

Brève histoire des télécommunications : du réseau simple aux réseaux pluriels

Patrice A. Carré

Patrice A. Carré, historien, est un spécialiste des technologies de la communication et de l'information. Auteur de nombreux ouvrages, en particulier (avec A. Beltran) "La Fée et la Servante", son champ de recherche actuel porte sur les télécommunications, l'audiovisuel et la consommation en Europe. Il dirige la "Collection historique des télécommunications".

Brève histoire des télécommunications : du réseau simple aux réseaux pluriels

L'histoire des télécommunications présente deux grandes phases :

■ *la première, celle du Réseau, démarrée à la fin du XVIII^e prend fin au tournant des années soixante,*

■ *la seconde, celle des Services, est marquée par l'accélération de l'innovation, la multiplication des services et la pluralité des réseaux.*

Plusieurs approches de l'histoire des télécommunications s'offrent à l'historien. En effet, comprendre/analyser la succession des réseaux de télécommunications est complexe : s'y mêlent enjeux politiques, industriels et économiques. L'approche politique favorisera les grandes mutations institutionnelles, s'interrogera sur les processus de décision, sur les stratégies réglementaires et le rôle des pouvoirs publics. L'historien de l'économie mêlant le "micro" et le "macro" privilégiera l'histoire industrielle (l'histoire des firmes), suivra l'évolution des produits et des marchés de télécommunication en s'interrogeant sur les relations entre la demande (les consommateurs, les clients) et l'offre technique. L'approche sociale et culturelle mettra en lumière les liens multiples qu'une société entretient avec ses modes de (télé)communications. La démarche ici choisie se situe beaucoup plus en amont et nous tenterons de nous interroger sur l'émergence des principales innovations dans le domaine des télécommunications en nous efforçant de les replacer dans un contexte global de l'histoire des sciences et techniques. Or toute enquête de ce type impose une périodisation et, comme toute périodisation, elle comporte sa part d'arbitraire et de simplification. On la voudrait ici non figée, sachant que des glissements sont possibles (au sein même des grandes respirations évoquées, il y a des chronologies décalées qui ont leur propre logique au cœur de l'ensemble). On souhaite qu'elle ait vertu heuristique. Dans un livre essentiel parce qu'il intègre histoire des techniques et géopolitique, P. Griset [1] distingue deux longues respirations dans l'histoire de la communication. Une première période couvre les années 1840/1945

(la révolution des communications électriques), une seconde va de la fin du second conflit mondial à nos jours (fondée sur l'électronique des semi-conducteurs). Dans un article récent L.J. Libois [2] a, pour sa part, proposé trois grandes périodes. Il distingue une première période qu'il appelle l'ère du courant électrique (1843-1913), une deuxième : l'ère de l'électronique (1913-1963), et une troisième enfin dont il voit les prémices vers 1963 et qui se continue jusqu'à nos jours, l'ère des semiconducteurs.

Tout en reprenant les éléments explicatifs proposés par ces deux auteurs, c'est un troisième modèle que nous emprunterons. On le doit à J.P. Poitevin [3] qui distingue clairement deux temps dans l'histoire des télécommunications *"un premier temps consacré à l'expansion des réseaux, avec en contrepartie une évolution relativement lente des services offerts ; un deuxième temps où la croissance des réseaux s'estompe au profit d'une large diversification des services et pendant lequel écrits, images, messages et données de toutes natures sortent de leur marginalité et deviennent un élément essentiel de la croissance"*.

Nous proposons donc une périodisation en deux grandes parties. Dans la première, nous étudierons la succession des réseaux de télécommunications des débuts du 19^e siècle jusqu'aux années qui suivent la Seconde Guerre Mondiale. Dans une seconde partie qui portera sur les quarante dernières années, nous interrogerons sur l'accélération des innovations techniques et la croissance des services.

[1] Griset P. - *Les révolutions de la communication XIX^e-XX^e siècle* - Hachette, 1991.

[2] Libois L.J. - *La genèse des télécommunications et les grandes mutations techniques* - in *Réalités industrielles* (Annales des Mines), avril 1993.

[3] Poitevin J.P. - *L'impact de la recherche sur le développement des nouveaux services* - in contributions françaises au Symposium technique du 5^e Forum mondial 87 des télécommunications - UIT, Genève, 22-27 octobre 1987.

Succession, juxtaposition et expansion des réseaux de télécommunications

Dans une première période, l'histoire des télécommunications se présente comme la succession de réseaux techniques. De la fin du 19^e siècle aux années 1950, ils se sont juxtaposés sans - sauf exception notable - s'annuler et se substituer les uns aux autres. Les grandes étapes techniques de ce processus peuvent, *mutatis mutandis*, se présenter ainsi. A la télégraphie optique ou aérienne (à partir de 1795/1800) a succédé la télégraphie électrique (à partir de 1840/1850). A partir de 1850/1860, le réseau s'est mondialisé. La création des premiers réseaux téléphoniques (à partir de 1880) et l'essor des liaisons radioélectriques (à partir de 1910) ont marqué un tournant essentiel dans l'histoire de la communication. L'innovation majeure qui marque un tournant est la triode de Lee de Forest en 1906. Les techniques se sont accélérées : réseau "longue distance", commutation automatique/électromécanique (à partir de 1920), réseau de radiodiffusion à partir de 1920/1930, naissance de la télévision à partir de 1930/1940 [4].

Le télégraphe optique : un réseau au service des militaires et de la police

L'idée de transmettre - et la volonté de trouver les moyens techniques le permettant - des messages le plus rapidement possible, de points toujours plus éloignés les uns des autres, est ancienne. Les civilisations en ont laissé des traces.

Cependant, les premières réalisations efficaces, durables, et surtout la mise en place d'un réseau cohérent, sont dues à un français : Claude Chappe. Sur le plan technique, il s'agit tout simplement d'un système proche des sémaphores. Ce qui caractérise le réseau Chappe et en fait le premier réseau moderne de télécommunications est qu'il est codé (ce code s'apparente aux techniques de cryptographie : il fallait un dictionnaire pour décrypter les signaux) et que l'information qu'il transmet doit être répétée (amplifiée : idée de l'affaiblissement du signal) le long d'un parcours. Enfin il permet l'échange. C'est un réseau dont les fins sont essentiellement militaires. Il est intimement lié à l'histoire des guerres révolutionnaires.

La télégraphie électrique : naissance des télécommunications modernes

Le télégraphe aérien fit rapidement la preuve de ses limites. C'est de l'électricité qu'allait naître les télécommunications modernes : permanentes et universelles. Les grandes lignes de cette histoire sont globalement connues [5]. On le sait, c'est la pile électrique qui a permis le développement de la télégraphie. Cette innovation peut être considérée comme l'amarce d'un nouveau système technique [6]. A partir de son invention et pendant trente à quarante ans, s'est accompli un important processus de développement. Expériences pratiques et avancées théoriques s'enchaînèrent et se répondirent dans un dialogue constant. Or, si la pile est dans l'histoire de la télégraphie un élément essentiel, la découverte fondamentale, celle qui a réellement ouvert la voie à la télégraphie électrique, fut celle de l'électroaimant.

Cette découverte date de 1820. Elle est due à trois chercheurs, un physicien danois Oersted et deux français, Ampère et Arago. Comme l'a écrit Maurice Daumas [7] : "Dès qu'a été connu le phénomène de déviation d'une aiguille aimantée sous l'influence d'un conducteur parcouru par un courant électrique, on a pensé à utiliser ce phénomène pour transmettre rapidement et à distance des signaux convenus". Dès la fin des années 1820 et au début des années 1830, plusieurs expériences de télégraphie électrique eurent lieu en Europe. L'invention et la mise au point du télégraphe prirent d'emblée une dimension internationale. En effet, et l'on retrouvera cette même situation pour les technologies essentielles de télécommunications [8] (téléphone, TSF ou télévision), le télégraphe électrique ne fut pas l'invention d'un chercheur isolé, mais le résultat d'une convergence entre plusieurs travaux, travaux de théoriciens et expérimentations pratiques. L'Angleterre fut le premier pays dans lequel on quitta le stade de l'expérimentation. En 1837, Cooke et Wheatstone mirent au point un télégraphe d'un fonctionnement encore complexe, mais cependant beaucoup plus simple et donc plus opérationnel que ce qui avait été proposé jusque-là. Mais - et c'est là un cas classique dans l'histoire des techniques - cette période de démarrage fut une période de flou et d'hésitation. Sur le plan technologique on tâtonnait encore, à la recherche de la meilleure solution.

[3] Ces deux derniers réseaux appartiennent au monde de l'audiovisuel ; pour des raisons de place, ils ne seront pas traités - en tant que tels - dans cet article.

[5] Mc Neil I. (edited by) *An Encyclopaedia of the history of technology*. Routledge 1990.

[6] Beltran A. et Carré P.A. - *La Fée et la Servante* - Paris. Belin 1991.

[7] Daumas M. - *Histoire générale des techniques* - Tome III. Paris 1968. PUF.

[8] Griset P. - *Les révolutions de la communication* - Paris. Hachette 1991.

Au cours des années 1840/1850, un nouveau type d'appareil ne tarda pas à s'imposer : celui de Samuel Morse. Il reposait en fait sur deux idées très simples :

- l'exécution des signaux à l'aide d'un engin mécanique (un manipulateur) dont chaque mouvement, en fermant un circuit électrique, provoquait dans l'appareil récepteur des mouvements semblables,
- la mise au point d'un code composé de deux éléments : un signal bref et un signal long. Leur combinaison permettait de traduire toutes les lettres de l'alphabet. Il s'agissait d'un code série, c'est-à-dire fait de combinaisons séquentielles et non simultanées. Il annonçait les codes séquentiels utilisés dans les systèmes de modulation par impulsion et codage.

Au cours du dix-neuvième siècle, et c'est là un trait caractéristique de toute l'histoire des télécommunications, les télégraphistes ont eu à relever une série de défis qui les ont conduit à faire progresser la télégraphie électrique en efficacité. En raison de la constante amélioration des systèmes de codage, la rapidité (et donc le débit d'informations livrées au consommateur) a pu s'accroître. Le système Morse s'était rapidement imposé. Sa maniabilité et sa rapidité (contrairement aux systèmes à cadran ou à aiguilles utilisés jusque-là) en avaient fait un appareil universel. Son fonctionnement n'était cependant pas exempt de défauts, et nombreux furent les techniciens et constructeurs à tenter de lui apporter des modifications susceptibles de le rendre plus performant. Un des problèmes posé par le Morse était l'emploi du code. En effet, l'opérateur devait traduire la suite des tirets et des points. Il jouait le rôle d'un "décodeur" pour que le message soit livré "en clair" au client. Au début des années 1860 un système permit de s'affranchir de cette contrainte.

Les appareils mis au point par l'américain David Hughes comprenaient une innovation importante qui allait être la lointaine origine des téléimprimeurs et du télex : le système permettait l'impression du message sous la forme où il était déposé et délivré. On pouvait ainsi - en supprimant une opération de décodage - mieux rentabiliser l'exploitation d'un bureau. Le système de codage mis au point par Hughes avait permis d'améliorer considérablement le débit d'informations transmises. Il l'avait pratiquement doublé par rapport au Morse. Le télégraphe de Morse transmettait 25 mots à la minute et celui de Hughes de 40 à 45. Or, un problème restait posé aux techniciens : comment augmenter le rendement des circuits ? En effet, quand bien même le télégraphe de Hughes aurait-il pratiquement doublé le débit d'informations par rapport aux autres appareils, restait à relever le défi de l'augmentation du rendement des circuits. Face à une demande croissante et à des besoins de plus en plus clairement exprimés en cette fin des années 1870, plusieurs solutions semblaient se présenter. La première était bien entendu d'augmenter le nombre de fils et de lignes télégraphiques. Elle exigeait des investissements considérables. Une autre solution était (à nombre de lignes constant) de rentabiliser au mieux les lignes en passant plusieurs communications à la fois sur le même fil : c'était le principe du duplexage. On envisagea également de tirer parti de la différence de vitesse entre les mécanismes (émetteurs et récepteurs) et la transmission du courant. La vitesse de transmission du courant était supérieure à l'action qu'un opérateur pouvait exercer sur son manipulateur. Il y avait donc des "temps perdus". On pouvait donc penser qu'il était possible d'utiliser une ligne en "temps partagé" et de la mettre à la disposition de plusieurs opérateurs (à une vitesse totalement imperceptible pour un humain). C'est cette dernière solution qu'explora un télégraphiste français, Emile Baudot. Il remplaça le code alphabétique utilisé par Hughes par

un alphabet binaire dont les signaux étaient composés de cinq moments successifs d'égale durée. L'appareil Baudot fut utilisé jusqu'aux années 1950 ; il était considéré comme le meilleur des appareils télégraphiques. Sa capacité était de 60 mots à la minute. Il est, avant le téléimprimeur, l'appareil le plus abouti dans la lignée des télégraphes commencée au cours des années 1830/1840.

Un réseau mondial

Depuis 1837 les électriciens savaient, en suivant généralement le tracé des voies ferrées, envoyer un message sur fil. Or, les premiers conducteurs électriques étaient en fil de fer. Plongés dans l'eau, ils perdaient toute protection électrique ! Cependant, quelques années à peine après les premiers succès des lignes terrestres, eurent lieu des expériences, des tentatives, pour faire traverser des étendues d'eau aux signaux télégraphiques. Dès 1840, on discuta sérieusement en Angleterre de la construction d'un câble Douvre-Calais [9]. Au même moment, Morse et Ezra Cornell tentèrent, mais sans succès, de poser un câble dans le port de New-York. Nombreux étaient les problèmes : problèmes d'isolation, problèmes de fragilité, problèmes de pose.

C'est au cours des années 1840 que fut trouvée la solution aux problèmes d'isolation. Elle avait pour nom gutta-percha. Il s'agissait d'une substance extraite du latex d'arbres de la famille des sapotacées (famille de plantes à fleurs) croissant dans l'archipel malais et qui présentait quelques analogies avec le caoutchouc. Le lieutenant Von Siemens, dès 1848, mit au point une presse capable d'enrober un conducteur en cuivre d'une couche étanche de gutta-percha. Des essais satisfaisants eurent lieu dans le port de Kiel [10].

[9] Dunsheath P. - *A History of Electrical Power Engineering* - MIT. Press, Cambridge MA - 1962, 368 pages.

[10] Headrick D. R. - *The Tentacles of Progress, Technology Transfer in the Age of Imperialism, 1850 - 1940*, Oxford University Press, New-York, 1988, 405 pages.

Rapidement techniciens et financiers se rencontrèrent. L'exploitation de liaisons entre l'Angleterre et le continent commença le 13 novembre 1851. En 1865, après la fin de la guerre de Sécession, la pose du premier câble transatlantique marqua le début d'une ère nouvelle dans l'histoire des télécommunications. Après 10 ans de luttes, de doutes et de remises en cause, les télécommunications pouvaient enfin devenir universelles. La masse hostile des océans était vaincue. La pose des grands câbles fut également une aventure scientifique. Dès 1861, le gouvernement britannique constitua une commission présidée par William Thomson, le futur Lord Kelvin. Il rassembla les meilleurs spécialistes et défini les conditions scientifiques et techniques de la réussite [11]. Une des caractéristiques du réseau de télégraphie électrique a donc été sa mondialisation presque immédiate. Or, dès l'origine, les télécommunications internationales remirent en cause les conditions d'exercice du monopole des télécommunications tel qu'il pouvait exister dans le cadre des frontières nationales. Par ailleurs, elles imposèrent des accords internationaux et des normes universelles permettant l'interconnexion des réseaux nationaux.

Le réseau téléphonique

A partir de 1876, les télécommunications (on ne les appelait pas encore ainsi) s'enrichirent d'une nouvelle technique. Graham Bell avait déposé un brevet perfectionnant le télégraphe (improvement in telegraphy).

Comme beaucoup d'innovations, l'invention du téléphone est la rencontre d'un homme, de besoins du marché non encore clairement formulés et d'un faisceau de recherches en cours. Dès les années 1850, plusieurs inventeurs avaient songé au transport des sons sur fil télégraphique (Ch. Bourseul en France, Antonio Meucci en Italie, Philipp Reis en Allemagne et Edward Farrar aux USA).

Mais c'est aux Etats-Unis, au cours des années 1870, que deux hommes, qui ne se connaissaient absolument pas, trouvèrent les moyens techniques permettant de transmettre électriquement la parole. Il s'agissait d'Elisha Gray (1835-1901) et de Graham Bell (1847-1922). En 1874, Bell eut l'idée d'un appareil constitué d'une plaquette de fer fixée à une membrane qui, actionnée par la voix, vibrerait devant un électroaimant. Ainsi, se produirait un courant électrique ondulatoire théoriquement capable de transmettre le son émis. Il imagina à la réception un dispositif identique pour retransmettre la voix humaine. Le 2 juin 1875, alors qu'il travaillait dans son laboratoire, il entendit un fil électrique rendre un son correspondant à la vibration d'un ressort d'acier qui se trouvait à l'extrémité de ce fil. Reconnaisant dans ce phénomène une manifestation de courant ondulatoire, il donna à Thomas A. Watson, son assistant, les instructions permettant la fabrication de l'appareil qu'il avait imaginé auparavant. Le 3 juin 1875, quelques sons vocaux furent transmis et entendus. Le 14 février 1876, Bell déposa une demande à l'Office des Brevets des Etats-Unis. Un appareil fut construit et, le 10 mars 1876, fut transmise la phrase historique "*M. Watson, veuillez venir dans mon bureau, je vous prie*". Avec le téléphone, c'est un type de réseau entièrement nouveau qui se mit en place. De nouvelles perspectives (mais aussi de nouveaux problèmes et de nouveaux défis techniques) s'ouvraient. Le télégraphe transmettait des signaux écrits. Le téléphone transmettait la voix humaine d'un point à un autre, tout d'abord sur des distances courtes et dans des réseaux peu denses. Le nouveau réseau, sur le plan technique, n'avait que peu de rapports avec le réseau télégraphique. Il posait aux techniciens des problèmes qu'ils n'avaient pas eu à résoudre avec le télégraphe. Tout d'abord, transmettre le son de la voix humaine posait la question alors entièrement nouvelle de l'affaiblissement du signal, le problème était beaucoup plus facilement résolu sur le réseau télégraphique.

Par ailleurs, on a, dans un premier temps, afin de faire l'économie de la construction d'un nouveau réseau, tenté de faire passer les conversations téléphoniques sur les fils métalliques du réseau télégraphique. Or, alors que la transmission télégraphique se faisait sur un fil avec retour par la terre, on s'est rapidement rendu compte que transmettre des communications téléphoniques nécessitait deux fils pour une même liaison. Il a donc fallu construire un réseau totalement nouveau parallèlement au réseau télégraphique. Dans une communication télégraphique, il n'y avait qu'une seule direction de transmission. Le message allait de l'émetteur vers le récepteur. Les variations de courant étaient très faibles. Avec le téléphone, la communication devenait interactive (il y a dialogue entre émetteur et récepteur). Les variations de courant sont constantes et sensibles (courants d'induction, courants parasites, etc.). Pour éviter ces problèmes, les techniciens durent construire des lignes à deux fils. On prit l'habitude de les appeler "paire téléphonique". Mais les premières liaisons téléphoniques ne dépassaient pas (ou peu) le cadre urbain. Dans la seconde moitié des années 1880, furent ouvertes quelques liaisons interurbaines : leur qualité n'était pas fameuse. Les premiers circuits interurbains furent réalisés au moyen de deux fils aériens en cuivre ou en bronze. Il fallait, pour lutter contre l'affaiblissement du signal, augmenter le diamètre des fils. Plus la distance était longue, plus le diamètre devait être augmenté. A l'évidence, la quantité de cuivre utilisée rendait prohibitif le coût de ce mode de transmission à partir de certaines distances. Le système semblait donc bloqué.

[11] Caron F. - *Le résistible déclin des sociétés industrielles* - Paris 1985.

D'autre part, l'encombrement de telles réalisations interdisait de fait la construction d'artères interurbaines à grand nombre de circuits. Sous peine de stagnation, de nouvelles innovations étaient nécessaires. La technique dite "de la charge" permit d'apporter de premières solutions à ces nouveaux défis. Dès 1887, Oliver Heaviside (1850-1925) s'était penché sur ce problème. En 1902, un danois, Emil Krarup (1872-1909), proposa d'envelopper le conducteur de cuivre d'une matière possédant des propriétés magnétiques, un fil de fer fin par exemple. Mais en 1900, un Américain, Michael Pupin (1885-1935), suggéra l'insertion en série de bobines présentant l'inductance requise et une résistance minimale (dès 1889, l'ingénieur des télégraphes Vaschy avait suggéré une telle idée dans un article de la "Lumière Electrique").

La triode : la naissance de l'électronique

Ces deux méthodes (on prit, dans le jargon des télécommunications, l'habitude de les appeler "krarupisation" et "pupinisation") ont permis une nette réduction de l'affaiblissement sur les circuits téléphoniques, une diminution du diamètre des conducteurs et surtout, et ce dès avant le premier conflit mondial, l'embryon de la mise en place de réseaux à longue distance.

Cependant, la véritable solution aux problèmes posés par la transmission fut apportée par la lampe à trois électrodes ou triode inventée par Lee de Forest en 1906 et dont le premier type fut l'*audion*. La triode fut tout d'abord utilisée en radio-télégraphie. Elle en permit le véritable essor. Evoquant l'innovation de Lee de Forest, l'historien américain David Landes dit, en 1969, qu'elle "rendit possible cette prolifération d'inventions qui constitue l'industrie électronique dans toute sa diversité : radio, radar, appareils d'enregistrement, calculatrices, systèmes de commande automatisée, télévision et la suite d'une liste qui continue de s'allonger" [12].

Sous sa forme initiale, elle ne pouvait pas convenir à la téléphonie, mais en octobre 1912, la Western Electric Company, filiale de l'American Telephon and Telegraph Corporation (AT&T) entreprit l'étude de l'audion en vue de son emploi comme amplificateur dans les circuits téléphoniques. L'étude fut dirigée par H. Arnold. C'est lui qui, indépendamment de travaux menés par Irving Langmuir des General Electric Research Laboratories sur un sujet semblable, réussit à produire une lampe dite "hard valve" ou tube à vide. AT&T, après avoir acheté le droit d'utiliser les propriétés amplificatrices de l'audion, commença à employer des répéteurs téléphoniques pour développer des réseaux interurbains. En janvier 1915, fut inaugurée une liaison téléphonique New-York/San Francisco.

Au fil du temps, de nombreux progrès conduisirent à perfectionner ces répéteurs. En 1917, la durée de vie utile d'une triode était d'environ 1 000 heures. En 1935, elle atteignait déjà 90 000 heures ; soit plus de dix ans de fonctionnement ininterrompu.

L'automatisation de la commutation

Mais avec la téléphonie s'est également rapidement posée la question de la commutation. Alors qu'en télégraphie (jusqu'à l'apparition des réseaux télex) la question de la commutation ne se posait pratiquement pas, il a fallu, sur le réseau téléphonique, mettre les usagers en communication. Aiguiller les communications, afin de permettre aux abonnés de converser dans les meilleures conditions, est devenu une fonction vitale du réseau téléphonique. Les centraux qui assurent cette opération de commutation sont des nœuds essentiels. Les progrès techniques en ce domaine ont porté sur un accroissement de leur efficacité. Leur capacité de traitement a été augmentée, ils ont peu à peu été automatisés en utilisant des techniques toujours plus performantes.

Au cours des toutes premières années, le téléphone fut utilisé uniquement pour des services de poste à poste. Les 2 postes (comme dans le cas du télégraphe) étaient reliés de façon permanente et la liaison avec d'autres postes téléphoniques était impossible. Cependant très rapidement, naquit l'idée que l'utilité d'un poste téléphonique était proportionnelle au nombre des abonnés qu'il était possible d'appeler.

Le 28 janvier 1878, fut installé, à New-Haven (Connecticut), le premier tableau de commutation manuelle. Il desservait 21 abonnés. Peu à peu, s'ouvrirent de grands centres de commutation. Ils étaient souvent desservis par les fameuses "demoiselles du téléphone". Or, la commutation manuelle montra vite ses limites. Le nombre des demoiselles du téléphone suivait "naturellement" la progression du nombre des abonnés. Peu à peu, les centraux prirent des proportions imposantes avec, pour corollaire, des problèmes accrus de fiabilité d'exploitation et de sécurité.

Une nouvelle fois, le système semblait bloqué. Les conditions étaient réunies pour qu'une nouvelle innovation apparaisse.

C'est Almon B. Strowger qui a conçu l'idée de remplacer le commutateur et l'opératrice par un commutateur électromécanique, afin de préserver le caractère confidentiel des communications et d'améliorer en même temps la rapidité et la fiabilité du service [13].

[12] Landes D. - *L'Europe technicienne. Révolution technique et libre essor industriel en Europe occidentale de 1750 à nos jours* - Paris Gallimard 1975 pour la traduction française, 780 pages.

[13] Chapuis R. - *100 years of telephone switching (1878-1978)* - Amsterdam/New -York/Oxford, 1982. (pour tout ce qui touche à l'histoire de la commutation, les travaux de cet auteur font référence).

Le Strowger fut le premier autocommutateur électromécanique ainsi appelé, parce que le mouvement des pièces, les balais, nécessaires à l'établissement de la liaison, était commandé par des électroaimants. Mais, en plus du mécanisme de commutation à proprement parler, il a fallu mettre au point un dispositif permettant au demandeur de communiquer au central automatique le numéro de l'abonné demandé.

Après des tâtonnements et des hésitations, Lars Magnus Ericsson trouva, en 1896, la solution en inventant le cadran téléphonique à dix trous. Si les progrès de la commutation furent particulièrement lents en Europe, il n'en fut pas de même aux USA où le réseau téléphonique connut une rapide extension. Les systèmes furent améliorés. A partir de 1915, on installa un système dit "système Panel" permettant une plus grande souplesse. Plus tard, le système panel fut amélioré par l'introduction de quelques modifications dans le mécanisme de commutation. La commutation se fit au moyen de roues dentées entraînées par un moteur (système de commande indirecte). Ce moteur fournissait un mouvement rotatif. On appela ces systèmes des "systèmes rotatifs". L'année 1919 constitua une date importante dans l'histoire de la commutation. C'est cette année là que deux suédois, Nils Palmgren et G.A. Betulander, déposèrent une demande de brevet pour un sélecteur à barre transversale dit "système Crossbar". Le premier grand central expérimental en système Crossbar fut ouvert en 1926 à Sundsvall (Suède). Il était destiné à desservir 3 500 abonnés. Un central Crossbar plus puissant, fut ouvert en 1938 à Brooklyn (New-York) par Western Electric. Les systèmes de commutation automatique se perfectionnèrent et se répandirent dans le monde entier. La proportion d'appareils automatiques passa de 15 % en 1925, à 77 % en 1955. Puis à partir des années 1960 une nouvelle période s'ouvrit. A l'électromécanique se substitue la commutation électronique.

Accélération de l'innovation et croissance des services (des années 1950 aux années 1990)

Jusqu'aux années 1950/1960, les choses semblent relativement simples. Le rythme semble régulier. Les innovations techniques donnent naissance à des réseaux et ces réseaux offrent un service. Après une période de mise au point (années 1950/1960), le paysage se complexifie, les frontières deviennent floues. On assiste à une profonde remise en cause du paradigme technique. On voit à l'horizon des années 1970 le développement d'une vaste gamme de services nouveaux. Cette croissance explosive des services a été sous-tendue par quatre changements technologiques majeurs. Il ont profondément marqué les télécommunications [14] :

- la microélectronique et en particulier l'implantation de circuits intégrés sur une seule puce,
- la numérisation, c'est-à-dire l'exécution des fonctions de télécommunications, la commutation et la transmission sous une forme numérique,
- l'introduction des centraux commandés par programmes enregistrés,
- les nouvelles techniques de transmission : fibres optiques, amélioration dans les secteurs des transmissions hertziennes et des satellites, et la révolution qui en résulte dans le secteur des communications et de l'audiovisuel.

la microélectronique

Avec l'invention du "transistor" aux Bell Laboratories (Transistor à pointes) en 1948, avec celle du premier transistor à jonction en 1955 s'ouvre une nouvelle ère. Cette mutation technologique sera considérablement amplifiée en 1963 avec l'apparition des premiers circuits intégrés.

Comme le rappelle L.J. Libois [15], si l'invention du transistor a ouvert une nouvelle ère technologique, la véritable révolution pour les télécommunications a été celle des circuits intégrés à large intégration (LSI) puis à très large intégration (VLSI). Ces technologies avancées de semi-conducteurs sont devenues des enjeux stratégiques. Leur miniaturisation ininterrompue a entraîné non seulement une réduction continue du coût mais encore une baisse de plus en plus grande de la consommation en énergie, une augmentation croissante des performances et de la fiabilité. Parallèlement, elle a entraîné une "intégration" de plus en plus poussée de ces composants. Ils sont en passe de devenir de véritables systèmes par eux-mêmes [16]. Les puces électroniques se sont imposées dans les dispositifs de transmission et se sont substituées à des techniques électromécaniques.

La numérisation

La numérisation, c'est-à-dire l'encodage, la transformation et la transmission de toute information visuelle sous la forme de bits constitue le moteur principal de la transformation du secteur des télécommunications. Cette évolution a eu trois conséquences essentielles :

- les réseaux de télécommunications se sont transformés en systèmes informatiques : "comme les nœuds de commutations du réseau téléphonique sont devenus d'énormes configurations d'ordinateurs, le réseau téléphonique s'est transformé par la numérisation, en un vaste réseau d'ordinateurs ultra-puissants interconnectés",

[14] Ungerer H. - *Télécommunications en Europe* - Bruxelles 1988.

[15] Libois L. J. - *Culture Technique* - février 1992. (entretien avec Patrice A. Carré).

[16] Libois L. J. - *Réseau, systèmes et technologies des télécommunications* - septembre 1990.

- le fonctionnement des réseaux est de plus en plus basé sur le logiciel. Reposer sur le logiciel et non plus sur le matériel est un gain de souplesse considérable qui débouche sur une multitude de fonctions nouvelles. En effet, cette fusion des télécommunications et des fonctions informatiques est à l'origine de la croissance des services,
- le réseau de télécommunications devient ce complément indispensable des installations de traitement de données. Le réseau de télécommunications ajoute la connexité et le mouvement à l'intelligence locale.

Les innovations dans le domaine de la commutation

En commutation, c'est vers 1955, au moment même où les premiers centraux de type Crossbar sont mis en service en France, qu'ont commencé les études exploratoires sur de nouveaux systèmes de commutation électronique. Comme dans le cas de la transmission, l'invention du transistor a ouvert de nouveaux horizons. Très vite apparaissent les premiers calculateurs électroniques. Ils permettent un développement de l'informatique qui ne peut rester sans effet sur le processus de développement des technologies de télécommunications. Les retombées seront doubles : l'utilisation de nouveaux composants tels que les circuits intégrés et le recours à la notion nouvelle de programme enregistré. Les circuits intégrés travaillent dix mille fois plus vite que les organes électromécaniques, requièrent un encombrement moindre et coûtent sensiblement moins cher. L'utilisation de programmes enregistrés confère aux systèmes une plus grande souplesse : ils peuvent aisément évoluer selon les besoins. Historiquement, la première répercussion de l'arrivée conjuguée de l'électronique et de l'informatique est le remplacement de certains organes électromécaniques (enregistreur, traducteur, etc.) du Crossbar par deux ordinateurs travaillant en temps partagé.

Ce sont les débuts de la commutation électronique spatiale. Les systèmes spatiaux comme les systèmes électromécaniques, effectuent la commutation du signal téléphonique sous la forme analogique originelle. Par extension ce type de système de commutation est dit aussi bien analogique que spatial. C'est en fait un système semi-électronique. En commutation numérique ou temporelle, les signaux analogiques sont transformés en signaux numériques. "La liaison n'est plus établie en permanence, même pendant la communication, mais elle a lieu périodiquement 8 000 fois par seconde et pendant de très courts instants. En outre, le multiplexage temporel permet de transmettre plusieurs voies temporelles sur un même support : on peut ainsi utiliser une même maille comme support simultané d'une trentaine de communications (au lieu d'une communication par maille en analogique). On multiplie ainsi l'efficacité de chaque liaison et le nombre de points de connexion nécessaires en est réduit d'autant" [17]. Les premiers travaux relatifs à la commutation électronique ont été conduits au cours des années 1950 aux Etats-Unis dans les laboratoires de la Bell puis en Grande-Bretagne. En France, au Centre National d'Etudes des Télécommunications est créé, à l'initiative de son directeur Pierre Marzin, un département (Recherches sur les machines électroniques) destiné à étudier et à promouvoir la commutation électronique. La responsabilité de ce département est confiée à Louis-Joseph Libois. Après avoir réalisé en 1961 une première maquette de commutateur électronique (ANTINEA), les ingénieurs du CNET mirent au point les projets ARISTOTE (Appareillage Réalisant Intégralement et Systématiquement Toute Opération de Téléphonie Electrique) pour le système entièrement électronique et SOCRATE (Système Original de Commutation Rapide Automatique à Traitement Electronique) pour le système semi-électronique. Ces deux centraux ont

tout d'abord été expérimentés à Issy-les-Moulineaux dans les locaux du CNET avant d'être transférés à Lannion (Côtes-du-Nord) où ARISTOTE fonctionna jusqu'en 1969 et SOCRATE jusqu'en 1972. Par la suite furent expérimentés les systèmes PERICLES et PLATON. Si le projet PERICLES, note Louis-Joseph Libois, "n'introduisait pas de véritable révolution au plan technologique", il n'en était pas de même pour PLATON (Prototype Lannionais d'Autocommutateur Téléphonique à Organisation Numérique). En effet, avec PLATON s'ouvrait l'ère de la commutation électronique temporelle. Un central de ce type (E 10 version industrielle des prototypes PLATON) fut mis en service à Perros-Guirec (Côtes-du-Nord) en 1970, c'était une première mondiale. A partir de cette date les choses se sont accélérées. D'une part, des commutateurs électroniques spatiaux (AXE et Métaconta 11 F) prennent à la fin des années 1970 la relève du Crossbar, d'autre part, sont développés par CIT-Alcatel les centraux temporels de type E 10 et E 12 (destinés aux centres nodaux de transit urbain et interurbain de moyenne et grande capacités) et par Thomson-CSF des centraux de la gamme MT 25 et MT 20. En 1975, sur deux millions de lignes commandées en France, 5 % seulement étaient commutées par des centraux temporels. Aujourd'hui France Télécom dispose du réseau le plus important du monde ce qui lui a permis, dès 1990, d'ouvrir sur l'ensemble du territoire le réseau Numéris. Numéris transmet voix, données et images sur une simple ligne téléphonique.

[17] Nouvion M. - *L'automatisation des télécommunications* - Lyon, 1982.

Les techniques de transmission

Dans le domaine des transmissions, l'électronique devint rapidement un constituant essentiel, avec le multiplexage et le câble coaxial. C'est en effet grâce aux possibilités d'amplification de modulation et de changement de fréquence qu'offre l'électronique que se développa le multiplexage permettant d'empiler un grand nombre de communications sur un même support d'abord sur deux fils puis sur un câble coaxial. Parallèlement, une autre technique de transmission fit également son apparition au cours des années 1950. Elle était également appuyée sur l'électronique. Il s'agissait de la technique des faisceaux hertziens. Dès 1951 un faisceau transcontinental New-York/San Francisco était mis en service. L'électronique intervint également dans les liaisons sous-marines. La première liaison téléphonique transatlantique le TAT 1 fut inaugurée en 1956. Elle comportait un câble coaxial dans chaque sens de transmission et 51 amplificateurs immergés équipés de tubes à vide pour acheminer 48 voies téléphoniques de part et d'autre de l'Atlantique. La technique des câbles coaxiaux à amplificateurs immergés fit des progrès rapides et, en 1970, le câble TAT 5 à 845 voies fut transistorisé. C'est au cours des années 1960 que l'hégémonie des câbles sous-marins pour les liaisons transcontinentales fut concurrencée par les satellites de télécommunications. Après quelques expériences effectuées à l'aide de satellites réflecteurs, dans la nuit du 10 au 11 juillet 1962, le satellite à défilement Telstar doté d'un répéteur amplificateur électronique permit de réaliser la première liaison transatlantique de télévision. En 1965 le lancement du premier satellite géostationnaire (en apparence immobile par rapport à la surface de la terre), Early Bird, marqua le début de l'ère moderne des télécommunications par satellite.

Parallèlement à l'essor des systèmes satellites, se développèrent de nouveaux supports de transmission. En une dizaine d'années, les systèmes de télécommunications par fibres optiques sont passés du stade de l'expérimentation à celui du développement. L'idée d'utiliser la fibre optique comme support de propagation remonte au milieu des années 1960, mais ce n'est qu'en 1970 que les Bell Telephone Laboratories réalisèrent le premier laser à semiconducteur fonctionnant à température ambiante. Au même moment Corning Glass annonça la réalisation de fibres optiques avec un affaiblissement cent fois moins important que ce qui était possible auparavant. Entre 1975 et 1980 on réalisa des fibres de meilleure qualité et la fiabilité des sources laser s'améliora. De premières liaisons expérimentales eurent lieu en France, dès 1980 une liaison de 7 km fut réalisée entre les centraux Tuileries et Philippe-Auguste. Depuis la fin des années 1980 les fibres optiques se sont imposées. Ainsi en 1987 fut réalisée la première liaison optique sous-marine entre le continent et la Corse (Marseille-Ajaccio). En décembre 1988 fut mis en service le premier système transatlantique en fibre optique (TAT 8) ; la distance entre répéteurs était d'environ 40 kilomètres. En 1992, la distance entre les répéteurs sur le câble TAT 9 dépassait 100 km.

Conclusion provisoire

L'histoire des télécommunications semble donc se présenter en deux grandes phases relativement distinctes. Une première débute à la fin du XVIII^e siècle et, après de nombreuses hésitations, prend fin au tournant des années 1960. Les réseaux se succèdent et les innovations techniques naissent des blocages du système.

Une seconde commence il y a trente/quarante ans. Elle se caractérise par un foisonnement de solutions techniques. Le satellite et l'hertzien terrestre se posent en concurrent (complément) des réseaux traditionnels. La fibre optique offre d'énormes capacités de transmissions au moment où la microélectronique et le codage permettent des compressions d'informations impressionnantes. Face à chaque problème de télécommunications, la panoplie des solutions est considérable et le choix se révèle un compromis de plus en plus subtil [18]. Les questions posées sont multiples, le paysage change chaque jour. Des services simples, on est passé à des possibilités de plus en plus adaptées à la demande du marché. Des réseaux pluriels se sont substitués au réseau unique.

L'histoire des télécommunications est donc, depuis une vingtaine d'années l'histoire d'une fantastique accélération dont les conséquences (mais les causes aussi) dépassent - et de loin - le champ de la science et de la technique.

[18] Feldmann M. - *Les conséquences technologiques des choix réglementaires* - in Réalités industrielles - Annales des Mines, avril 1993.