionné à la main. Celui-ci en se levant ou se baissant provoque une ouverture ou une fermeture du circuit électrique qui est reproduite sur l'appareil récepteur à l'aide d'un signal sonore ou visuel. Le code dit Morse, inventé 15 ans après le télégraphe électrique pour normaliser le codage est composé de seulement 2 éléments : un signal long et un signal court, la combinaison de quatre d'entre eux désignant une des lettres de l'alphabet. Le réseau télégraphique est très rapide (équivalent à la vitesse de l'électricité soit 450 000 km/s) ne cesse de se développer dans les années 1850 avec la liaison transmanche installée en 1851 grâce à une technique qui permet d'isoler un câble électrique en milieu aquatique mise au point par l'allemand Siemens. En 1866, le réseau américain est long de près de 60 000 km et comprend 22 000 bureaux de télégraphiques.

Quinze années plus tard, la liaison trans-atlantique est opérationnelle, cette opération s'est effectuée avec l'aide du plus grand remorqueur de l'époque Le *Go-liath* sur lequel fut chargé un câble de 4000 km.



Bureau télégraphique sur le continent américain



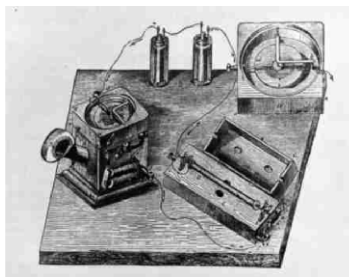
Morse présentant son télégraphe

Avec le chemin de fer, le télégraphe électrique est une cause et une conséquence de la révolution industrielle. Il bouleverse les échanges internationaux, permet l'émergence d'une communication mondiale et accélère la circulation de l'information.

Ce n'est qu'au milieu du XIX^{ème} siècle que le premier appareil capable de transmettre une information vocale voit le jour. En 1854, le français **Charles Bourseul** constate qu'en parlant devant une membrane, des vibrations pouvaient permettre de commander l'ouverture et la fermeture d'un circuit électrique. Ces impulsions peuvent être retransmises sur un second diaphragme qui reconstitue l'« enregistrement » initial. Ce système très révolutionnaire à l'époque mais de très nombreux désavantages subsistent : la qualité sonore très médiocre, les postes devant être reliés directement par câbles...



Charles Bourseul



Le téléphone de Reiss

En 1860, un instituteur allemand **Philippe Reiss** réalise un appareil capable de transmettre des sons musicaux au moyen de l'électricité. Il réussit à commercialiser son "téléphone" mais la qualité de son appareil reste insuffisante et ne permet pas de transmettre la parole. Reiss passe cependant très près de ce qui sera le vrai téléphone.

Le 14 février 1876 à Washington, **Alexander Graham Bell** et **Elisha Gray** déposent tous deux une demande de brevet de téléphonie. L'histoire officielle du téléphone retiendra néanmoins le nom de Bell qui sera le premier à commercialiser des liaisons téléphoniques d'un point à un autre un an après le dépôt de son brevet. C'est le premier téléphone capable de transmettre la voix humaine en respectant sa qualité et son timbre. Cette invention est composée d'un émetteur et d'un récepteur, reliés entre eux par un fil unique. Le microphone et l'écouteur comportent chacun un mince diaphragme en tissu et métal, ainsi qu'un aimant entouré d'un bobinage pour former un électro-aimant. Les ondes sonores, en heurtant le diaphragme, le font vibrer dans le champ électromagnétique ce qui génère avec la bobine du courant électrique proportionnel aux mouvements du diaphragme. Ce signal circule alors dans le fil de connexion pour rejoindre le téléphone-récepteur qui reproduit à l'aide des



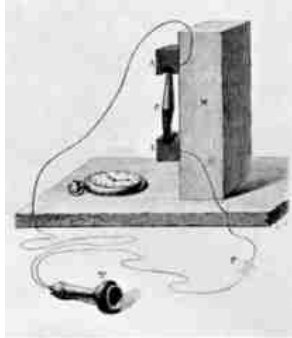
Graham Bell



Le téléphone de Bell

modifications d'intensité des champs magnétiques qui mettent en vibration de diaphragme, le son d'origine. Un gros désavantage d'un tel système est le volume faible de voix qui est émis au récepteur.

Pour pallier à ce problème, l'ingénieur américain **David Edward Hughes** invente la même année (1877) un téléphone composé d'un microphone à charbon qui fut le premier téléphone véritablement opérationnel et qui est encore quelques fois utilisé de nos jours. L'émetteur est formé de deux plaques métalliques entre lesquelles des grains de charbon sont présents.



Le microphone de Hughes

Lorsque l'on parle devant une des plaques, les ondes sonores sont alors retransmises aux grains de charbon ce qui a comme effet de modifier la résistance électrique et donc d'amplifier le volume sonore. Un des autres avantages de ce système est le fait que les deux correspondants possèdent chacun un dispositif d'émission et un dispositif de réception : cela permet de placer simultanément le microphone au niveau de la bouche et l'écouteur au niveau des organes auditifs.



David Edward Hughes

Les premières lignes téléphoniques suivent le développement du télégraphe et n'offrent que des liaisons point à point. La création de centraux de commutation, pour organiser un vrai réseau téléphonique devient rapidement une nécessité. En 1878, un premier standard téléphonique commercial est mis en service à Philadelphie.

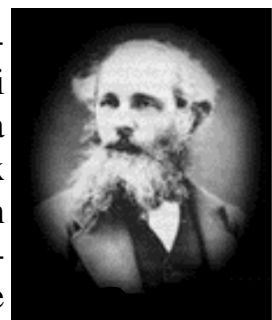


Strowger permettra, en 1891, l'extension du réseau téléphonique, grâce à la mise au point du premier système électromécanique de commutation. À l'aube du XX^{ème} siècle, le téléphone devient le signe de la modernité. Il envahit les bureaux et modifie considérablement la vie quotidienne à la ville comme à la campagne.

En 1870, le mathématicien britannique **Maxwell** démontre que les ondes électromagnétiques voyagent aussi bien dans le vide que dans la matière, à la vitesse de la lumière. Il ouvre la voie aux futures découvertes en radiotélégraphie, en radiotéléphonie puis, plus tard, en radiodiffusion. L'allemand Heinrich Hertz prolonge l'idée de Maxwell et montre, en 1887, comment fabriquer des ondes, que l'on allait, bientôt, appeler ondes hertziennes.



Heinrich Hertz



James Maxwell

En 1890, **Branly**, professeur de physique à Paris découvre les propriétés de la limaille de fer et invente le "cohéreur", appareil qui détecte les ondes électromagnétiques. L'ingénieur russe **Popov**, lui, conçoit l'antenne radioélectrique. Mais c'est le physicien **Marconi**, qui, en 1895, réalise les premières expériences de radio.



Guglielmo Marconi



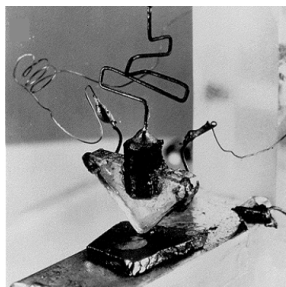
La première triode

Marconi a besoin d'argent pour fiabiliser son système et le mettre sur le marché. Il trouvera cet appui auprès de sa famille pour fabriquer et commercialiser les premiers postes TSF. Cette invention est directement liée à une révolution pour la télécommunication : l'électronique. Cette dernière s'est faite en 1906 avec l'invention de la triode par **Lee de Forest**.

Au cours des années 20, des stations de radiodiffusion se créent dans le monde entier, offrant au grand public un nouveau média mais au même moment apparaissent les premiers prototypes de télévision mais nous ne nous attarderons pas sur ces deux moyens de communication qui sont assez éloignés du téléphone et qui ne permettent un transfert d'information dans les deux sens.



Le radiovisor, un ancêtre de la télévision

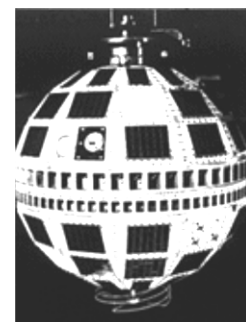


Le transistor de Neumann

On assiste à l'avènement de l'électronique avec l'invention du transistor, en 1947, puis celle des circuits intégrés, dans les années 1960. En 1949, l'américain **Von Neumann** met au point le premier ordinateur. La naissance de l'informatique est liée à la numérisation de l'information. Cette technique rend possible la communication des données à distance. En 1961, l'invention du laser est à l'origine des travaux sur la fibre optique. La création

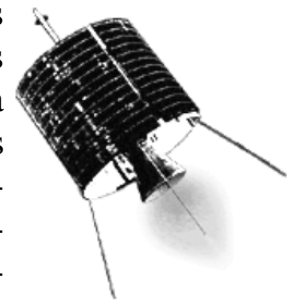
du premier micro-processeur, en 1971, permet la miniaturisation des matériels informatiques et leur pénétration dans les techniques de télécommunications.

Les progrès techniques accomplis au cours des années 1950-1960 permettent au téléphone, un siècle après le télégraphe, de traverser à son tour l'Atlantique. Le premier câble transatlantique, **TAT 1**, est installé en 1956. A la même époque on envisage la transmission de communications téléphoniques par satellite. Après plusieurs expériences menées par les américains au cours des années cinquante, un premier satellite de télécommunications est lancé en 1962 : **Telstar**.



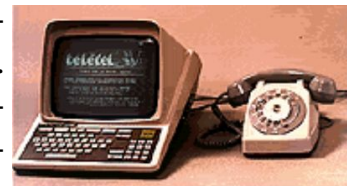
Le Telstar

C'est un satellite de défilement: il n'est utilisable que dans un laps de temps réduit. Au cours de la nuit du 10 au 11 juillet 1962, les premiers échanges d'images entre Andover, aux États Unis, et Pleumeur Bodou, en Bretagne, ont lieu dans la station installée par le CNET. Peu après, on inaugure les communications téléphoniques intercontinentales via satellites. A partir de 1965, sont lancés des satellites géostationnaires, le premier se nomme Intelsat 1. L'ère des télécommunications spatiales est désormais ouverte.



Intelsat 1 dit Early Bird

Le rythme de l'innovation s'est considérablement accéléré depuis la fin des années 60. Il a provoqué la convergence des télécommunications, de l'informatique et de l'audiovisuel. Dans ce sens, on parle aujourd'hui des NTC, des nouvelles technologies de la communication. Ces techniques, dans l'ensemble de leur diversité, ont pénétré notre espace professionnel et notre espace privé, notamment par l'intermédiaire de la télématique, avec le lancement, par France Télécom (voir chapitre I,2), en 1983 du Minitel et dans le domaine de la radio-communication un siècle après les premières expériences dans le domaine de la radio-électricité, avec le téléphone mobile et la radio messagerie.



Le minitel

Le Minitel a eu un rôle majeur puisqu'il a permis d'initier les Français à la communication électronique devant un écran et un clavier. Son fonctionnement est simple : il va chercher de l'information sur un serveur, information ensuite rapatriée sur un écran. C'est bien entendu l'ancêtre d'Internet qui aujourd'hui est devenu un média indispensable. Il est né l'ARPANET initialement conçu à un usage militaire mais qui se diffuse plus largement dans la communauté scientifique et dans le monde universitaire américain. Vers 1970, plusieurs universités sont interconnectées et découvrent ainsi l'utilité d'un tel réseau c'est de là qu'est né le courrier électronique (e-mail), qui permet de partager les informations en temps réel.



Capture d'écran du minitel



La fibre optique

Dans les années 70, la numérisation permet de véhiculer, en même temps, plusieurs communications sur une même ligne et assure également l'intégration des services, en transmettant sur une même ligne des informations de nature différente: voix, image, écrit, donnée. La France, jouant un rôle de pionnier, propose dès la fin des années 80, la connexité numérique sur tout son territoire et commercialise, sous le nom de Numéris le premier Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS-voir Chapitre IV,1)

Internet (Chapitre IV - autres utilisations) naît ainsi au même moment que le Minitel. Mais les chemins de ce dernier et de l'Internet vont être différents.



Capture d'écran d'une page internet

D'emblée, Télétel est conçu pour des applications "grand public", Internet, quant à lui, limite sa portée au monde de l'Université et de la Recherche ce qui explique que son développement passe tout d'abord inaperçu. Ce n'est que dans les années 1990 que se forme réellement la toile d'araignée planétaire avec la création de navigateurs permettant de « surfer » sur internet. Depuis, cet outil s'est développé, offrant plus de services à plus de

personne. Il faut aussi noter l'apparition du haut-Débit avec la technologie ADSL qui permet de télécharger rapidement des grosses quantités d'informations.

En 1993 s'ouvrent les premiers réseaux français de radiotéléphone GSM (*Global System for Mobile*) qui utilisent les ondes radios pour transmettre les informations d'un lieu à un autre sans utilisation de câbles. Ces dernières ne se limitent pas à des simples conversations téléphoniques mais se présentent aussi sous forme de texte (SMS) ou même d'image ou vidéos actuellement. Ce mode de communication connaît un succès considérable et le milliard d'abonnés au téléphone cellulaire est sur le point d'être franchi Le WAP (*Wireless Application Protocole*) est un dérivé d'internet et permet aux téléphones portables d'accéder à des services s'apparentant à des sites WEB.



Un téléphone de la gamme Nokia

2. Le principal opérateur téléphonique français : France Telecom



a) Histoire

Avec le réseau de Chappe se met en place, non seulement un réseau organisé et hiérarchisé de télécommunications, mais aussi une administration. Une loi instaure, en 1837, le monopole d'État sur le réseau de télégraphie optique qui servira de base à l'élaboration du statut juridique des systèmes de communications futures. Dans un premier temps, les services de télécommunications sont rattachés au ministère de l'Intérieur.

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DES TÉLÉPHONES

Société Anonyme Capital 8,650,000 Francs.
SYSTÈMES EDISON, GOWER ET AUTRES

A partir de 1878, avec la création d'un ministère des Postes et Télégraphes, l'administration des télégraphes est absorbée par les services postaux. Jusqu'au début des années 1970, les services de télécommunications n'ont qu'une importance relative au sein de l'organisation globale de l'administration. Lorsque le téléphone apparaît, en France, en 1878, il est concédé à une société privée : la société générale de Téléphones (SGT). En 1889, le téléphone est nationalisé, mais est rattaché au télégraphe, au sein du "service du matériel et de l'exploitation électrique". Ce n'est qu'en 1909 que sont créées deux directions recouvrant clairement les activités de télécommunications : une direction de l'exploitation télégraphique et une direction de l'exploitation téléphonique.

Il faut attendre la seconde guerre mondiale pour que les Pouvoirs Publics prennent conscience de l'importance de la recherche et du développement en télécommunications. En 1941, la Direction des Télécommunications est créée au sein du ministère des PTT, ce dernier ayant gagné son deuxième T pour "téléphone" en 1923. Le Centre National d'Études des Télécommunications (CNET) voit le jour en 1944. On assiste, ainsi, à la reconnaissance de la spécificité des services de télécommunications, même s'ils restent sous l'emprise des services postaux.



Pose d'un câble téléphonique dans les années 50

Dans les années 1970, face à une demande en équipements téléphoniques de plus en plus croissante un réaménagement des structures est mise en place. Le rôle de la Direction Générale des Télécommunications (DGT) est affirmé et un service du personnel différent de celui de la Poste reconnaît la spécificité des métiers et des carrières aux Télécommunications. L'autonomie des Télécommunications s'amorce. En 1988, la DGT prend le nom de *France Télécom*. Mais ce n'est que le 1er janvier 1991 que *France Télécom* devient exploitant autonome de droit public.

b) Évolutions des techniques

Les techniques et les réseaux ont évolué de manière impressionnante au fil des années. Au début du siècle les « Demoiselles du téléphone » se chargeaient d'établir les communications entre les correspondant mais l'automatisation des centraux ne va pas se faire attendre et dès 1920 les standardistes disparaissent pour laisser place à des métiers de la télécommunication plus techniques. Ces derniers vont être une nouvelle fois bouleversés avec l'électronisation du réseau vers 1960. Dans les années 1980, les télécoms disposent d'un réseau bien implanté et techniquement performant. Ils amorcent une phase de développement et veulent proposer autour du téléphone une gamme étendue de produits et de services nouveaux. C'est ainsi qu'en 1981, les premières expérimentations avec la fibre optique sont entamées et que la télécommunication française se lance dans l'aventure de la télématique et propose à partir de 1983 le Minitel. Une année plus tard est lancé le premier satellite de télécommunication français : Télécom 1A.



Un pack ADSL

Il faut aussi noter l'implication de *France Télécom* pour le nouveau média qu'est internet avec l'ouverture de la filiale Wanadoo en 1997 qui à partir de 2000 est coté à la bourse de Paris. Une nouvelle fois, *France Télécom* a le souci d'offrir le meilleur de la technologie avec la commercialisation de forfaits ADSL (voir chapitre IV - 2)

En 1986, s'effectuent les début de la radio-télécommunication avec l'ouverture d'un réseau permettant le dialogue entre des correspondant en voiture : Radiocom 2000. En 1991, l'ouverture du réseau GSM (*Global System for Mobile*), dans un premier expérimental, va permettre le développement du téléphone portable qui s'est soldé par l'achat de l'opérateur mobile britannique Orange en 2000 pour constituer le second réseau de radio-communication européen.

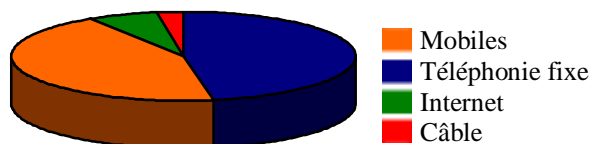


c) France Télécom en chiffres

Aujourd'hui, France Télécom compte près de 92 millions d'abonnés dans le monde, voici la répartition de ces derniers selon les différents services et la localisation du client.

	1999	2000	2001	Évolution
Télécommunications Mobiles (milliers d'abonnés)				
- France	10 051	14 311	17 823	24,50%
- Europe (hors France)	2 752	15 832	20 520	29,40%
- Monde (hors Europe)	1 253	2 906	4 841	66,60%
Téléphonie Fixe (milliers d'abonnés)				
- France	34 056	34 114	34 151	-
- Europe (hors France)	1 168	1 937	2 549	31,60%
- Monde (hors Europe)	2 457	3 167	3 308	4,50%
Internet (milliers d'abonnés)				
- France	1 016	1 831	3 001	63,90%
- Europe (hors France)	374	679	3 128	360,80%
- Monde (hors Europe)	58	132	208	57,20%
Câble (milliers d'abonnés)				
- France	709	769	824	7,20%
- Europe (hors France)	1 076	1 328	1 351	1,70%

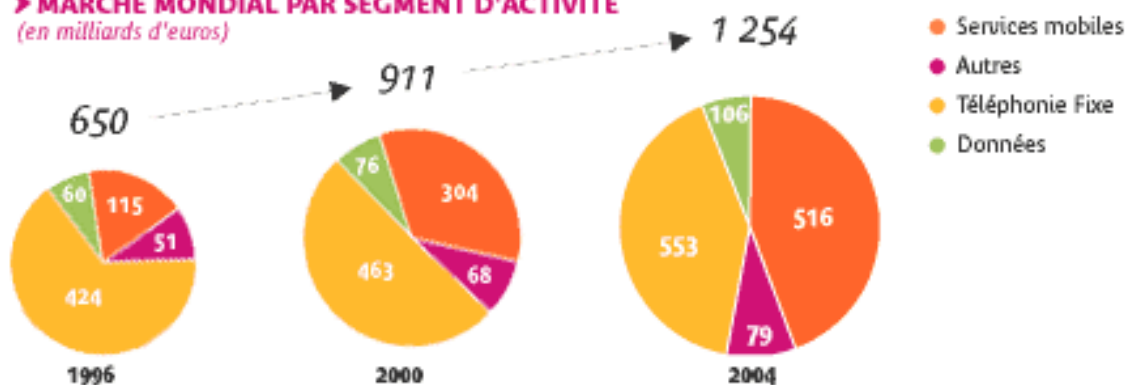
Répartition des clients en fonction des services

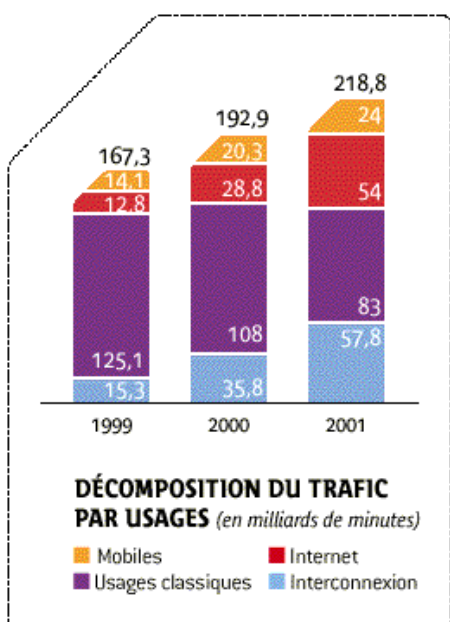


De ces documents se dégage un gros point : on peut observer que la téléphonie mobile est devenue l'activité principale de France Télécom avec 40 Millions d'abonnés et ceci grâce à l'ouverture de l'entreprise au niveau européen et même planétaire qui permet au groupe de desservir 35 millions de clients étrangers.

veau européen et même planétaire qui permet au groupe de desservir 35 millions de clients étrangers.

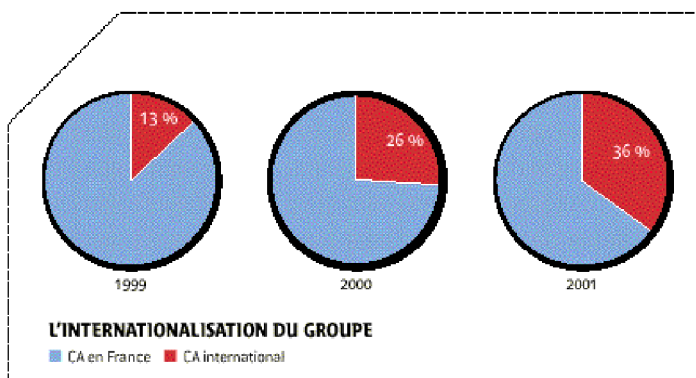
► MARCHÉ MONDIAL PAR SEGMENT D'ACTIVITÉ (en milliards d'euros)





Au fil des années les domaines d'utilisation de la ligne téléphonique ont bien changés et le marché des télécommunication suit ces tendances en modifiant ces priorités de vente et créant de nouveaux services afin d'utiliser la ligne téléphonique existante dans des nouveaux domaines. Ceci se ressent dans la décomposition du trafic et le trafic « fixe » ne cesse de diminuer par rapport à d'autres utilisations.

L'internationalisation de France Télécom a permis d'augmenter de façon considérable le chiffre d'affaire international. Ceci est dû à l'implication de l'entreprise dans les nouveaux moyens de télécommunication et à une distribution plus étendue.



II. Les bases du système téléphonique

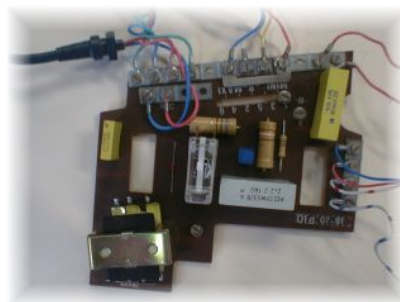
1. Le téléphone



Nous allons étudier le fonctionnement général d'un téléphone et notamment du point de vue électronique avec une description de chacun des composants le constituant. Pour faciliter les explications nous avons opter pour un téléphone datant des années 80, un modèle France Télécom S63, dans lequel le circuit électronique est clairement visible...

LES COMPOSANTS

Le circuit imprimé est la base du téléphone. Il supporte tous les éléments et permet leur fonctionnement. C'est sur un de ses connecteurs qu'est branchée la ligne téléphonique. On trouve parmi les composants des résistances, des condensateurs, un transformateur et un interrupteur. Leur fonction est détaillée sur la page suivante.

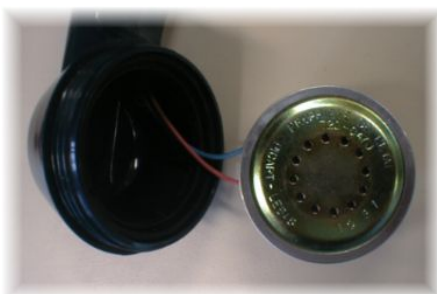


Circuit imprimé du téléphone



Arrière du clavier

Le **clavier** permet la composition des numéros. Sur ce modèle de téléphone on peut trouver deux générations de systèmes de numérotation, décimal et à fréquences vocales. Le modèle présenté est à fréquences vocales, donc doté d'un circuit électronique qui sert à la générations de ces fréquences.



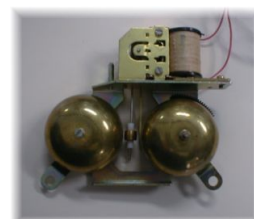
Haut-parleur du combiné

Le **combiné** contient un haut-parleur et un micro, côté câble. Ils permettent respectivement la transformations des signaux électriques analogiques en signaux audibles, et vis-versa.

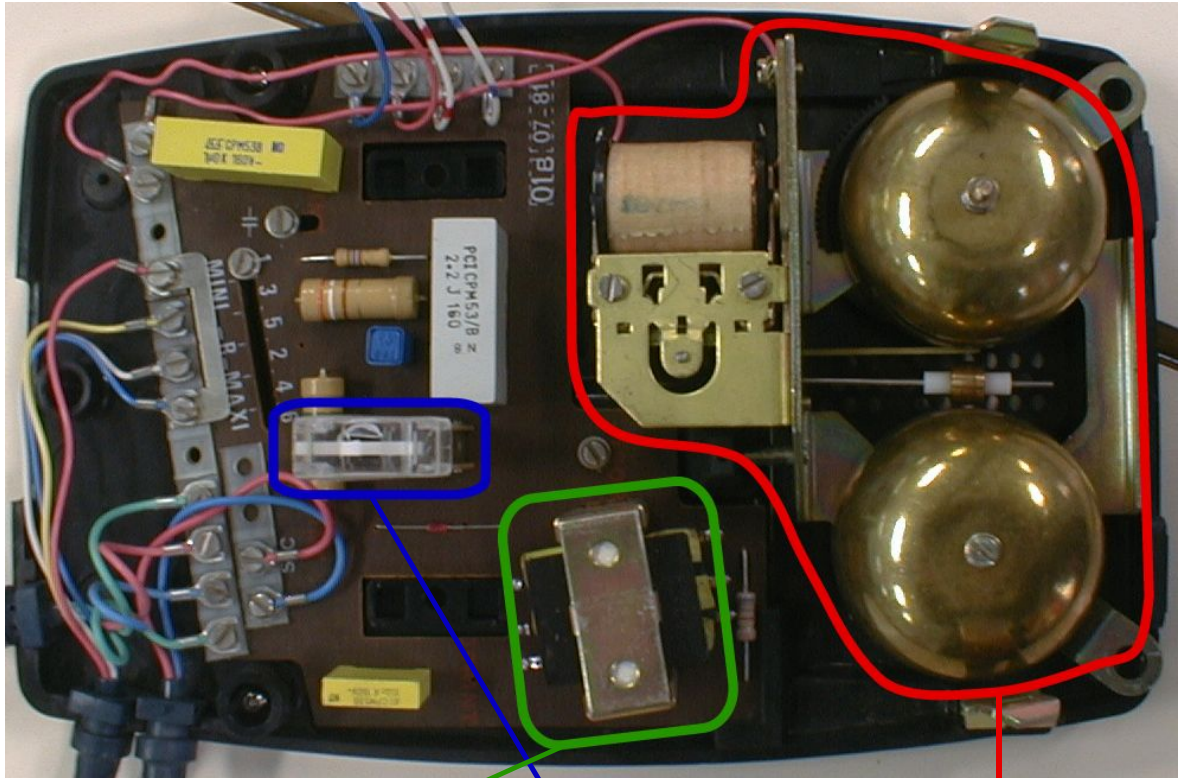


Micro

La sonnerie permet la signalisation des appels entrants à l'utilisateur. La prise en main du combiné fait cesser la sonnerie et permet la communication.



Sonnerie mécanique



Transformateur:

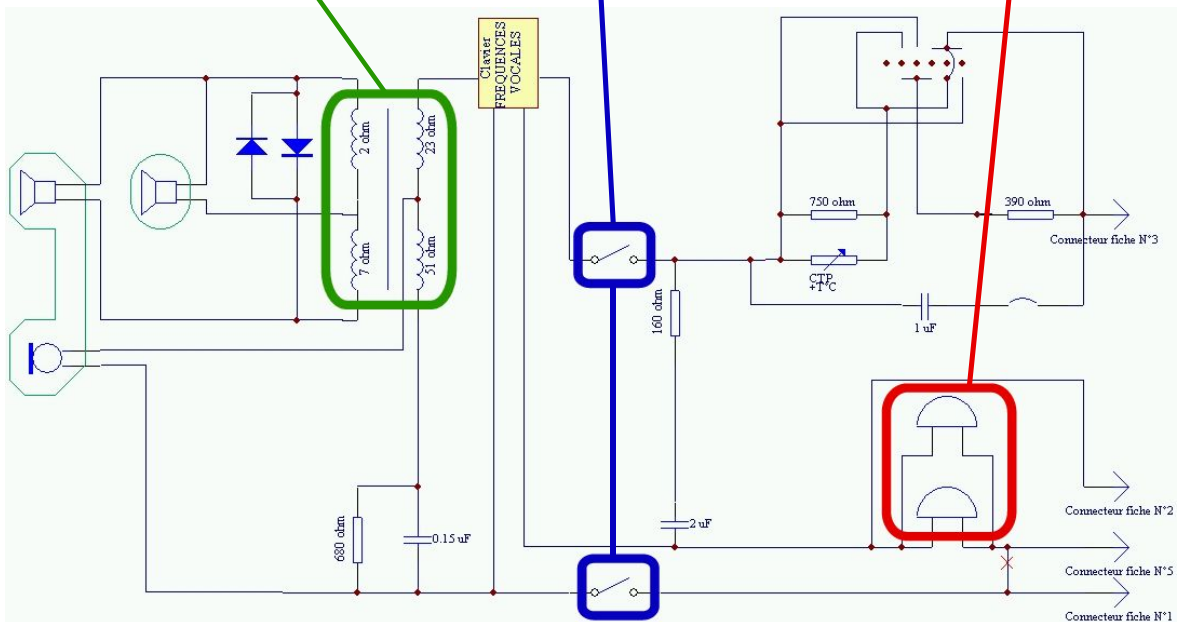
Il permet d'adapter l'impédance, de séparer la composante continue de la composante alternative du signal et d'atténuer l'effet local.

Interrupteur:

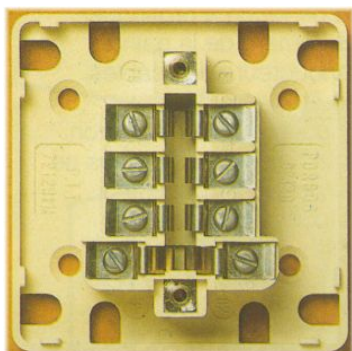
Ouvert lorsque le combiné est raccroché, sa fermeture au décroché permet de connecter les parties actives du téléphone à la ligne lorsque l'on reçoit ou que l'on passe un appel.

Sonnerie:

Il s'agit d'un électro-aimant, alimenté lors des trains de sonnerie en 90Hz et produisant un son d'une fréquence de 25 à 50 Hz grâce aux chocs d'un martelet sur les cloches.



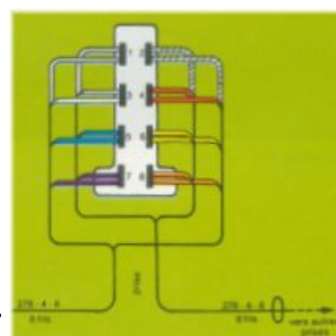
2. Prises et câbles



Prise encastrable ouverte

Les prises téléphoniques actuelles sont munies de 8 lamelles à vis, destinées à accueillir les 8 fils du câble. Il existe deux type principaux de prises téléphoniques, sur socle, boîtier apparent, ou encastrables, destinées à être logées dans une réservation d'un mur. La fiche du S63 n'utilisait que 6 connecteurs.

Chaque fil à une position précise dans la prise. Lorsque l'on dispose de plusieurs prises pour une même ligne, celles-ci sont connectées « en dérivation », c'est à dire que tous les mêmes plots de chaque prise sont raccordés à une couleur de fils.

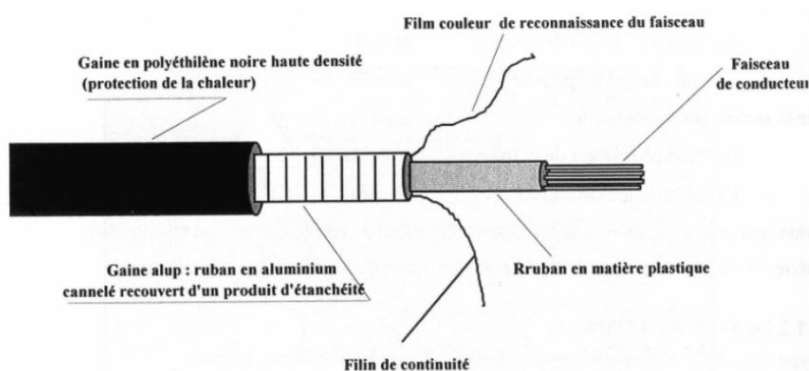


Connexion d'une prise



Un câble d'abonné

Un câble téléphonique d'abonné est composé de 4 paires de fils. Les couleurs des fils appariés sont gris et blanc, incolore et bleu, orange et jaune et violet et marron. Les paires sont torsadées par fils puis entre elles pour obtenir l'impédance voulue. Il permet le raccordement à une borne publique. De plus gros câbles (en général 256 paires) relient ces répartiteurs aux centraux téléphoniques.



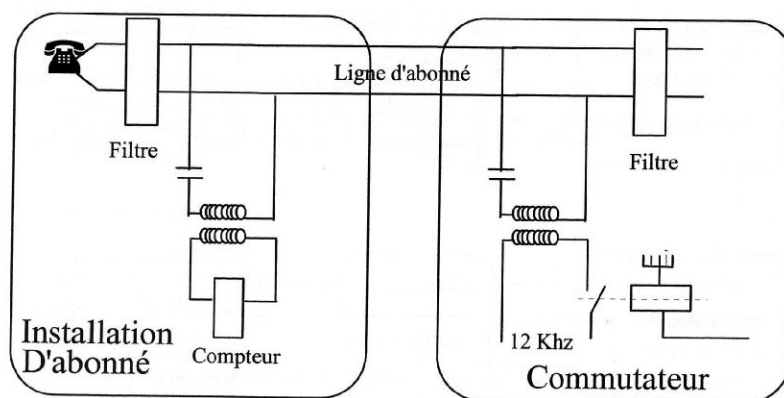
Constitution d'un câble extérieur

Les fils de ces câbles sont entourés de plusieurs couches protectrices leur assurant une meilleure résistance aux conditions climatiques (chaleur et gel) et mécaniques (torsion et élongation).

Comme le montre le schéma d'un téléphone, une ligne téléphonique à besoin de deux fils pour fonctionner. On peut alors se demander pourquoi les câbles actuels sont composés de 8 fils. Ils sont tout d'abord destinés à recevoir deux lignes. Ensuite, pour chaque ligne, deux fils sont nécessaires à la boucle locale, connexion avec France Télécom, et deux autres sont destinés au système d'« anti-tintement ». Lorsque plusieurs téléphones sont raccordés sur une même ligne, ce système évite que les impulsions, soit lors de la numérotation décimale, soit lors d'un décroché-raccroché, fassent tinter les sonneries des postes raccrochés.

La boucle locale

Le terme « boucle locale » désigne la liaison entre l'abonné et le central téléphonique. Chaque abonné est relié à un commutateur, système permettant l'alimentation du téléphone et la liaison avec les autres installations du central téléphonique, comme par exemple les équipements Internet haut-débit. Autrefois, l'abonné pouvait demander l'installation d'un compteur de taxes à domicile. Ceci nécessitait un équipement au central téléphonique qui superposait une composante de 12 kHz à la communication à chaque impulsion de taxe.

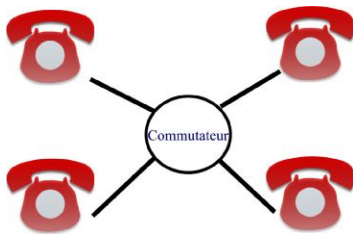
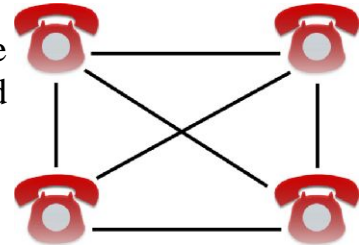


Principe du commutateur

3. Fonctionnement général du réseau téléphonique

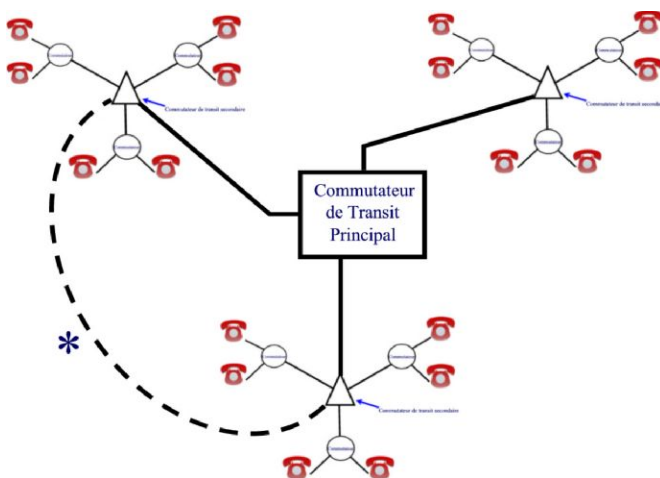
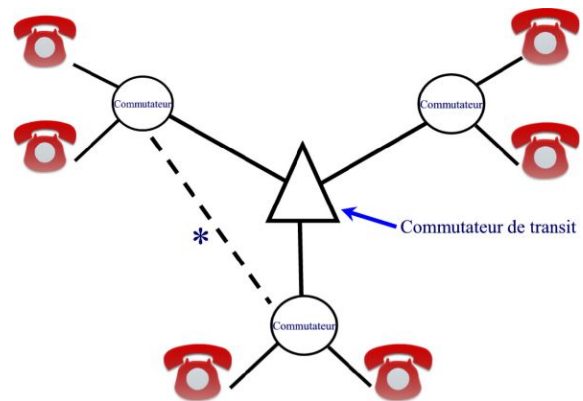
Un téléphone ne serait d'aucune utilité s'il n'était relié à aucun autre téléphone. C'est pour cela qu'un réseau téléphonique a été établi par France Télécom. Mais comment relier 35 millions d'abonnés entre eux ?

Si on voulait relier ces abonnés directement entre eux, il faudrait tirer plus de six millions de milliard de câbles.



Pour palier à ce problème, des commutateurs d'abonnés ont été mis en place. Il y en a en France environ 1200. S'ils étaient reliés 2 à 2, il faudrait tout de même 720 000 liens.

France Télécom a donc installé des commutateurs de transits. Il y en a environ 70 sur tout le territoire français.



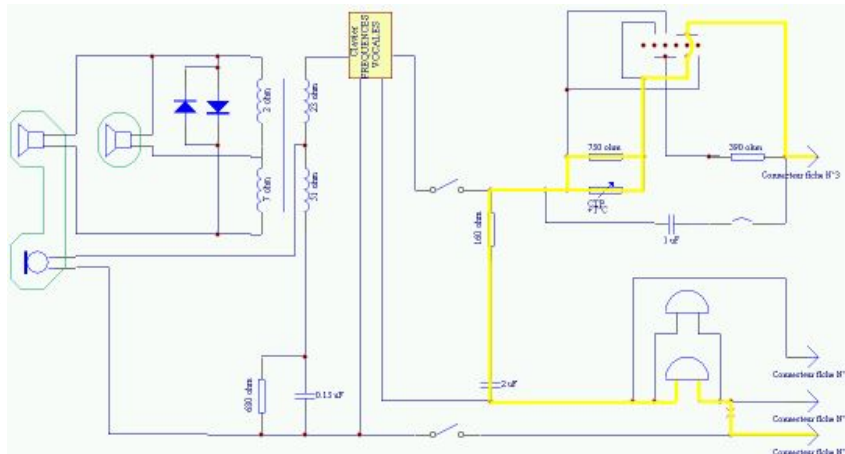
Pour parfaire son réseau, l'opérateur a également mis en place des Commutateurs de transit principaux. Ils sont au nombre de cinq, un pour chaque zone, respectivement à Paris, Nancy, Lyon, Bordeaux et Rouen.

Bien entendu, il existe également des liaisons reliant des commutateurs de transit ou d'abonnés entre eux. Celles-ci sont établies en fonction des nécessités commerciales et représentées par des * sur les schémas.

III. Le déroulement d'un appel

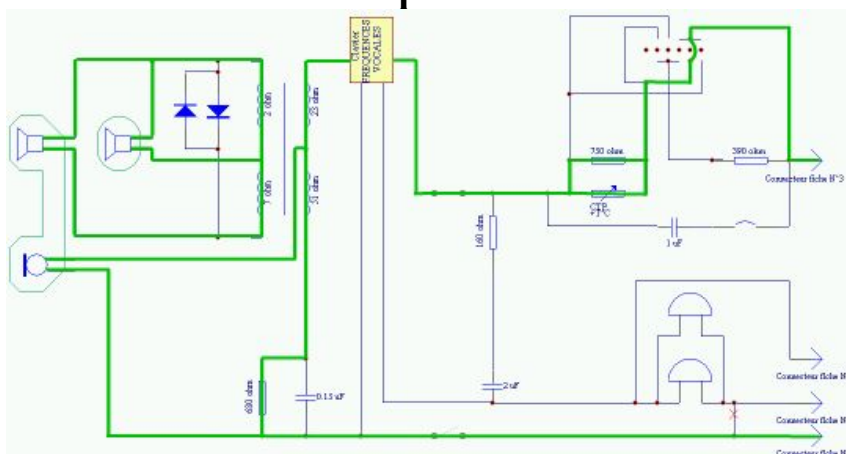
A. Situation au repos

Au repos, le téléphone est alimenté par une tension continue de 48V, qui lui est transmise par le commutateur du central téléphonique. Celle-ci le traverse en suivant le parcours indiqué en jaune, jusqu'à ce que le condensateur de 2 micro-farad soit chargé. Alors, le téléphone ne laisse plus passer aucun courant continu.



Dans cette situation, France Télécom peut compter le nombre de téléphones connectés à la ligne d'un abonné, en détectant le nombre de capacités présentes.

B. Lorsque l'utilisateur décroche



Lorsque l'utilisateur décroche, les 48V de la ligne permettent à un courant de traverser le téléphone. Ce dernier possède une résistance de 680 ohm, que le central téléphonique peut détecter. A ce moment,

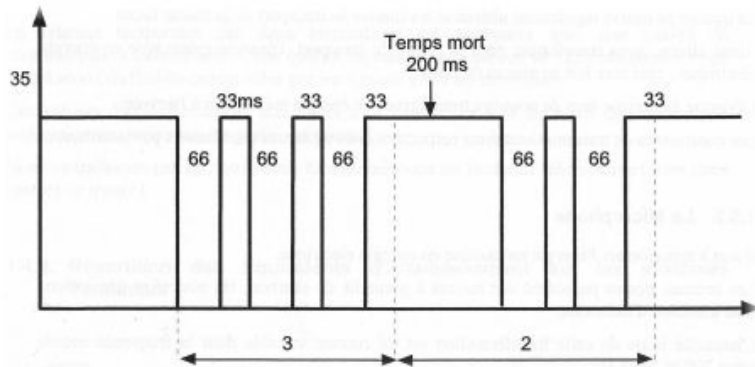
ce dernier va envoyer une tonalité sur la ligne, lorsque ses équipements de commutation sont disponibles pour indiquer à l'utilisateur qu'il peut commencer à composer un numéro. Le courant emprunte le circuit vert du schéma et alimente micro et clavier.

C. Numérotation

Il existe deux systèmes de numérotation actuellement compatibles, le système décimal et le système à fréquences vocales. Le second est présent sur la majorité des téléphones et donne accès à des services complémentaires.

Numérotation décimale

Ce système est basé sur des changements d'états de la ligne. Il comporte une succession calibrée d'ouvertures et fermetures de ligne que France Télécom détectera. Un équipement comptera le nombre d'impulsions qui correspond au numéro composé par l'abonné.

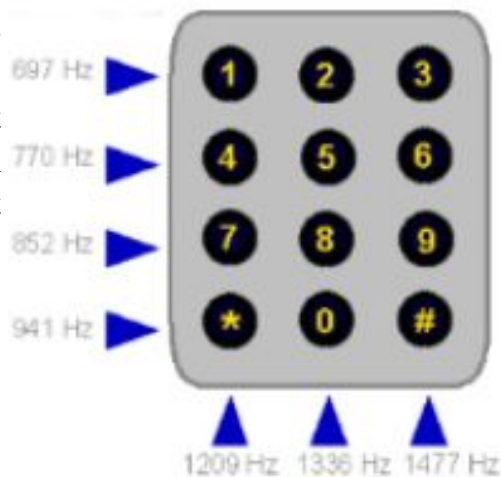


Exemple de signal provoqué par numérotation décimale

Les chiffres du numéro sont composés un à un, avec entre chacun d'eux un temps mort minimum de 200 ms. Chaque chiffre est constitué d'une suite d'impulsions, chacune formée d'une ouverture de 66 ms et d'une fermeture de 33 ms. Le graphique ci-contre représente la composition du numéro 32.

Numérotation par fréquences vocales (ou Digitone)

Avec cette technique, les différents numéros sont identifiés par des sons, mélanges de deux fréquences. Ce système est plus complexe à mettre en œuvre d'un point de vue électronique, mais il permet un gain de temps considérable. A chaque horizontale du clavier correspond une fréquence inférieure à 1 kHz et à chaque colonne une fréquence supérieure à 1 kHz. Par exemple, le numéro 6 sera le mélange des fréquences 670 et 1477 Hz. Lorsque l'on compose un numéro, on peut entendre les sons correspondants aux différents chiffres. France Télécom reconnaît ces fréquences et les interprète. Lors d'un appel vers un serveur automatique, ces mêmes touches permettent de provoquer des actions à distance.



Fréquences utilisées pour la numérotation digitone

Depuis que France Telecom ne dispose plus du monopole des communications téléphoniques en France, l'un des chiffres des numéros de téléphone indique l'opérateur à utiliser pour la communication. Les liaisons locales sont toujours gérées par France Télécom.

E	Opérateur
0	France Télécom
2	SIRIS
4	Télé 2
5	GTS
7	Télécom Développement
8	France Télécom
9	9 Télécom

Significations de l'indicatif « E »

Pour les appels « classiques », le chiffre « Z » correspond à la zone de destination de l'appel. Par exemple, si Z=3 (dans 03 88 ...), le destinataire se situe dans le Nord-Est de la France.

L'indicatif « Z » peut aussi indiquer les numéros à tarifications spécifiques. Celles-ci sont détaillées dans la partie « tarification ».

Les numéros « Internet », « Kiosque » et « Passerelles » sont destinés à des utilisations via un ordinateur.

Z	Description
1	Ile de France
2	Nord-Ouest
3	Nord-Est
4	Sud-Est
5	Sud-Ouest
6	mobiles (GSM, pagers)
7	portables
8	Numéros non géographiques - non mobiles
080B	Numéros "Verts" ®
081B	Numéros "Azur" ®
082B	Numéros "Indigo" ®
860	Accès Internet
868	Accès Internet
089B	Kiosque et "passerelles" Transpac
9	pas encore attribué

Significations de l'indicatif « Z »

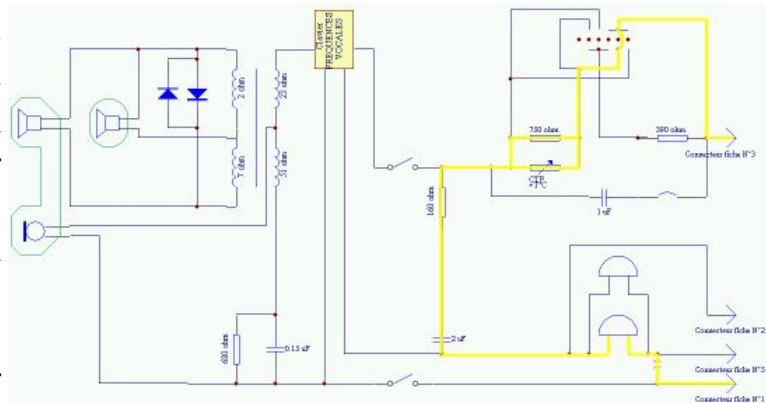
E. Occupation et sonnerie

a) La ligne est occupée

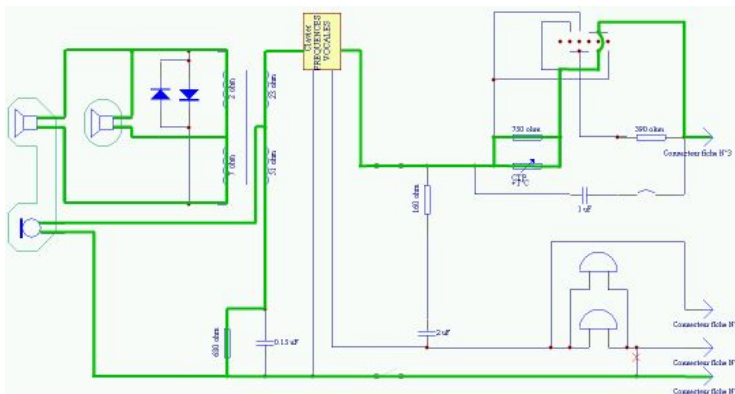
Lorsque le ligne du destinataire de l'appel est déjà occupée par une autre communication, un signal d'occupation est envoyé sur la ligne de la personne ayant numéroté. Celui-ci était tout d'abord une fréquence intermittente, aujourd'hui il s'agit d'une mélodie.

b) La ligne est libre: sonnerie

La sonnerie est un courant d'une fréquence de 90 Hz et d'une tension d'environ 80V envoyé sur la ligne. Celui-ci peut traverser le téléphone selon le tracé jaune, car comme il s'agit d'un courant alternatif, le condensateur de 2 micro-Farad ne lui oppose aucune résistance. Il va mettre en action la sonnerie du téléphone, qui va émettre une fréquence audible de l'ordre de 30 Hz sur le modèle étudié. Celle-ci prévient l'abonné d'un appel entrant. Lorsqu'il décrochera, France Télécom mettra en relation les deux équipements téléphoniques.



F. Communication



Lorsque les deux abonnés peuvent communiquer, les signaux présents sur la ligne sont constitués de la tension d'alimentation du téléphone, 48V en courant continu, à laquelle se rajoutent les oscillations du signal sonore à transmettre.

Pour limiter le nombre de câbles nécessaires à la transmission des communications, France Télécom a mis en place des systèmes de regroupement, dont le principal est le Multiplexage Numérique.

Principe du multiplexage Numérique:

Un mathématicien, Shannon, a démontré que l'on peut reconstituer à distance un signal à partir de prélèvements effectués à une fréquence d'au moins le double de la fréquence du signal d'origine.

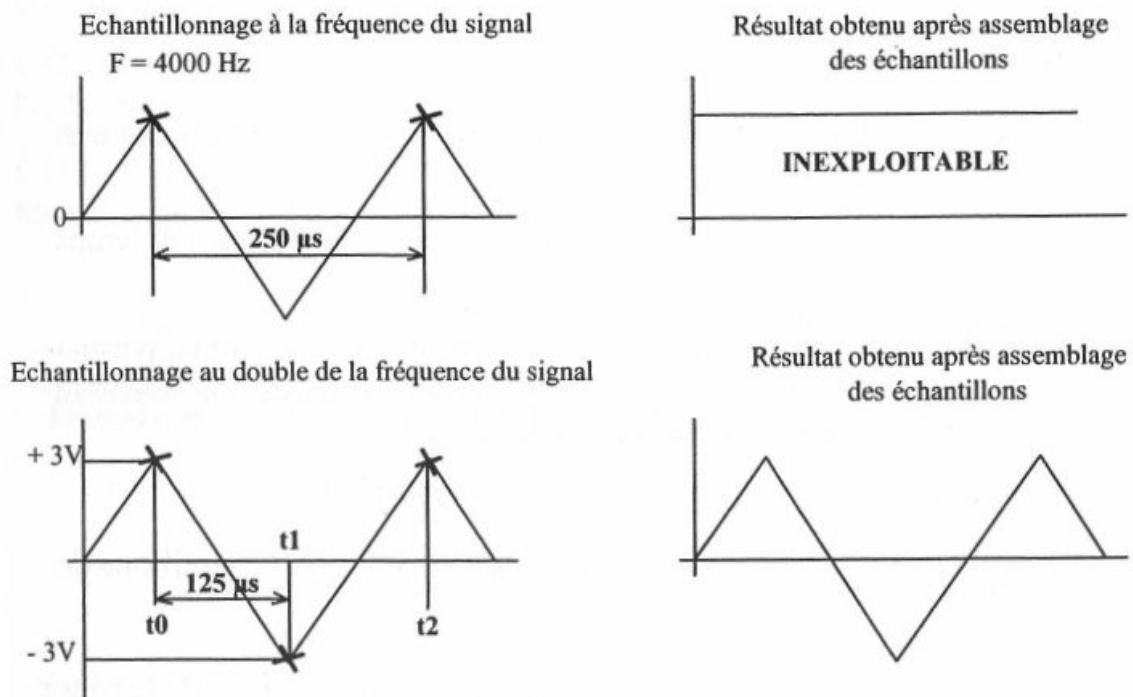
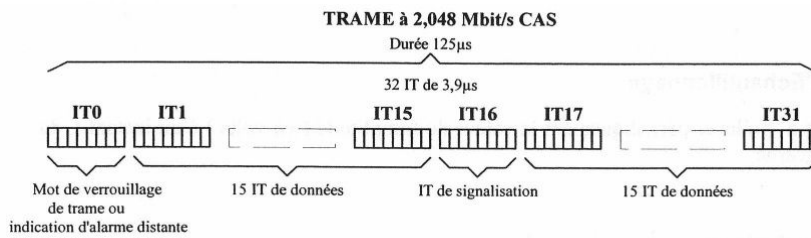


Illustration du théorème de Shannon

Chez France Télécom, chaque prélèvement est codé sur un octet, c'est à dire sur 256 niveaux d'échantillonnage différents. L'opérateur national garantit la transmission des sons entre 300 et 3400 Hz, et c'est pour être certain de couvrir toute cette gamme de fréquences que les fréquences prises en compte pour les calculs vont de 0 à 4000 Hz. D'après le théorème de Shannon, la fréquence d'échantillonnage doit donc être de 8000 Hz, soit un échantillon pris toute les 125 micro-secondes. De même, pour garantir une qualité optimale, le temps de prélèvement de chaque échantillon est de 3.9 micro-secondes, ce qui correspond au temps de réaction des composants les plus lents mis en jeu. Il faut donc, pour transmettre chaque communication, un débit de 64 Kb/s. Les canaux utilisés par France Télécom peuvent véhiculer 2Mb/s, soit un maximum théorique de 32 communications simultanées.

En réalité, 30 communications simultanées sont transmises sur ces Trames, car plusieurs octets sont nécessaire pour le bon fonctionne-



Composition d'une trame transmettant 30 communications simultanément

ment du système, comme l'indique le schéma ci-dessus. Comme un décalage de seulement un octet entre l'émetteur et le récepteur du flux serait fatal, toutes les communications étant décalées, il a été nécessaire d'introduire un octet de verrouillage trame.

Le multiplexage est à l'origine de la limitation de débit des connexions Internet utilisant les fréquences transmises par le téléphone. En effet, comme montré précédemment, le débit maximum transmit est de 64 Kb/s, c'est pourquoi les modems actuel ont un débit de 56 Kb/s.

G. La tarification

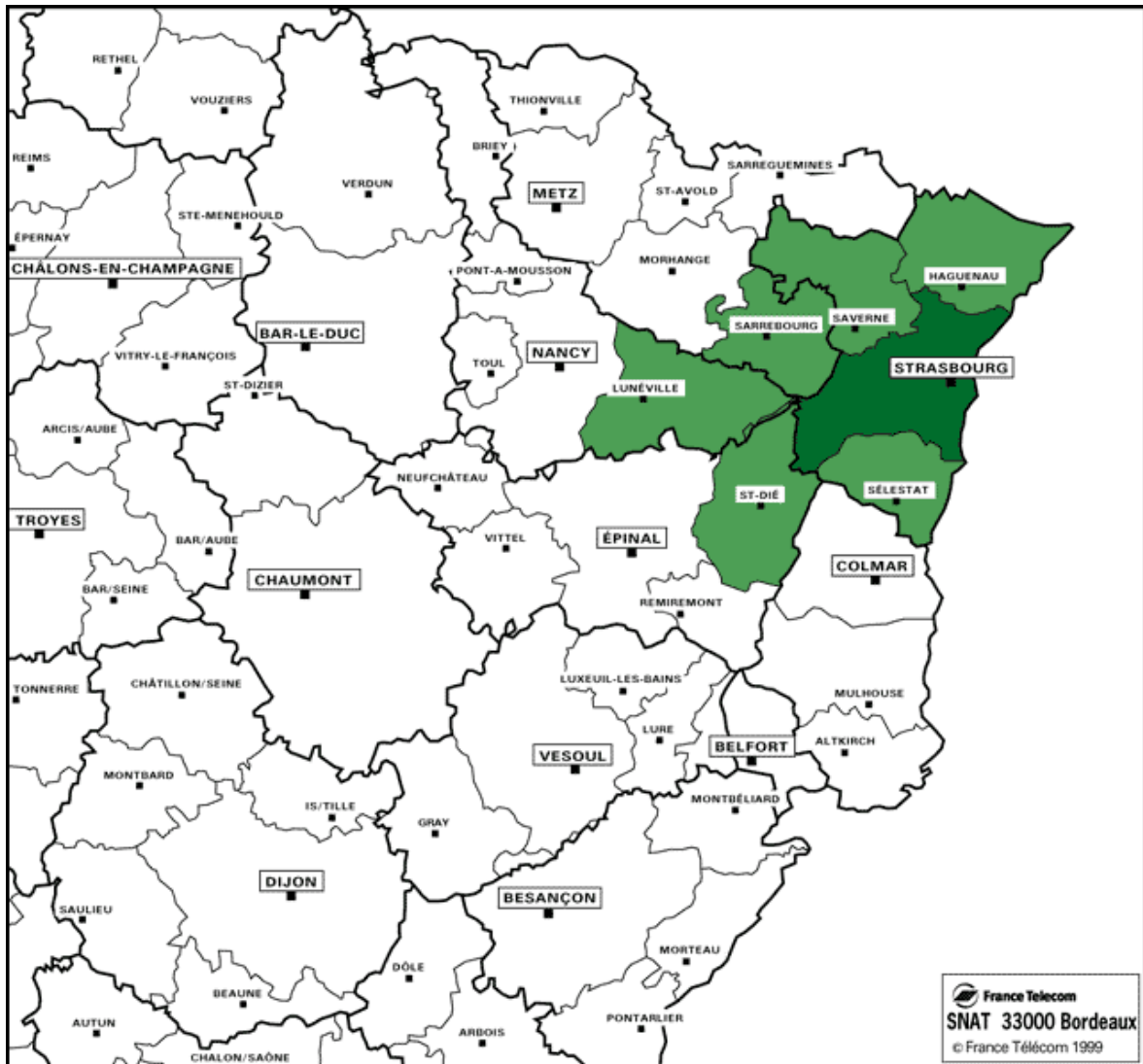
C'est le commutateur d'abonné qui prend en charge la tarification des appels. Les coûts sont fixés en fonction de différents critères, comme la durée de l'appel, le numéro appelé ou encore la période de la journée.

les numéros spéciaux, ayants comme second chiffre le « 8 », bénéficient de tarifications particulières, comme l'indique le tableau ci-contre. Les coûts des appels vers des numéros « Azur » est réduit entre 22h et 8h. Ces prix s'appliquent après un crédit de temps minimum allant de 45s à 1 minute, facturé de 0.076€(HT) à 0.094€(HT).

	Numéros premiers chiffres	Tarification pour l'appelant (hors Mobiles)
Numéros Vert	0800	Gratuit
Numéros Azur	0801 ou 0810	0,024 € HT/mn (0,16 F) tarif réduit 0,015 € HT/mn (0,10 F)
Numéros Indigo	0802 ou 0820	0,099 € HT/min (0,65 F)
	0803 ou 0825	0,13 € HT/mn (0,82 F)

Tarifications des numéraux spéciaux

Les appels en « zone locale » sont moins coûteux que les appels nationaux. On voit sur la carte ci-dessous la zone de provenance de la communication, en vert foncé, et les destinataires possibles bénéficiant d'un tarif dit « local ».



Pour France Télécom, il existe deux périodes de tarifications principales. Elles sont définies en fonction des jours et des horaires, comme le montre le schéma ci-contre.

	0h	8h	19h	24h
lundi au vendredi			heures pleines	
samedi, dimanche et jours fériés	heures creuses			

Périodes tarifaires

Un appel en zone locale coûte 0.018€/min (TTC) en heures creuses et 0.033€/min (TTC) en heures pleines. Cette facturation est appliquée après utilisation d'un crédit de temps initial, d'une durée de 60 secondes et coûtant 0.091€(TTC).

H. La fin de la communication

La communication est interrompue dès que l'un des deux téléphones est raccroché. A ce moment, un signal d'occupation est envoyée au téléphone non raccroché, tous les équipements ayant attrait à la communication sont libérés, la taxation s'arrête.



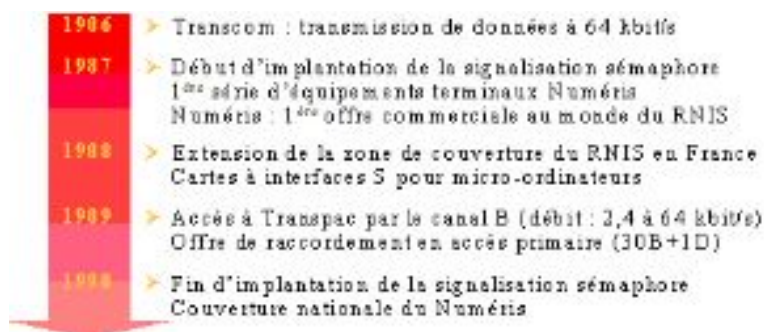
1. Les services RNIS

Les services de transmission de données se sont développés, depuis le début des années 70, sur le principe des réseaux spécialisés : à un usage correspondait un réseau spécifique. L'utilisateur qui avait besoin de communiquer avec chacun de ces réseaux était donc obligé d'avoir autant de raccordements que de réseaux ou d'applications à atteindre. Cette multitude de raccordements différents et indépendants n'était optimale ni du point de vue de l'utilisateur ni point de vue de l'exploitant Télécom ; de cette constatation est né le concept d'intégration de services.

Ce réseau s'appuie sur le concept RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services) ou ISDN (Integrated Services Digital Network). Le RNIS propose l'intégration des supports et des services et, pour cela, il s'appuie sur la numérisation et se développe au sein d'une structure puissante de normes internationales. Le RNIS est une évolution du réseau téléphonique actuel. Il propose la continuité numérique de bout en bout.

Cette technologie offre de nombreux avantages :

- l'intégration de nouveaux services (rappel automatique, présentation des appels,...)
- Des débits supérieurs car l'accès de base comporte deux canaux B de 64kb/s et un canal D de 16kb/s.
Les canaux B permettent deux appel simultanés et le canal D convoie les signaux servant à l'établissement de la communication et toutes les informations de service
- Souple et simple, car le RNIS a la vocation d'héberger la grande majorité des services de communication et fait un pas vers la transparence des réseaux avec son accès universel aux services de télécommunication.



Ci-contre, l'évolution de la technologie RNIS

2. Internet

Internet est aujourd'hui un média indispensable et permet à quiconque d'être en contact avec la Terre entière ce qui permet un échange d'informations facile. D'où est né ce système de télécommunication et comment fonctionne-t-il ?

a) Histoire

Initialement conçu pour des transferts d'information à usage militaire, ARPAnet se diffuse plus largement dans la communauté scientifique ainsi dans le monde universitaire américain. A l'orée des années 1970, plusieurs universités sont interconnectées et découvrent l'utilité de ce réseau.

En 1971, la mise au point du protocole TelNet ouvre la voie à une extension du réseau, puis le protocole de transfert de fichier FTP (File Transfer Protocol) permet de mettre en commun différents fichiers sur plusieurs types de machines. En 1974 apparaît le protocole TCP (Transmission Control Protocol), première brique technique de l'Internet que nous connaissons aujourd'hui. Peu de temps après, Vinton Cerf conçoit le protocole IP (Internet Protocol) sorte de langue véhiculaire pour les ordinateurs connectés. En 1982, le protocole d'adressage IP est associé à TCP, conduisant à la véritable naissance d'Internet, celle qui restera sans doute dans l'histoire !



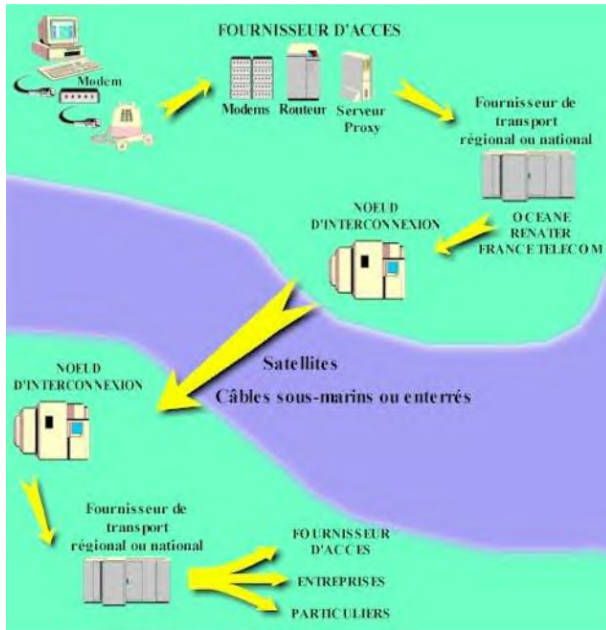
*Un navigateur actuel :
Internet Explorer de Microsoft*

En 1990, au CERN, laboratoire européen de physique des particules à Genève, deux ingénieurs créent le WWW (World Wide Web), une branche multimedia de l'Internet. Trois ans plus tard, des étudiants de l'Université de l'Illinois achèvent l'application clé du Web : un programme graphique fonctionnant sur de multiples plates-formes. Ils l'appellent Mosaïc. Ce navigateur simplifie l'emploi de l'Internet car il permet avec une souris de pointer sur des icônes.

En conclusion, Internet n'est pas comme souvent, né de l'imagination d'un inventeur mais c'est un technologie qui est le fruit d'une recherche collective et qui s'est formé par une suite de mutations successives et désordonnées des principes de télécommunication.

b) Fonctionnement

Le principe d'Internet repose sur l'interconnexion d'ordinateurs. Pour cela, on a fait appel à un réseau déjà présent : la ligne téléphonique. Le protocole TCP/IP également utilisé car il est basé sur le repérage de chaque ordinateur par une adresse appelée *adresse IP* ce qui permet d'acheminer les données à la bonne adresse.



Voici un schéma explicatif de la circulation d'une information d'un ordinateur vers un autre à l'aide d'Internet.

Pour convertir les informations sur la ligne téléphonique en information numérique lisible par l'ordinateur, on utilise un **modem**.

Les **serveurs** sont des ordinateurs capables de stocker de nombreuses informations et des les redistribuer sur la toile afin que tout le monde y a accès.

Les **routeurs** et nœud d'interconnexions permettent d'établir la connexion entre plusieurs « mini-réseau » afin d'en former un plus gros.

Les **fournisseurs d'accès** sont les portes d'entrée du Net. Les péages. Ils s'appellent : Wanadoo, Club-Internet, Liberty-Surf ou AOL... En installant leur kit de connexion, vous avez le choix entre des forfaits facturés à la minute, des forfaits « tout compris » comprenant un temps de connexion pré-payé et des forfaits « illimités » où le temps de connexion est illimité et pré-payé. Ces fournisseurs disposent d'ordinateurs d'un matériel très puissant capable de relier le client au réseau Internet.

Il existe divers moyens de connexion : la ligne téléphonique traditionnelle (RTC), le RNIS, le câble et l'ADSL et

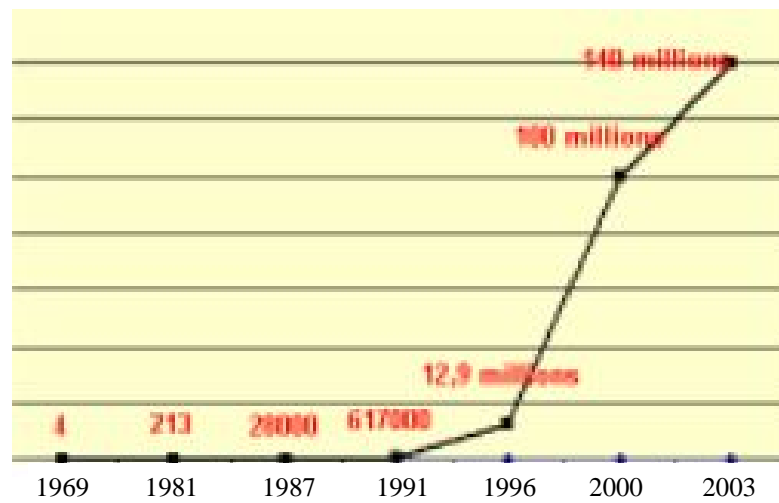
RTC	RNIS	CABLE	ADSL
- 56 Kbit/s	64 Kbit/s	A: 64 Kbit/s	A: 128 Kbit/s
-	-	B: 512 Kbit/s	B: 512 Kbit/s
-	-	-	C: 2048 Kbit/s

les caractéristiques de ces derniers sont très différentes.

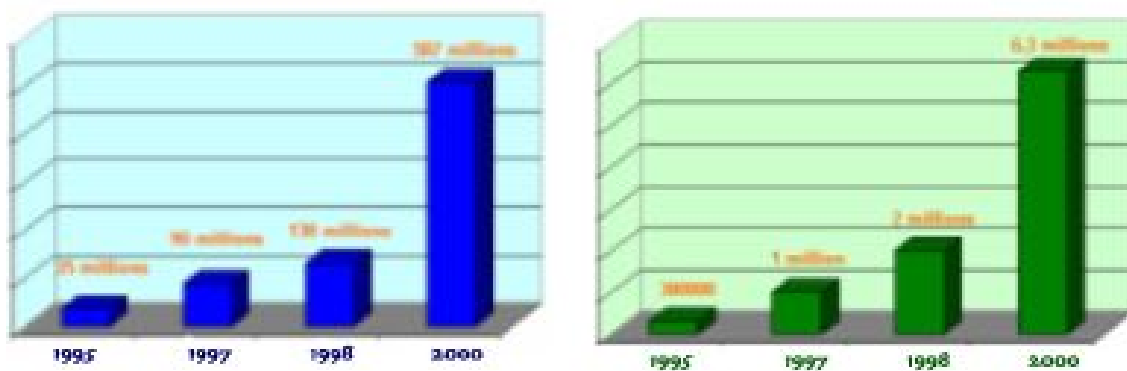
On peut ici voir de grosses différences de débits mais il faut aussi prendre en compte que le prix suit généralement la vitesse de connexion, ainsi il faut compter 15€ par mois un abonnement RTC et 45€ pour un abonnement à l'ADSL. Cette dernière technologie est de plus en plus employée car elle permet une communication rapide et n'occupe pas la ligne téléphonique car les informations occupent des fréquences supérieures à celles de la communication téléphonique.

c) Internet en chiffres

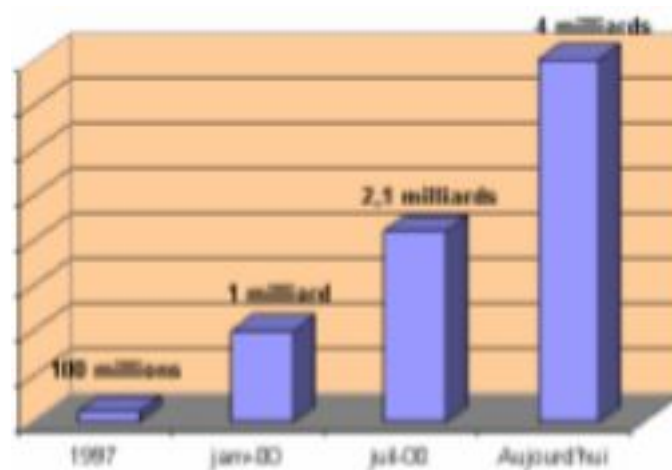
Nombre de serveurs :



Nombre de connectés dans le monde/en France



Nombre de documents sur Internet



Ces graphiques parlent d'eux même et montrent par l'évolution actuelle des choses qu'Internet sera sans doute le moyen de télécommunication du XXIème siècle...