

LE DOSSIER DU MOIS



TÉLÉPHONE:

les vraies
raisons de la crise
et les
perspectives

LES ASPECTS D'UN SOUS-DÉVELOPPEMENT : LA FRANCE

Une bombe thermo-nucléaire, des satellites et des fusées pour les lancer, un avion commercial supersonique, 11,5 millions de voitures, 11 millions de réfrigérateurs, 9 millions de téléviseurs, 8 millions de machines à laver, font du Français un citoyen comblé par les techniques modernes, riche, honorable, et respecté dans le concert des nations.

Pourtant cet heureux homme souffre dans sa fierté nationale et dans sa vie quotidienne d'une maladie honteuse, d'une tare lancinante : le téléphone. Car, à ne considérer que son développement dans ce domaine, la France se voit avec stupeur plongée dans un véritable sous-développement, au niveau de l'Argentine, du Mexique, de la Corée — ou encore du Portugal et de la Grèce, ces parents pauvres de l'équipement technique.

Le paradoxe de cette situation est qu'elle était loin d'être inéluctable : il faut presque l'avoir voulu pour en être là. En effet, **la branche des télécommunications est l'un des rares services publics à ne pas entraîner un déficit chronique ; les bénéficiaires en sont même tout à fait exceptionnels : une marge bénéficiaire de 20 à 25 % du chiffre d'affaires**, qui est celle des télécommunications, fait rêver n'importe quel chef d'entreprise privée dont les marges dépassent rarement 5 %. Il eût été logique et suffisant que ces bénéficiaires fussent employés à faire croître notre réseau de télécommunications en même temps que les besoins d'un pays moderne ; or, ils l'ont été à combler les déficits respectifs des chèques postaux et de la Poste, parce que le budget des télécommunications est resté noyé dans la masse globale du budget des P.T.T., et parce que ce malheureux téléphone n'était considéré que comme le « dernier gadget électroménager » (l'expression est de M. Marette, ministre des P.T.T. en 1965), un objet de luxe, la « poste des riches »...

7 Français sur 100...

Aujourd'hui, on découvre qu'un mauvais téléphone est un frein économique terriblement efficace, qu'il bloque la décentralisation, la régionalisation et l'industrialisation tant prônées par ailleurs ; alors on élabore à la hâte les plans de redressement qui s'imposent et l'on tente de réunir les moyens de les réaliser ; mais, dans le domaine du téléphone, passer du programme à la réalisation exige un délai moyen de deux ans, et, comme il faut rajeunir ou créer de toutes pièces 95 % de notre réseau en même temps que doubler la production pour satisfaire l'offre, le Français ne peut guère espérer

obtenir un téléphone de qualité, à la demande, avant 1985.

A la fin de 1969, il existait en France 3 847 925 postes de téléphone principaux en service. Il est logique de ne prendre en compte que les postes principaux puisque les postes supplémentaires (4 149 411) ne peuvent accéder au réseau général que par l'intermédiaire d'une ligne principale. Cela représentait une densité téléphonique de 7,6 abonnements pour 100 habitants, qui plaçait **la France en 17^e position dans le monde** — loin derrière l'Allemagne, l'Autriche et l'Italie (plus de 9), en tête d'un peloton où figurent l'Espagne, la Tchécoslovaquie, l'Argentine — à peu près dans la situation de la Suède en 1930 ou dans celle des Etats-Unis en 1938. Si la France s'était équipée au même rythme moyen que ses cinq voisins européens les plus proches — la Grande-Bretagne, l'Allemagne, la Belgique, l'Italie et les Pays-Bas — elle aurait aujourd'hui plus de six millions de lignes principales et une densité supérieure à 12 postes pour 100 habitants. Par rapport à ces voisins, qui sont d'ailleurs eux aussi sous-équipés en regard de la moyenne mondiale des pays développés (entre 20 et 30 %) le déficit français est donc de 58 %. Ce n'est là qu'un des aspects du sous-développement français, qui peut également se mesurer à la consommation téléphonique : par personne et par an, en 1968, elle a été en moyenne de 65,1 conversations échangées ; ce qui nous met au niveau de Chypre, de la Corée, de Costa-Rica, de la Hongrie ou de la République Démocratique Allemande. Par poste principal et par an, elle était de 839 conversations, contre plus de 2 000 au Canada, aux Etats-Unis et en Grande-Bretagne, de 1 300 à 1 700 en Allemagne fédérale, en Belgique, en Italie ou aux Pays-Bas.

Par conséquent, non seulement très peu de Français ont le téléphone, mais encore ceux qui l'ont s'en servent deux fois moins que nos voisins étrangers ce qui plus qu'un mutisme naturel traduit le coût élevé et la très mauvaise qualité de leur téléphone.

...ont une chance sur deux d'obtenir leur correspondant

En effet, les données dont on dispose — relatives seulement à l'interurbain automatique au départ de Paris, mais qui constituent un indicateur acceptable pour la qualité globale du réseau français — montrent que **l'efficacité moyenne du téléphone français est de 50 à 55 % : cela signifie que le demandeur, aux heures de pointe, n'a qu'une chance sur deux d'obtenir son correspondant s'il n'est pas dans la même circonscription que lui.**

EN COMPAGNIE DE LA CORÉE OU DU MEXIQUE



Roger Viollet

Première liaison radio-téléphonique France-Amérique, le 27 mars 1928. De New York, le Président de l'American Telephone and Telegraph écoute la voix du Général Pershing à Paris.

L'échec d'un appel lancé est attribué à hauteur de 6 % à la non-réponse du demandé ; à hauteur de 1 % à des dérangements ; pour environ 12 à 15 % à l'occupation des circuits. Restent les deux causes prépondérantes de la mauvaise qualité du téléphone français :

● l'occupation des commutateurs, surchargés et techniquement dépassés dans 70 % des cas. 921 781 postes soit 24 % des abonnements, sont encore aujourd'hui raccordés à des centraux manuels, alors que tous les pays européens voisins sont automatisés pratiquement à 100 %. Plus de deux millions de lignes principales sont encore reliées à des commutateurs automatiques de type rotatif, dont le principe date de l'entre-deux guerres, qui sont pratiquement saturés, techniquement peu sûrs et économiquement chers.

● l'occupation de la ligne du demandé — 35 % des abonnés dont les lignes ont un caractère économique ou professionnel représentent aux heures de pointe 87 % du trafic : leurs lignes, dites « d'affaires » étant estimées inférieures de 50 % à leurs besoins — notamment en raison du fort pourcentage de postes supplémentaires qui sont greffés sur une seule ligne principale — sont donc occupées la plupart du temps.

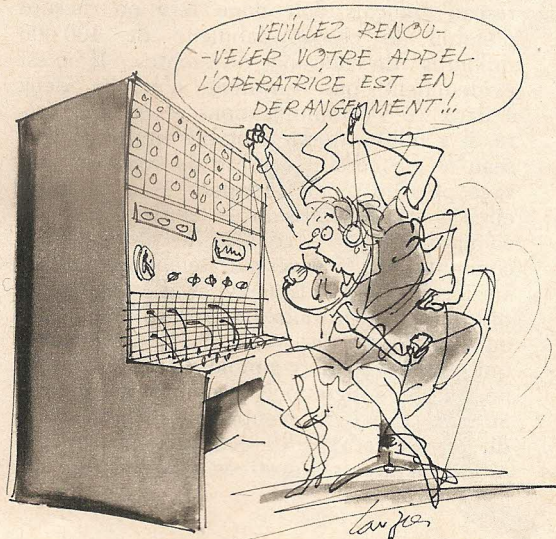
...Les autres attendent

De 1961 à 1966, la demande nette d'abonnements nouveaux (de 171 000 à 261 000) a progressé plus vite que les demandes effectivement satisfaites (de 162 000 à 231 000) si bien que le nombre des demandes en instance a augmenté de 118 000 en 1961 à 402 000 en 1966. Depuis 1967 cette évolution s'est renversée puisque l'augmentation nette de la demande (1967 : 246 000 ; 1968 : 290 000 ; 1969 : 358 000) a été légèrement inférieure à celle des demandes satisfaites (256 000 en 1967 ; 305 000 en 1968 ; 359 000

en 1969) et le nombre des demandes en instance à la fin de 1969 a pu ainsi être ramené à 377 000.

En réalité, en 1969, à quelques centaines de demandes près, c'est à une situation d'équilibre entre l'offre et la demande que l'on est parvenu. Mais cet équilibre est extraordinairement précaire car, dans l'état actuel de pénurie chronique, il existe une importante demande potentielle « refoulée » qui ne demanderait qu'à s'exprimer si le marché du téléphone était normalisé : le niveau élevé de la taxe de raccordement, les délais d'attente, un sentiment d'impuissance devant une démarche considérée par avance comme vaine ont pour effet de dissuader un grand nombre de clients potentiels qui ont renoncé momentanément à déposer une demande. Mais, qu'un espoir d'amélioration apparaisse et ces clients latents se manifestent aussitôt : la campagne entreprise autour du lancement de Finxtel et la promesse que la crise actuelle du téléphone serait résorbée à partir de 1976 ont immédiatement fait grimper de 32 % les demandes d'abonnements nouveaux.

Aujourd'hui, le délai moyen d'attente à partir du dépôt d'une demande d'abonnement nouveau est de l'ordre de 18 mois. Mais cette notion de délai moyen ne rend pas compte d'un noyau de demandes qui n'ont en réalité aucune chance d'être satisfaites à court terme en raison de la saturation des commutateurs ou des réseaux existants : si environ 50 % des demandes satisfaites actuellement ont été déposées depuis moins de trois mois, 10 % des demandes sont encore insatisfaites trois ans et demi après leur dépôt ; 5 % après cinq ans ; 1 % après huit ans. Par comparaison, 99 % des demandes aux Etats-Unis sont satisfaites dans un délai de trois jours ouvrables.



Une étude prospective, effectuée par la SEMA pour permettre de définir les options du VI^e Plan, montre que compte tenu du développement économique, dans l'hypothèse d'une taxe de raccordement sensiblement constante et d'un délai moyen d'attente ramené à six mois en 1975, la demande annuelle augmenterait de 420 000 en 1971 à 990 000 en 1977.

Parallèlement à la croissance de la demande d'abonnements, il faut également prévoir dans les prochaines années un doublement de la demande de trafic par abonnement, qui, malgré la faiblesse de son niveau actuel, reste pourtant supérieure d'environ 15 % aux capacités d'écoulement. Les prévisions les plus modestes chiffrent cette consommation annuelle pour 1985 à 1 200 communications locales, 450 communications interurbaines, et 50 communications internationales soit un total de 1 700 communications par abonnement principal et par an contre 839 en 1966. Pour que ce tableau soit complet, il faut encore ajouter que le téléphone français est un service cher : selon la Revue de l'Administration Suédoise des Télécommunications, l'utilisation annuelle du téléphone (charges de base + 1 000 communications) exprimée en heures de travail pour un ouvrier moyen, serait chez nous deux fois plus chère qu'en Italie, trois fois plus chère qu'en Suisse, en Grande-Bretagne, au Danemark ou aux Pays-Bas.

LES GOULOTS D'ÉTRANGLEMENT

Un réseau téléphonique est un système infiniment complexe puisqu'il doit permettre de relier chacun des abonnés à tous les autres abonnés : avec plus de 3 800 000 abonnés, le réseau français doit donc être en mesure d'établir le chiffre fabuleux de 100 000 milliards de liaisons différentes. Il n'est évidemment pas question d'établir deux à deux 10^{13} communications et pour ce faire, il a fallu structurer et hiérarchiser le réseau en un certain nombre de voies de passage plus ou moins groupées — ce sont les circuits de transmission — et de nœuds de communication — ce sont les centraux de commutation. Le réseau téléphonique est ainsi composé de trois types d'équipements distincts : des installations terminales, postes ou standards ; des voies de transmission, qui vont de la plus simple, la ligne d'abonné, à la plus regroupée, le circuit interurbain, en passant par le groupement intermédiaire du circuit local ; des centraux de commutation hiérarchisés destinés à mettre en com-

munication toutes ces voies : les centres locaux, les centres de groupement et les centres de transit.

Les installations terminales

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler que le principe du téléphone consiste à transformer les vibrations mécaniques produites par les cordes vocales en vibrations électriques de même amplitude et de même fréquence et vice-versa.

Cette transformation s'effectue, selon son sens, par l'intermédiaire de l'émetteur ou du récepteur du combiné : l'émetteur est formé d'une membrane derrière laquelle se trouve une cavité remplie d'une quantité exactement mesurée de granules de carbone. Un courant électrique, produit par une batterie installée au central, parcourt sans arrêt les fils qui relient le central au récepteur de l'abonné. Lorsque, sous l'effet des vibrations vocales, la pression exercée par la membrane sur les grains de carbone augmente, les grains se serrent les uns contre les autres ; leur surface de contact s'agrandit et ils offrent une moindre résistance au passage du courant électrique, qui s'intensifie. Lorsqu'au contraire, la pression diminue, la surface de contact des grains de carbone s'élargit, leur résistance au passage du courant augmente et l'intensité du courant est moindre. Le courant électrique ainsi modulé s'en va le long des fils téléphoniques jusqu'au récepteur du demandeur qui le restitue en vibration mécanique par l'intermédiaire d'une membrane de métal mince et ronde soumise à l'action combinée de deux aimants : l'un de ces aimants, permanent, exerce une force d'attraction constante sur le pourtour de la membrane, l'autre est un électroaimant qui agit sur la membrane en fonction de la variation des vibrations électriques. Par ce mouvement de va et vient la membrane reproduit des ondes sonores semblables à celles reçues par le micro au point de départ.

Outre le combiné émetteur-récepteur, un poste de téléphone comprend essentiellement un second élément : le cadran ou disque d'appel, qui n'est autre qu'un interrupteur destiné à provoquer, en fonction de sa rotation, des ruptures et des fermetures successives de courant sur la ligne de l'abonné : ces impulsions constituent les signaux qui permettent au central de sélectionner le numéro demandé et de mettre ainsi en rapport la ligne du demandeur avec celle du demandé.

Excepté quelques modifications de détail, et des progrès en qualité, les installations terminales sont au point depuis fort longtemps et ne peuvent guère être incriminées dans la mauvaise qualité du téléphone : si l'existen-



Photo C.N.E.T.

Relais à tiges utilisés dans le commutateur électronique « Péricle's » au Central Michelet à Clamart.

ce du cadran reste un élément de fragilité, son remplacement par un clavier à touches, d'ailleurs déjà au point, ne se justifiera que lorsque les centraux seront en mesure d'exploiter le gain réel de temps qu'ils permettent.

● Les centres de commutation

On ne peut pas en dire autant des centraux français qui sont pour une bonne part responsables de notre arriération téléphonique, tout à la fois en raison d'une organisation néfaste, d'une technique retardataire et d'une économie onéreuse.

La structure du réseau français reste encore aujourd'hui profondément marquée par son organisation originelle : dès 1929, il s'est constitué d'un grand nombre de petites unités réparties dans les bureaux de poste et reliées entre elles par des artères de transmission de très faible capacité. Avec 26 000 points de commutation, la France compte, toutes choses égales par ailleurs, huit fois plus de centraux que les autres pays européens, vingt fois plus que les Etats-Unis. Cet éparpillement n'a jamais été remis en cause et a retardé l'automatisation du réseau. En raison de cette structure très particulière, le nombre des postes reliés à des centraux manuels ou semi-automatiques ruraux a continué à croître jusqu'en 1967 où l'on s'est enfin rendu compte que l'exploitation manuelle constitue un service désuet, très largement déficitaire, qui pèse sur l'ensemble de la qualité, de la productivité et des prix du réseau fran-

çais, et qu'il est absolument prioritaire de faire disparaître ces 921 000 postes non automatiques.

Le réseau français compte ainsi quelque 25 000 commutateurs locaux qui ont pour fonction d'établir à la demande des liaisons du type abonné-abonné, pour les communications locales, ou du type abonné-circuit, pour les relations avec l'extérieur ; 732 centres de groupement, qui jouent le rôle de centres locaux pour les abonnés qui y sont reliés et qui en outre opèrent la jonction avec le réseau interurbain, soit directement avec un autre centre de groupement, soit avec l'un des 65 centres de transit intermédiaires.

2,9 millions d'abonnés étaient à la fin de 1969 reliés à des centraux automatiques, mais parmi ceux-ci près de 2 millions l'étaient à des autocommutateurs de type rotatif, dont le premier exemple fut expérimenté à Nice dès 1913 et qui sont aujourd'hui techniquement déclassés par les autocommutateurs de type « crossbar ». Dans les systèmes de type rotatif, les impulsions électriques émises par le cadran du poste de l'abonné entraînent, par l'intermédiaire d'électro-aimants, un système d'aiguillages successifs composés d'axes tournants munis de balais qui viennent frotter des broches disposées en cylindre autour de l'axe. Dans les systèmes Crossbar les liaisons sont établies par les points de contact entre des barres horizontales et verticales animées de très légers déplacements autour de leur axe. Les systèmes crossbar présentent par rapport aux systèmes classiques de multiples avantages : économie à la production,

MAIS UN TÉLÉPHONE

PEUT AUSSI SERVIR...



COMME
ARME DEFENSIVE
EN COMBAT
RAPPROCHE...



Roger Viollet



L'évolution des installations terminales : du premier appareil téléphonique de Graham Bell (1876) au moderne poste à clavier, doublé d'un appareil « Visiophone » : pour transmettre simultanément à la conversation une image de finesse moyenne et de champ restreint, il faut en artères de transmission l'équivalent de 100 voies téléphoniques.

économie de surface, économie d'entretien, fiabilité supérieure, rapidité d'établissement des liaisons, possibilité de constituer des groupements importants de lignes d'abonnés au fur et à mesure des besoins sans que les lignes groupées aient nécessairement des numéros qui se suivent. A échéance de quelques années tout le réseau français doit être équipé en systèmes de comutation cross-bar.

● La troisième génération

En fait, la troisième génération des auto-commutateurs est techniquement au point : c'est celle des commutateurs électroniques dont les expériences en cours, en vraie grandeur, permettent de penser que le stade de la production industrielle pourrait démarrer vers 1975.

Il existe aujourd'hui deux types de commutateurs électroniques en service : les centraux du réseau « Platon » à Lannion et Perros-Guirec, qui sont des systèmes à commutation temporelle ; l'autocommutateur « Periclès » mis en service expérimental au central « Michelet » à Clamart, dans les Hauts-de-Seine, qui est un système à commutation spatiale. Dans le système « Platon » à commutation temporelle, les connexions entre abonnés ne sont plus réalisées à l'aide de contacts matériels, mais par la mise en jeu de mémoires. De plus ces connexions ne sont plus permanentes, mais seulement périodiques : le signal électrique analogique émis par le poste de l'abonné est dès son arrivée au central de rattachement codé en groupes de 7 impulsions numériques binaires (c'est-à-dire en 1 : présence de l'impulsion sur la ligne ; ou en 0 : absence de l'impulsion) dont les combinaisons sont caractéristiques de l'amplitude du signal téléphonique aux mêmes instants. Ces groupes de 7 impulsions, élaborés périodiquement à la cadence de 8 000 fois par

seconde, c'est-à-dire codés tous les 126 millièmes de seconde, sont émis en 4 millièmes de seconde et forment les wagons d'un train numérique entre lesquels il reste un temps de 120 millièmes de seconde pendant lequel d'autres groupes, provenant du codage d'autres signaux téléphoniques, peuvent être transmis sur la même ligne. On arrive ainsi à faire passer 32 communications téléphoniques sur une seule ligne, c'est le « multiplexage dans le temps » : la parole ainsi codée sous forme numérique est acheminée jusqu'à l'entrée de la ligne de l'abonné correspondant où elle est décodée et reconstituée par une transformation inverse numérique analogique.

Un tel système apporte des avantages techniques décisifs : le multiplexage permet de réduire le nombre des lignes à l'intérieur et entre les centraux, ainsi que le nombre des éléments de connexion reliant les lignes entre elles ; en outre il permet de fournir aux abonnés des services meilleurs et nouveaux : sélection ultra-rapide du correspondant ; excellente qualité d'audition, possibilité de numérotation à deux chiffres pour un certain nombre de correspondants habituels ; mise en attente de l'appel d'un abonné occupé ; possibilité de conférence à plusieurs interlocuteurs sur une même ligne etc.

Le système « Periclès » au contraire est de type « spatial », parce qu'il maintient pendant toute la durée de la communication la liaison entre les deux correspondants. La connexion entre les deux lignes est commandée par deux calculateurs électroniques et s'établit en un point composé d'une bobine à un seul enroulement de 1 000 spires, d'une diode et de trois contacts placés dans des ampoules scellées à l'intérieur de la bobine. Rapidité de commutation de l'ordre de la milliseconde ; miniaturisation des composants permettant

de réduire 4 fois l'encombrement de l'ensemble des équipements par rapport aux systèmes crossbar les plus modernes ; très haute fiabilité des composants ; services nouveaux aux abonnés identiques à ceux du système « Platon » : tels sont les principaux avantages de la commutation spatiale, dont l'exploitation pourra devenir très rapidement rentable et compétitive, si les expériences en cours au central Michelet sont confirmées l'an prochain par la mise en service d'un second central de 3 000 lignes à Maisons-Laffitte, sous une forme proche de l'industrialisation, puis en 1972 par le central semi-public de 6 000 lignes à l'aéroport de Roissy-en-France.

Les circuits de transmission

Un système de transmission téléphonique entre deux centraux comprend deux types d'équipements :

- un support physique, l'artère de transmission proprement dite, qui peut soit être un support matériel — câbles aériens, souterrains ou sous-marins, dans l'avenir guide d'ondes circulaires — soit un système d'ondes — faisceaux hertziens, voies radioélectriques, liaisons par satellites, voire dans l'avenir rayon laser.

- Des équipements de modulation, situés aux extrémités de ces artères, qui permettent, en modulant le courant sur une gamme haute fréquence par bandes échelonnées de 4 000 en 4 000 Hz, de faire passer sur une même artère un grand nombre de conversations simultanées que l'on appelle des voies. On arrive ainsi à l'heure actuelle, selon l'appétit des artères à acheminer une gamme de fréquence plus ou moins élevée, à faire passer simultanément 120 voies sur un câble sous-marin, 1 200 voies par le satellite Intelsat III, 1 800 voies sur un faisceau hertzien, 2 700 voies sur des câbles à paires coaxiales. A l'origine, dans le combiné téléphonique, la voix de l'abonné module le courant électrique sur une fréquence de 300 à 3 400 Hz, en fonction des vibrations sonores qu'il produit. Lorsque ce courant arrive au central, avant d'être lancé sur les artères de transmission, il passe par des filtres qui assignent à cette onde une bande de 4 000 Hz sur une très large gamme de fréquence qui peut atteindre 12 GHz (12 000 MHz) dans le cas des faisceaux hertziens par exemple. A l'autre bout du circuit, un filtre ramène en sens inverse l'onde électrique à une fréquence comprise entre 300 et 3 400 Hz, perceptible à l'oreille humaine moyenne qui ne reçoit les sons qu'entre 20 et 20 000 Hz.

Ces systèmes de transmission sont dits « ana-

logiques » parce que, quelle que soit la fréquence qu'elle utilise, l'onde électrique transmette des variations d'amplitude et de fréquence strictement analogues à celles de son original à transmettre. Ils appliquent le principe du « multiplexage en fréquence » qui consiste à attribuer à chaque voie une place disponible dans une gamme haute fréquence. Mais le procédé de l'avenir est sans doute le « multiplexage dans le temps » qui consiste à transmettre plusieurs voies sur le même support et dans une même bande de fréquences mais pendant des intervalles de temps distincts en remplaçant les signaux analogiques des systèmes classiques par des signaux numériques binaires : c'est le système de Modulation par Impulsions et par Codage (M.I.C.), mis au point par les techniciens du Centre National d'Etudes des Télécommunications (C.N.E.T.).

Le signal électrique issu du microphone de l'abonné est d'abord échantillonné 8 000 fois par seconde et transformé en une suite d'impulsions modulées en amplitude qui sont mesurées par rapport à un catalogue de 64 « impulsions-étalons » ; le numéro de catalogue le plus voisin de l'impulsion réelle est alors transmis en ligne selon un code binaire à six moments c'est-à-dire au moyen de groupes de 6 chiffres qui ne peuvent être que 0 (absence d'impulsion), ou 1 (présence de l'impulsion). Les échantillonnages successifs forment ainsi sur l'artère de transmission un train de groupes de 6 impulsions qui se déplace à la vitesse de 1 776 000 impulsions par seconde jusqu'à l'arrivée où un décodeur restitue le signal initial.

La vitesse de ce système est tellement fantastique qu'entre deux échantillons consécutifs d'une même voie, il est possible d'in-



sérer les échantillons d'autres voies, si bien qu'une voie téléphonique M.I.C. peut transmettre douze fois plus d'informations binaires qu'une voie téléphonique analogique.

Depuis 1965, une liaison expérimentale établie sur ce principe fonctionne entre Chaville et le Central « Bonne-Nouvelle » à Paris : elle procure, sur 4 fils 36 voies téléphoniques aller et retour, au lieu de deux seulement par les méthodes classiques. Le système M.I.C. également utilisé dans le réseau « Platon » à Lannion, accroît donc considérablement les possibilités de transmission des câbles déjà existants. Il présente en outre deux avantages décisifs : le prix des équipements de modulation est inférieur de moitié à celui des équipements analogiques ; du fait de la simplicité des signaux transmis, les déformations ou les altérations sont pratiquement éliminées.

Les artères du réseau

Le réseau de transmission téléphonique français comporte plus de 100 000 circuits locaux, d'une longueur moyenne de 12,7 km, et plus de 75 000 circuits interurbains d'une longueur moyenne de 207 km. La nature de ces circuits varie à la fois en fonction de la longueur de la liaison à établir et de leur capacité en voies : en général, les liaisons locales à courte distance (8-10 km) et à faible débit, sont réservées aux câbles à paires symétriques, contenant autant de paires de fils que de circuits, et sur lesquels le signal est le plus souvent transmis tel quel, en Basse-Fréquence.

Mais lorsqu'il s'agit de liaisons à moyenne et à grande distance, nécessitant des capacités d'acheminement de plusieurs milliers de voies, les câbles coaxiaux et les faisceaux hertziens porteurs de courant Haute-Fréquence entrent en concurrence.

La très grande majorité du réseau interurbain est encore composée de câbles à paires coaxiales, formés d'un conducteur plein, en cuivre, centré à l'aide d'un isolant en polyéthylène à l'intérieur d'un autre conducteur tubulaire, également en cuivre. Il existe deux formats normalisés de ce type de câbles : l'un souterrain où le diamètre du conducteur central est de 2,6 mm et le diamètre intérieur du conducteur cylindrique qui l'enveloppe de 9,5 mm ; l'autre, dont les diamètres sont respectivement de 1,2 et 4,4 mm, convient à la liaison aérienne autoportée. En utilisant des fréquences de 12 MHz, ces deux types de câbles peuvent transmettre 2 700 voies par groupes de 2 paires coaxiales. La première liaison à 2 700 voies de ce type fut mise en service sur l'artère Paris-Clermond-Ferrand-Lyon en 1966 et la totalité du réseau des câbles coaxiaux déjà existants

2,6/9,5 doit être équipée à 2 700 voies au cours du VI^e Plan.

L'extension du réseau hertzien

Pour faire face aux besoins nouveaux, plutôt que de construire de nouvelles artères de câbles coaxiaux, il est économiquement préférable de mettre en place un réseau d'infrastructures de liaisons hertziennes. A l'heure actuelle la longueur totale du réseau de faisceaux hertziens atteint près de 4 millions de kilomètres, mais ne représente encore que 15 % des liaisons téléphoniques, alors que cette proportion dépasse couramment le double dans les pays téléphoniquement avancés. Comme l'évolution technique récente a rendu la liaison hertziennne, sur certains types de reliefs, plus économique que la liaison par câbles souterrains, le programme d'équipement français prévoit que les faisceaux hertziens atteindront 30 % du parc d'artères téléphoniques en 1972, avec plus de 10 millions de kilomètres.

Le principe de la liaison hertziennne consiste à propager un faisceau d'ondes électromagnétiques ultra-courtes (de fréquence comprise entre 100 et 12 000 MHz, ce qui correspond à des longueurs d'ondes comprises entre 3 m et 2,5 cm) très étroit (1 à 2 degrés d'ouverture) et très précisément orienté dans la direction du récepteur au moyen d'antennes spéciales appelées « aériens ». La propagation de ces ondes centimétriques entre deux points n'est possible que s'il existe une visibilité directe entre eux, dégagée d'obstacles. C'est pourquoi une liaison hertziennne est constituée d'une série de stations-relais, en visibilité les unes des autres (tous les 50 ou 60 km en terrain plat), chacune recueillant le signal émis par le relais précédent, l'amplifiant et le réémettant vers le relais suivant. Aux extrémités de la liaison, les stations terminales sont caractérisées par la présence de modulateurs et de démodulateurs, associés aux émetteurs et aux récepteurs téléphoniques, qui effectuent, en fonction du signal à transmettre, une modulation de fréquence sur une large bande d'ondes centimétriques, dite « porteuse », qui constitue un canal radioélectrique et qui correspond à un multiplex de plusieurs centaines de voies téléphoniques. Une même antenne peut transmettre plusieurs de ces « porteuses » convenablement espacées en fréquence et établir ainsi une liaison comportant 5 à 6 canaux actifs transmis en parallèle. Dans chaque station-relais, il suffit de transposer le signal reçu à une fréquence inférieure pour le filtrer et l'amplifier avant de le réémettre en hyperfréquence.

DE TRANSMISSION DES ARTÈRES

Les faisceaux hertziens dont les premières réalisations en France, datent des années 1950, ont vu la capacité de leurs canaux augmenter successivement de 300 à 600 puis 960 voies. Aujourd'hui, en utilisant la bande de fréquence de 6 GHz (6 000 Megahertz), chaque canal peut assurer la transmission simultanée de 1 800 voies téléphoniques, et un faisceau peut être constitué de 8 canaux parallèles, dont 6 actifs et 2 de secours : la capacité d'une liaison hertzienne moderne peut donc atteindre 10 800 voies.

La première liaison de ce type, entrée en service au début de l'année, est le faisceau Paris-Poitiers-Bordeaux qui comprend 1 canal actif à 1 800 voies et 1 canal de secours. La liaison comprend 3 stations terminales — Meudon, Poitiers et Bordeaux — et 10 stations relais. Un canal supplémentaire Paris-Bordeaux direct sera ouvert en 1971. Deux autres liaisons de ce type sur l'artère Lyon-Marseille-Nice et Paris-Lille entreront en service respectivement fin 1971 et début 1972. Des liaisons par cinq canaux actifs à 960 voies, plus un canal de secours (4 800 voies), utilisant la bande de fréquence de 4 GHz, sont en cours de réalisation entre Paris et Lyon, Clermont-Ferrand-Moulins, Montpellier-Perpignan, Paris-Rennes.

Pour des liaisons plus étroitement régionales on utilise la bande de fréquence de 7 Gigahertz qui permet de constituer 3 à 6 canaux parallèles de 300 ou 600 voies. Des équipements de faisceaux hertziens entièrement transistorisés, montés sur des stations mobiles composés d'une camionnette abritant les équipements, d'un groupe électrogène en remorque, d'un pylône à montage rapide et d'une antenne, permettent d'assurer des liaisons locales ou régionales d'intérêt temporaire (Jeux Olympiques de Grenoble, Tour de France etc.) ou de faire face à des situations d'urgence (glissements de terrains ou inondations interrompant les câbles souterrains).

Les artères de l'avenir

Enfin, il existe une technique hertzienne entièrement différente pour les liaisons à grande distance : celle du faisceau hertzien « transhorizon », dans laquelle les ondes porteuses ne sont plus transmises en vue directe de station à station, mais réfléchies sur les basses couches de l'atmosphère. Cette technique assure depuis 1968 une liaison France-Portugal entre le Mont Artzamendi, près de Bayonne et Nogaro.

Malgré l'augmentation constante de leur capacité, les câbles coaxiaux sont menacés de saturation ; l'encombrement croissant des

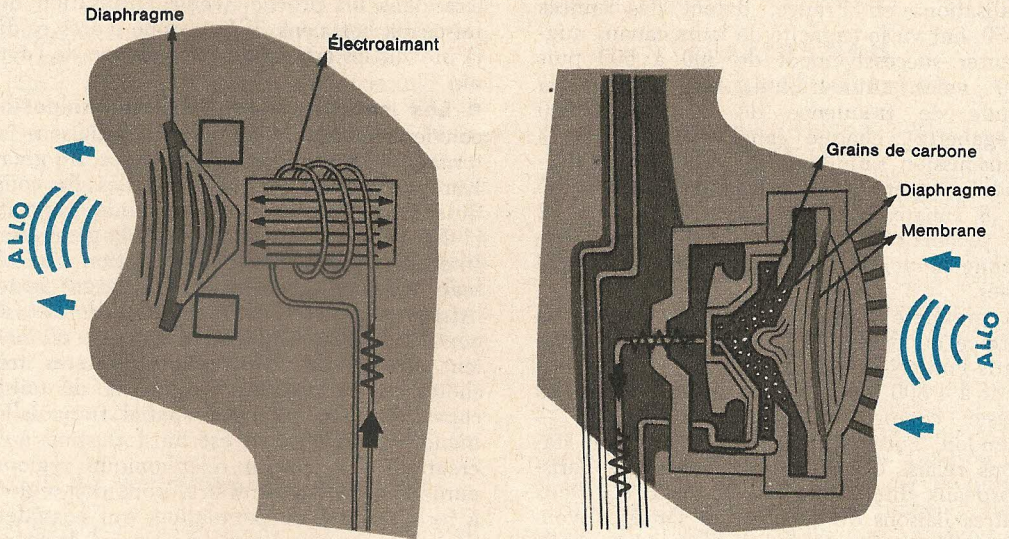
bandes de fréquences à 4 ou 6 GHz limitera dans un proche avenir l'utilisation des faisceaux hertziens. Il faut donc d'ores et déjà prévoir les artères de transmission de l'avenir.

● **Les satellites de télécommunication** conviennent particulièrement aux liaisons internationales à très grande distance, du genre Europe-Amérique, pour lesquelles ils constituent le seul moyen à grande capacité (1 200 voies par les satellites de la génération Intelsat III) ; ou encore à la création d'un réseau téléphonique sur de très larges zones (Afrique, Moyen-Orient) à faible densité de population et peu industrialisées : ils permettent d'éviter la construction d'artères très chères parce que très longues et de faible capacité. Le programme spatial franco-allemand « Symphonie » est ainsi destiné à la création d'un réseau téléphonique régional euro-africain. Au contraire, pour des régions à forte densité de population, qui possèdent déjà des réseaux denses d'artères à forte capacité, les liaisons spatiales ne sont encore ni économiquement compétitives, ni techniquement souhaitables en raison de la nécessité de placer les stations terrestres d'émission-réception à des distances importantes du point d'aboutissement des circuits pour éviter les brouillages avec les réseaux de faisceaux hertziens (Pleumeur-Bodou est à 500 km de Paris).

● **Le guide d'ondes circulaires** paraît être la technique la plus prometteuse, la plus proche de l'industrialisation et la mieux adaptée aux contraintes de nos réseaux intérieurs. Il s'agit d'un cylindre creux de 50 mm de dia- ➤

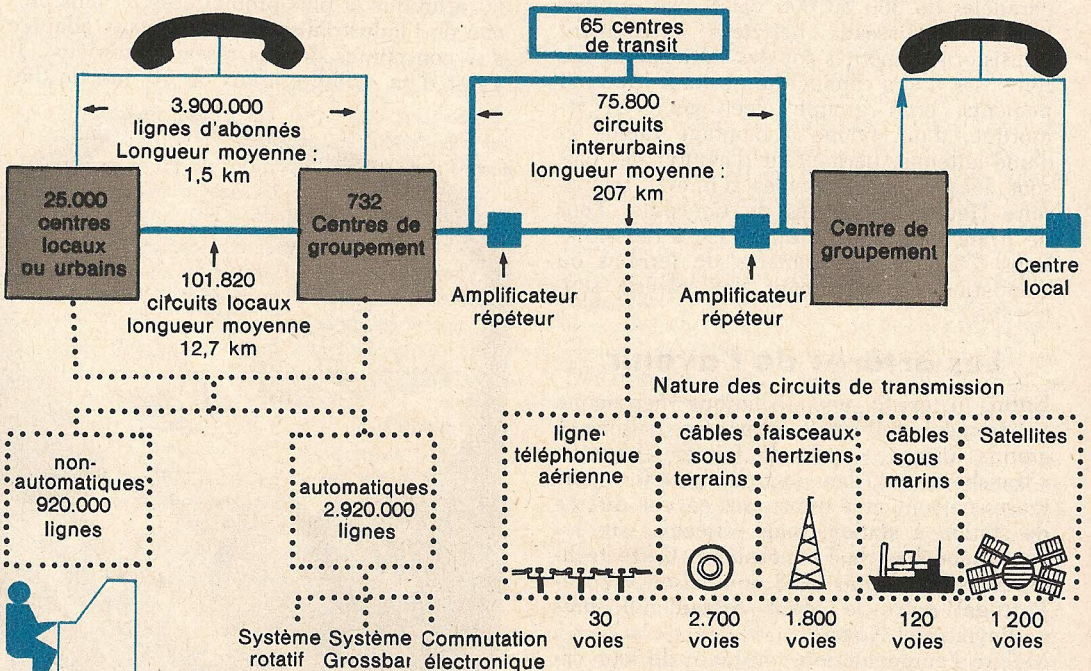


BEAUCOUP D'OPTIMISME ET UN PEU DE PATIENCE !



- 1 RÉCEPTION :** l'onde électrique modulée qui parvient dans l'écouteur est transformée en vibration sonore par l'intermédiaire d'une membrane de métal mince soumise à l'action d'un électro-aimant.
- 2 ÉMISSION :** la vibration sonore émise par la voix dans l'émetteur fait vibrer une membrane de caoutchouc qui, en comprimant plus ou moins des granules de carbone, « module » l'intensité de courant électrique qui parcourt la ligne.

2 RÉSEAU DE DISTRIBUTION : RÉSEAU INTERURBAIN OU INTERNATIONAL



mètre constitué par un fil de cuivre enroulé en hélice à spires jointives, entouré de plusieurs rubans de fibres de verre, noyé dans une résine époxy isolante, le tout étant placé sous armature tubulaire en acier. L'utilisation de très hautes fréquences de 35 à 120 GHz et du système M.I.C. permettrait d'acheminer dans un tel guide 50 000 à 100 000 voies téléphoniques simultanées ou des dizaines de canaux de télévision.

Il reste encore un certain nombre de problèmes à résoudre, notamment la mise au point de systèmes de modulation appropriés à de telles capacités et l'élimination des modes parasites qui peuvent se former à chaque courbe du guide.

Une liaison expérimentale en vraie grandeur, utilisant la modulation de fréquence avec des bannes nettement plus larges que celles des faisceaux hertziens, est en cours de réalisation entre la tour hertzienne de Meudon et le Centre d'amplification de la rue Saint-Amand à Paris. Il s'agit d'une liaison courte (10 km environ) mais extrêmement chargée puisque la tour de Meudon est le point de départ des faisceaux hertziens vers Strasbourg, Lyon, Marseille, Lille, Le Havre, Caen, Rennes, Brest et Bordeaux. Sur le plan économique, le guide d'ondes pourrait devenir assez rapidement la meilleure solution pour des artères nécessitant une capacité supérieure à 15 000 voies.

● **Le rayon laser**, dans un avenir beaucoup moins tangible, constitue pour les chercheurs du C.N.E.T. une solution riche de promesses : du fait de leur fréquence très élevée, de l'ordre du micron, les ondes du rayon laser ont en effet une capacité de charge d'informations bien supérieure à celle des ondes hertziennes. Il faut cependant résoudre le problème de leur modulation et de leur démodulation, c'est-à-dire la possibilité de les charger d'informations au départ, puis de retirer ces informations à l'arrivée. D'autre part, pour éviter leur absorption dans l'atmosphère, ces ondes doivent circuler dans un tube sous vide. Une liaison expérimentale de 1 500 m au moyen d'un laser à néon hélium est actuellement en cours de réalisation au centre de recherches de Lannion.

Le bon côté des choses

On voit que les solutions de rêve pour un téléphone idéal, ne manquent pas : techniquement elles existent et sont au point, dans les laboratoires du C.N.E.T. ou sur quelques points pilotes de notre réseau. Mais la réalité, nous l'avons vu, est, elle, assez lépreuse : 26 000 points de commutation, qu'il faut réduire à 9 000 ; encore près d'un million de lignes raccordées à des centres manuels ; deux

millions de lignes raccordées à des commutateurs automatiques mais de conception très ancienne, seulement 700 000 branchées sur des commutateurs modernes ; une insuffisance des circuits qui peut être évaluée à 12 %, et, dans leur organisation, une grande pagaille.

Entre le rêve et la réalité, un plan et une question de crédits : le plan existe désormais. Il comprend deux priorités : l'automatisation complète du réseau avant 1976 ; la réalisation d'une fluidité parfaite du trafic, ce qui suppose le renouvellement de tous les vieux centraux et la désaturation des centraux existants. En un objectif : la production de 1 million de lignes principales nouvelles par an à partir de 1976 pour faire face à la demande ; à partir de 390 000 raccordements d'abonnés cette année, il faut, pour cela, atteindre 425 000 en 1971 et 600 000 en 1972.

L'industrie privée, essentiellement constituée de quatre sociétés, dépendant en réalité de trois groupes puissants — la C.G.E. et le Groupe suédois Ericsson qui viennent de rapprocher leurs filiales C.I.T. et S.T.E. ; le groupe américain international Telephone and Telegraph qui a deux filiales françaises L.M.T. et C.G.C.T. — s'assure largement en mesure de fournir une production de cet ordre tout en consentant des baisses notables sur les prix des matériels commandés en grande série.

Reste donc une épineuse question de crédits en principe résolue : pour assurer le succès de ce plan, les investissements devraient passer de 2,5 milliards en 1969 à 3,5 milliards en 1970, 4,5 milliards en 1971 et 5,5 milliards en 1972. Pourvue d'imposants bénéfices, appuyée par une société de financement privée, Finextel, dont la contribution est fixée à 600 millions dès cette année, puis à 1 milliard en 1971 et 1972, sans doute secondée en 1971 par une seconde société de financement privée, CODETEL, qui pourrait avoir recours au marché financier international, la branche des télécommunications a les moyens de réaliser ces objectifs si on ne lui impose pas de porter à bout de bras les secteurs déficitaires de l'administration des P.T.T. Soyons donc optimistes.

D'ailleurs, aussi catastrophique qu'elle soit, la situation actuelle porte en elle un bon côté : étant donné son état avancé de vétusté, il faudra d'ici 1985 renouveler 95 % de notre réseau téléphonique, ce qui signifie qu'à cette date 95 % au moins de tous nos équipements auront moins de 17 ans ; ainsi le réseau français serait en 1985 l'un des plus modernes du monde, et par conséquent un des meilleurs. Encore un peu de patience, donc.

Alain MORICE