

Les faisceaux hertziens

En septembre 1794, le télégraphe aérien de Chappe faisait passer de Lille à Paris (16 stations situées sur des points hauts), la dépêche qui annonçait la prise de Condé par les armées de la République... grâce au beau temps, la transmission des signaux s'était effectuée dans le délai record de deux minutes! Bientôt, pour franchir les 116 stations télégraphiques de Paris à Toulon, les nouvelles allaient se propager en vingt minutes, quand, du moins, les circonstances météorologiques se montraient favorables. A l'époque, on parla de miracle technique.

De nos jours, la moindre communication téléphonique interurbaine emprunte, soit la voie des grands câbles coaxiaux souterrains, soit celle des ondes radio. Ces dernières, retransmises par tous les temps, de tour hertzienne en tour hertzienne, se propagent dans l'air à la vitesse de 300 000 km à la seconde. Mais personne n'y voit de miracle, tant le fait est devenu habituel et invisible.

Nous commencerons cet article par un large tour d'horizon où nous décrivons ce que sont les faisceaux hertziens, et nous reviendrons dans le détail, pour les techniciens que sont nos lecteurs, en insistant davantage sur les problèmes d'infrastructure et les moyens techniques mis en œuvre pour l'édification, le fonctionnement et l'entretien des stations hertziennes. Pour conclure, nous rendrons compte de la visite que nous avons effectuée pour nos lecteurs, au centre hertzien de Lyon-Chassieu, récemment mis en service, et qui est un exemple dernier cri de la technique moderne en matière de Télécommunications.

oscillateurs récepteurs aux études précédent

es de base it des cirdes schésatio st ircui st exemples espé si technolode circuits sinés à cet el produits amplifica-

k Gueulle

Les hommes et les femmes de notre temps éprouvent le besoin de communiquer toujours davantage pour leurs affaires et dans leurs relations amicales et familiales. Le téléphone, le télex, la téléinformatique leur offre la possibilité de conserver entre eux, ou d'échanger des textes ou des informations codées, avec une qualité de transmission excellente, et quelle que soit la distance qui sépare les correspondants. De plus en plus nombreux sont les clients des Télécommunications, et ceux qui aspirent à le devenir. Le trafic est en croissance très forte. Mais comment sont atteintes les performances remarquables de ces moyens qui mettent en relation, souvent en quelques dizaines de secondes, deux quelconques parmi les millions d'abonnés du réseau, après la simple manœuvre d'un cadran d'appel ou d'un clavier?

La technique des « télécomm » est pleine de mystères. L'apparition de composants infiniment petits, ainsi qu'une plus grande maîtrise des hautes fréquences ont ouvert de nouvelles voies. Invisibles, parce qu'enterrés comme les câbles ou utilisant des ondes immatérielles, miniaturisés, protégés de l'humidité et de la poussière, les équipements sont fragiles, coûteux, d'un maniement délicat. Leur maintien en bon état de fonctionnement demande un personnel compétent et exercé.

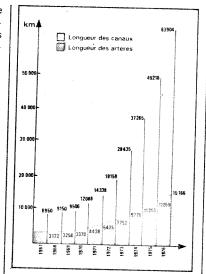
Ainsi constate-t-on ce paradoxe d'un accroissement prodigieux des besoins en moyens de télécommunications et d'une grande difficulté à percevoir et accepter les contraintes qui sont inhérentes à cette technique très complexe.

L'obscurité engendre les malentendus. Aussi faut-il informer. Tel est le but de cet article sur les faisceaux hertziens. Nous dévoilerons certains aspects de ce moyen de transmission à distance, que chacun de nous utilise souvent sans le savoir et sans le connaître.

Les moyens de télécommunications

Depuis quelques années, des tours et des pylônes sont édifiés par la DTRN en des lieux élevés du territoire. La raison d'être de ces constructions est souvent mal connue. Elles constituent le support de l'un des moyens modernes de télécommunications : le faisceau hertzien, l'autre moyen utilisé pour l'écoulement du trafic étant le câble souterrain.

Les faisceaux hertziens assurent la propagation des signaux de télécom-



munications sous forme d'ondes radio. Dans les câbles souterrains, la transmission se fait à l'aide de conducteurs métalliques, sous forme de courants

Les deux techniques utilisées, câble et voie radio, sont complémentaires. Leurs domaines, respectifs dépendent du volume du trafic à écouler, de la géographie des zones à équiper, et de nombreuses contraintes liées à la technique, à l'exploitation et à la sécurité du réseau. En 1977, les 2/3 des circuits téléphoniques français empruntaient des câbles et 1/3 des faisceaux hert-

Ce partage évolue dans le sens d'une plus grande importance accordée aux faisceaux hertziens. Depuis 1970, leur développement a été considérable, tant afin d'assurer un meilleur équilibre entre les techniques utilisées que pour faire face à la croissance du trafic. La longueur des artères nouvelles réalisées a été en 1976 de 2300 km. L'objectif est d'atteindre la situation de certains pays étrangers (50 % câbles, 50 % faisceaux).

Les faisceaux hertziens

Pour transmettre les signaux de télécommunications: téléphone - télex téléinformatique, les faisceaux hertziens utilisent des ondes ultra-courtes, c'est-à-dire à très hautes fréquences, acheminées par voie radio dans l'atmosphère, sans autre support matériel que les antennes d'émission et de réception : il s'agit d'ondes centimétriques. Comme les propriétés de ces ondes sont proches de celles de la lumière, la visibilité optique est indispensable entre les antennes, ce qui

implique d'installer les stations qui les supportent (tours ou pylônes) sur des points hauts. Une liaison hertzienne à grande distance est donc constituée par une série de stations, visibles les unes des autres, présentant un bon dégagement radio, et espacées d'une cinquantaine de km en l'état actuel des techniques, chacune recueillant le signal émis par la station précédente, l'amplifiant et le réémettant vers la station suivante.

Les fréquences

Nous savons que les fréquences trop proches se brouillent mutuellement. De nombreux services ont recours à elles pour effectuer des transmissions téléphoniques, télégraphiques, de radio ou de T.V., en particulier par satellite ou par faisceau hertzien. Pour éviter les interférences, il est nécessaire de partager la gamme des fréquences entre ces services et ces techniques en affectant des bandes de fréquences, à tel ou tel usage.

Sur le plan mondial, c'est l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) dont le secrétariat siège à Genève, qui répartit le spectre des fréquences en fonction des diverses utilisations possibles. Cette répartition est effectuée au sein du Comité Consultatif International des Transmissions Radioélectriques (CCITR). A l'échelon national, sous l'égide du Comité de Coordination des Télécommunications (CCT), le comité mixte des fréquences distribue les bandes entre les parties prenantes, de façon à éviter toute gêne entre les utilisateurs.

Dans le cadre des fréquences qui lui sont attribuées, la DTRN utilise pour les liaisons hertziennes six plans de fréquences situés entre 4 et 13 GHz, qui correspondent à des longueurs d'ondes comprises entre 7,5 et 2,3 cm. Il est possible également de réaliser des canaux à 960 voies, en accord avec TDF, dans la bande des 8 GHz (1 GHz = 1 milliard d'oscillations/secondel

En outre, des liaisons à moyenne capacité (30 - 120 voies) sont réalisées par les Directions Régionales dans la bande des deux gigahertz et dans la bande des 15 GHz. Les voies sont groupées par « canal ». Plusieurs canaux sont placés dans chaque bande de fréquences.

Sur un parcours donné, la pleine utilisation d'un faisceau hertzien peut fournir actuellement 42 000 et bientôt 57 000 liaisons téléphoniques, ce qui est assez impressionnant, mais du même ordre de grandeur que le nombre de voies de télécommunications possibles sur une artère en câble coaxial.

Les c de pri

1

1:

10

8,

3,8

7,1

6.4

5,9

4.2

3.3

2,3

2.11

1.9

Les a leur pui tion util mer les ment m un déco 50° ent tour ou lent sur Cette di tion du conséqu bilités d téléphon née.

stations qui les /lônes) sur des in hertzienne à onc constituée ns, visibles les intant un bon spacées d'une état actuel des recueillant le in précédente, ant vers la sta-

équences trop nutuellement. ont recours à transmissions phiques, de articulier par nertzien. Pour il est nécesme des frés et ces techandes de frége.

c'est ronion communica-ariat siège à actre des frédiverses utirépartition du Comité des Trans-s (CCITR). A l'égide du es Télécomité mixte des andes entre acon à éviter ateurs.

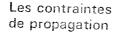
ences qui lui
utilise pour
plans de fré13 GHz, qui
longueurs
5 et 2 m.
de ler en accord
des 8 GHz
d'os a-

i moyenne nt réalisées les dans la et dans la voies sont Plusieurs que bande

pleine utitzien peut
) et bientôt
Jes, ce qui
mais du
Je le nomunications
en câble

Bande de fréquences	Nombre de canaux et de voies
7 GHz 4 GHz 8 GHz 6 GHz 11 GHz 6,5 GHz 13 GHz	3 canaux de 600 voies 5 canaux de 1260 voies 5 canaux de 1260 voies 6 canaux de 1800 voies En cours d'étude = 15000 voies environ 7 canaux de 2700 voies 6 canaux de 720 voies

	SPECTRE DE REPAR	TITION DES FREQUENCES
Fré- quence en GH:	z TELECOMMUNICATIONS	AUTRES UTILISATEURS
15,35 15,25	Liaisons régionales	100 To 100 April
14,5 14,4	Liaisons régionales	Radioastronomie
13,25	720 voies par canal	Aviation civile - Divers
10,7 8,500	1920 voies par canal	Aviation civile Télédiffusion de France Utilisateurs particuliers
8,025 7,750	1260 voies par canal	Forces armées TDF (Utilisateur prioritaire)
. ,	600 voies par canal et transmission de données	TDF - Forces armées Services techniques Navigation aérienne
7,110 6,425	2700 voies par canal	and the second s
5,925 4,200	1800 voies par canal	
3,300 2,300	1260 voies par canal	TDF
2,100 1,912	Liaisons régionales	Forces armées



Les antennes émettent une partie de leur puissance en dehors de la direction utile. Il est nécessaire de supprimer les effets néfastes de ce rayonnement marginal. Le remède consiste en un découplage angulaire de l'ordre de 50° entre les antennes d'une même tour ou d'un même pylône, qui travaillent sur un même plan de fréquence. Cette disposition entraîne une limitation du nombre des antennes, et partion du nombre des antennes, et partion des développement du réseau téléphonique à partir d'une tour donnée.

Au maximum, huit directions seulement peuvent être visées. Pour permettre un fonctionnement normal des différentes laisons radio, les faisceaux hertziens doivent respecter les limites des couloirs réservés qui leur sont ainsi assignés. Il s'agit là d'une règle impérative.

Le rayonnement utile, c'est-à-dire la partie du rayonnement d'une antenne qui est reçue par l'antenne suivante d'une liaison n'occupe pas, dans l'espace, un volume cylindrique, mais un volume en forme d'ellipse, dit « ellipsoïde de Fresnel ». Les itinéraires des faisceaux hertziens doivent être choisis avec grand soin afin de limiter les brouillages entre stations voisines qui se traduisent, en particulier, par des

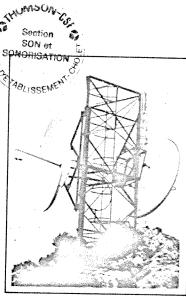


Photo 1. – Relais passif de Lesquerdes. Situé sur la liaison Perpignan-Saint-Paul-de-Fenouillet, dans la commune de Lesquerdes, à 546 m d'altitude, ce relais passif a été mis en service en 1970. Il se compose de deux antennes dirigées l'une sur Perpignan, l'autre sur Saint-Paul-de-Fenouillet. (Cliché DTRN).



Photo 2. – Tour hertzienne de Oberhausbergen, La tour de Oberhausbergen, située prés de Strasbourg, a été mise en service en 1974. Elle est haute de 58 m et permet de relier à Strasbourg les villes de Roeschwoeg, Wissembourg, Haguenau, Saverne, Ingwiller, Schirmeck, Sarre-Union. Des liaisons de grande capacité vers Nancy et Mulhouse sont prévues en 1979 (Cliché DTRN),

bruits parasites. L'altitude des antennes est déterminée de façon à assurer la visibilité optique et le dégagement de l'ellipsoïde de Fresnel tout en laissant la possibilité de construire des immeubles de 25 mètres, sauf dans le voisinage immédiat des stations.

Si l'on considère tous les risques de perturbations entre les liaisons qui occupent un même plan de fréquences: faisceaux hertziens nationaux et des pays limitrophes, télécommunications par satellite et stations terriennes associées, on conçoit que de grandes précautions sont à prendre, lors de l'étude des itinéraires, pour assurer une bonne propagation des ondes. Les calculs nécessaires sont nombreux et très complexes.

En fait, les contraintes de propagation ne laissent en général qu'une latitude très faible pour le choix des zones d'implantation. Toute modification, même limitée, de l'emplacement prévu pour l'édification d'une station sur une nouvelle liaison peut entraîner, dans certains cas, la remise en cause de l'ensemble du projet.

Le règle des bonds hertziens

A chaque stâtion, tour ou pylône, les ondes recues à un niveau très faible ont besoin d'être amplifiées avant d'être réémises pour un nouveau « bond » vers la station suivante. Mais pour éviter la gêne (analogue à l'effet Larsen), il est exclu de recevoir et d'émettre sur la même fréquence. L'émission et la réception se font sur deux fréquences distinctes l'une « haute » et l'autre « basse » qui alternent à chaque bond.

Il en résulte qu'une station émet soit en fréquence haute, soit en fréquence basse, pour toutes les liaisons hertziennes, existantes ou futures, utilisant la même bande de fréquence. Cette contrainte, très importante, fixe la parité du nombre de bonds dans un réseau « maillé ». Lorsque les extrémités d'une liaison sont des stations de même type, par exemple à émission à fréquence haute, le nombre de bonds doit être pair. Dans le cas contraire, il sera donc impair.

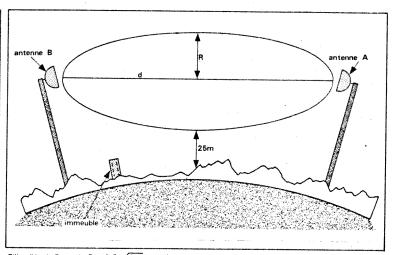
La qualité des équipements

Lorsqu'un itinéraire hertzien a été calculé, il reste à construire et à équiper les stations de la chaîne aux emplacemer ts déterminés pour tenir compte des contraintes multiples et très sévères qui doivent être respectées.

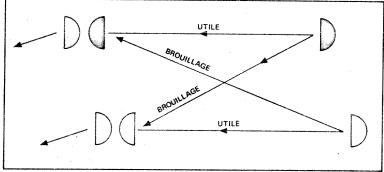
En règle générale, les pylônes « haubanés » qui sont légers ainsi que les pylônes « autoporteurs » un peu plus encombrants conviennent pour les liaisons de faible et moyenne importance. Ils supportent peu d'antennes. Les tours, jadis en maçonnerie, et maintenant en béton armé sont adoptées dans les autres cas lorsque le nombre des liaisons et les fréquences utilisées exigent des antennes nombreuses et plus volumineuses.

Le type des antennes est lié à la capacité des canaux transmis. Depuis peu, des antennes large bande sont utilisées, qui permettent d'acheminer une gamme de fréquences beaucoup plus importante.

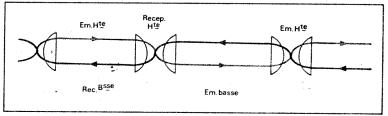
Le nombre des plate-formes qui portent les antennes est déterminé



Ellipsoïde de Fresnel : $R = 0.5 \sqrt{\lambda}$. d avec $\lambda = longueur$ d'onde



Brouillage entre liaisons : représentation du phénomène de brouillage entre liaisons voisines.



Parité du nombre de bonds hertziens.

d'après les perspectives d'évolution du réseau hertzien, de telle manière qu'on puisse, ultérieurement, sans modification de l'ouvrage, installer des antennes supplémentaires et augmenter ainsi les possibilités de transmission.

Chaque station abrite aussi des équipements d'émission, de réception, et des générateurs d'énergie. Les jonctions entre les antennes et les équipements sont assurées par des guides d'ondes, à section rectangulaire ou maintenant elliptique, qui sont aussi courts que possible en vue de limiter l'affaiblissement des signaux qu'ils transmettent. Pour tenir compte de ces pertes qui croissent avec la fréquence utilisée, les salles d'équipement doivent être situées le plus près

possible des antennes: au pied de la construction, ou bien juste au-dessous des plates-formes portant les antennes et, bientôt, à leur niveau.

Le rapprochement des antennes et des équipements est rendu nécessaire par l'élargissement des plans de fréquence utilisés que permet l'amélioration des qualités et des performances du matériel. Cette évolution a été rendue possible par la miniaturisation et l'allègement des équipements qui sont liés à l'utilisation systématique des transistors.

Le matériel doit être très sûr, la fiabilité doit être élevée. Sa conception et ses perfectionnements exigent des recherches importantes et continues. Sa fabrication impose de multiples modu

______ce

Principe

précat niveau être to tout di graves réseau sons à capaci

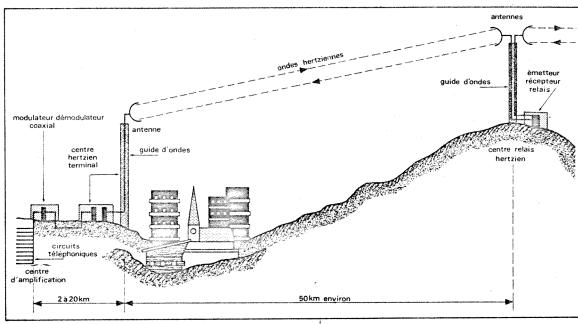
réduit inciden mainte plier le fixer le zien co station person

Dept l'évolut nir une des car a égala l'utilisat d'un ca d'un ca transmi ont ain: grâce à matérie

Par e avait ét ron 25 sion de en assu

L'imp des to

Pour (



Principe d'une transmission téléphonique par faisceaux hertziens.

précautions et une technologie de haut niveau. La qualité des composants doit être tout particulièrement soignée car tout défaut entraîne des perturbations graves dans le fonctionnement du réseau, surtout lorsqu'il s'agit de liaisons à grandes distances et à grande capacité.

La transistorisation des éléments réduit l'éventualité des pannes et des incidents ainsi que les interventions de maintenance, ce qui permet de multiplier les stations télésurveillées. Pour fixer les idées, le réseau français hertzien comprenait à la fin de 1976 : 450 stations dont 21 seulement avec du personnel.

Depuis une quinzaine d'années, l'évolution technique a permis d'obtenir une augmentation de la capacité des canaux. La qualité de l'exploitation a également été améliorée grâce à l'utilisation immédiate et automatique d'un canal de secours en cas de panne d'un canal normal. Les moyens de transmission par faisceaux hertziens ont ainsi augmenté considérablement grâce à l'amélioration d'ensemble du matériel.

Par exemple, la tour de Meudon qui avait été prévue à l'origine, il y a environ 25 ans pour assurer la transmission de 8 640 liaisons téléphoniques, en assure à présent près de 300 000.

L'implantation des tours

Pour ce qui le concerne, le service public des Télécommunications prend

le plus grand soin de préserver les sites dans lesquels ses ouvrages sont implantés. L'évolution du parti architectural retenu ces dernières années traduit le souci, autant que faire se peut d'intégrer les constructions dans le paysage environnant.

A cette fin, les travaux d'étude des ouvrages sont menés en étroite collaboration avec des architectes aux références indiscutables, et la mise au point des projets est faite avec le concours des autorités intéressées (affaires culturelles, environnement, équipement...). Outre les télécommunications, plusieurs services de l'Etat, ministères des Armées, de l'intérieur, des transports, T.D.F. etc. exploitent des stations hertziennes.

Intégrer dans l'environnement

Les problèmes de coordination, notamment l'occupation des points hauts du territoire, et l'installation commune de plusieurs services sur les mêmes lieux, trouvent leur solution au sein du Comité d'étude de la répartition géographique des stations radioélectriques (CORESTA), où sont représentées les différentes administrations. Cet organisme, dont les responsabilités sont fixées par un arrêté interministériel du 11-4-1963, est obligatoirement saisi de tout projet d'implantation ou de transfert de station radio ainsi que de toute modification susceptible de gêner des tiers.

Le dossier de la station envisagée est soumis au conservateur régional des bâtiments, de France, au directeur de l'Equipement, et au directeur de l'Aviation Civile concernés. Lorsque l'avis favorable du CORESTA est obtenu, les procédures propres à la réalisation de l'ouvrage sont engagées devant les commissions des sites et les commissions régionales des opérations immobilières et de l'Architecture (CROIA). C'est dire que les préoccupations relatives à l'environnement sont tout spécialement prises en considération : n'installe pas une tour qui veut !...

Une tour hertzienne constitue, c'est vrai, un élément insolite dans le paysage. Mais elle n'émet ni fumées, ni bruits, ni déchets. Elle facilite la communication entre les hommes et permet de mettre à leur disposition avec une qualité toujours meilleure, des moyens accrus d'échange de l'information et de la pensée.

Les grandes étapes du développement

Avec ses presque 13 000 km d'artères (à fin décembre 75) le réseau hertzien français représentait à l'époque près de 33 % des possibilités du trafic téléphonique interurbain.

Sans avoir atteint le niveau relatif trouvé dans d'autres pays tels l'Allemagne de l'Ouest ou l'Amérique du Nord, ce réseau constitue maintenant un énsemble harmonieusement charpenté susceptible encore de se développer. L'essentiel de sa mise en place est en effet assez récent, donc de

ELECTRONIQUE APPLICATIONS Nº 5 - PAGE 129

ied de la -dessous santen-l. tennes et

écessaire s de fréamélioraormances i été rensation et ants qui ématique

ûr, la fiaeption et jent des ontinues. multiples

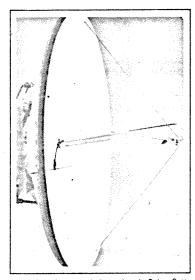


Photo 3. – Antenne de la station de Baho. Cette antenne, d'un diamètre de 2,50 m fonctionne dans la bande des 6 GHz. Elle est portée par la station de Baho (Pyrénées Orientales) qui a été édifiée en 1965 et dessert la ville de Perpignan. (Cliché DTRN).

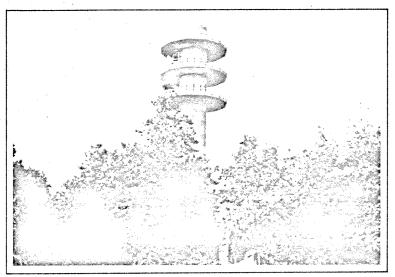


Photo 5. – Tour hertzienne du Mans. Cette tour, haute de 59 m, située sur la liaison Paris-Rennes, a été mise en service en 1973. Elle assurera la desserte du Mans par les liaisons Paris-Le Mans et Rennes-Le Mans. Les circuits de transmission de données de « l'autoroute électronique » de l'Ouest passent par cette tour (Cliché DTRN).

conception moderne, qu'il s'agisse des matériels qui l'équipent, ou des tours, pylônes et bâtiments qui en constituent l'infrastructure.

Il est surprenant de mettre l'accent sur l'aspect récent du réseau, alors que les débuts des faisceaux hertziens remontent à 24 ans (Paris- Lille en 1954 !) Il est encore plus surprenant de constater que ce qui subsiste des équipements ayant fonctionné avant 1970 n'écoule plus qu'une très faible partie du trafic hertzien actuel. Certes, les tours et bâtiments construits avant cette date continuent, pour la plupart à être utilisés : leurs possibilités d'adaptation aux équipements modernes sont étonnantes.

Rendons, à ce sujet, hommage aux pionniers qui ont su, à l'origine mettre en œuvre des solutions prévoyant l'avenir. Le développement des faisceaux n'a pas, depuis ses origines, connu une progression continue. Les années 1960 et 1970 correspondent à des tournants dans leur histoire.

Historique des faisceaux hertziens

Si la technique même a progressé de façon continue, (voir tableau 1), le développement du réseau français a connu trois périodes marquantes.

- 1953-1960 : développement rapide, premiers pas techniques.
- 1960-1970 : stagnation du réseau, progression de la technique.
- 1970-1975: développement « explosif » du réseau, maîtrise technique.

Période 1953-1960

Le réseau hertzien connaît à partir de 1953, une extension rapide provoquée avant tout par l'essor de la T.V. A l'époque les P.T.T. assuraient la transmission des images sur des canaux hertziens que leur louaient les services chargés, en France, de la télévision. Les canaux téléphoniques étaient un complément aux canaux T.V., et le schéma classique d'une artère hertzienne comportait un canal TV et un canal téléphonique.

Toutes ces artères hertziennes étaient centrées sur Paris (Tour de Meudon construite en 1953). Ainsi se développérent en 1953 et 1958 les artères : Paris-Strasbourg, Paris-Lille, Paris-Rennes, Nantes via Rouen et Caen. Entre les premières artères et Paris-Nantes, l'évolution technique est déjà très importante :

- Les premières artères ne comportaient pas de canal de secours, sauf Paris-Lille, qui permit au CNET d'expérimenter les prototypes des systèmes de commutation automatique de canaux.
- Elles ne comportaient pas non plus de dispositif de télésurveillance, ce qui nécessitait des techniciens affectés en permanence à chaque station relais, avec tous les problèmes d'exploitation qui en découlent, compte-tenu de l'isolement.
- Enfin les équipements étaient alimentés directement sur le réseau.
 Seules les alimentations H.T. (1 800 V) des tubes en hyperfréquences étaient

fournies par « l'atelier d'énergie » situé directement sous la salle des équipements hertziens.

Compte-tenu de la faible puissance d'émission (1,5 watt) et du facteur de bruit élevé des récepteurs, il était nécessaire de placer les équipements près des antennes : d'où cette infrastructure formée de tours à section carrée, supportant en général une ou deux plateformes d'antennes, dont la tour de Meudon est l'exemple le plus imposant par ses dimensions (70 m de hauteur).

Ces premiers faisceaux hertziens posèrent beaucoup de problèmes d'exploitation qui retentirent sur la qualité et la disponibilité des liaisons. Les résultats assez moyens obtenus avec ces premières liaisons laissèrent des traces durables. Cet aspect des choses est important et explique en partie le « coup de frein » que subit le développement du réseau entre 1960 et 1970. En 1958, intervint un événement important: le commissariat général au plan fit adopter le principe d'une séparation P.T.T. – T.V.

Période 1960-1970

Pendant cette décennie, le développement du réseau hertzien se poursuivit lentement. Heureusement, les recherches continuèrent sous l'impulsion du CNET, recherches qui aboutissent à un matériel moderne de haute qualité. Le département des LGD (lignes à grande distance) en même temps qu'il travaillait à améliorer la qualité des faisceaux existants, entreprenait des études d'itinéraires nouveaux, p croissangrande c ment à li velle en servir Br Pleumeu terrestre que-Eurc

L'étud Bretagne problème T.V. éta donc en cohabité d'autres Tredudo sible, bie technique L'équip distance

tubes, à

687, dé besoins c nique éve temps, f qui const rable, et a) La gér lance der b) La gér jonction les liaisor

D'ajust
en bande
D'égal
compte c
les câbla

les équip

dont les

coaxiaux.

De filtr niveaux i nuité. Pa furent co valeur siç de la ban c) Enfin, pour les fi la comm canaux a

Parallè quelques Celle de mérite un en service équipée transistor du réseau de reconv canaux T. d'accroîtri transmissi phonique.

La tech facilité de des J.O. c de trois s



nnes, a été Rennes-Le nt par cette



ouissance acteur de , il était ipements te infrasction care ou deux it la tour le plus

(70 m de

hertziens roblèmes it sur la ilaisons. obtenus laissè pect dique en e subitre 12 in événemissariat principe /.

développoursuient, les s l'impulaboutisde haute es LGD n même áliorer la is, entreres nouveaux, préparant le réseau actuel. La croissance des artères du réseau à grande distance se limita essentiellement à la réalisation d'une artère nouvelle en Bretagne, permettant de desservir Brest et Quimper, et d'assurer à Pleumeur-Bodou les prolongements terrestres des transmissions Amérique-Europe par satellites.

L'étude d'itinéraire de ce faisceau de Bretagne en 1961 posa de difficiles problèmes d'implantation: les tours T.V. étaient en voie d'achèvement, donc en général trop avancées pour cohabiter, et il fallut rechercher d'autres points, à l'exception de Rocsible, bien que dans des conditions techniques difficiles.

L'équipement des artères grande distance fut réalisé avec du matériel à tubes, à canaux de 960 voies, le FH 687, développé par CSF pour les besoins de l'exportation, et d'une technique évoluée pour l'époque. En même temps, furent prises des dispositions qui constituèrent un progrès considérable, et notamment:

a) La généralisation de la télésurveillance des stations.

b) La généralisation des dispositifs de jonction entre les canaux hertziens et les liaisons coaxiales de prolongement dont les rôles essentiels sont:

- D'ajuster les niveaux de puissance en bande de base à cette jonction.
- D'égaliser la bande pour tenir compte des distorsions introduites par les câblages, parfois très longs, entre les équipements radio et les amplis coaxiaux.
- De filtrer, détecter, et enregistrer les niveaux d'un signal pilote de continuité. Par la suite, ces informations furent complétées par celles de la valeur signal/bruit de part et d'autre de la bande de base.
- c) Enfin, l'utilisation systèmatique pour les faisceaux à grande distance de la commutation automatique des canaux avec un canal de secours.

Parallèlement, se développèrent quelques liaisons à moyenne capacité. Celle de Perpignan – Font Romeu mérite une mention particulière: mise en service en 1966, ce fut la première équipée d'un matériel entièrement transistorisé. Le rapide développement du réseau hertzien de télévision permit de reconvertir en 1964-65 les anciens canaux T.V. en canaux téléphonie et d'accroître ainsi de 28 % la capacité de transmission du réseau hertzien téléphonique.

La technique hertzienne prouva sa facilité de mise en œuvre à l'occasion des J.O. d'hiver en 1968. En l'espace de trois semaines, il fallut étudier et

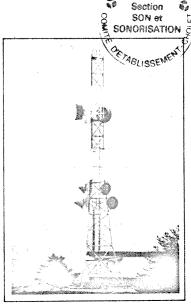


Photo 4. – Station hertzienne de Risoul. Relais de la liaison Gap-Briancon, cette station est située au col de Chérine, à 2283 m d'altitude, sur la commune de Risoul (Hause-Alpes). Mise en service en 1971, elle comprend un pylône de 35 m et un local technique (Cliché DTRN).

réaliser une liaison provisoire entre Grenoble et Autrans. Grâce aux efforts de tous les techniciens, cette liaison, qui comportait un relais actif au sommet du Marcherotte, et un relais passif près de Méaudre, put être mise en service dans les délais et assurer les transmissions prévues.

Période 1970-1975

L'année 1970 marque le début de l'ère moderne des faisceaux hertziens avec deux événements importants :

- La liaison Paris-Bordeaux, alors constituée d'un canal à 1800 voies secouru.
- En novembre 1970, la mise en service du réseau de la Tarentaise, dans les Alpes.

Au 31 décembre 1975, l'ensemble du réseau hertzien exploité par la DTRN comportait :

- 12 859 km d'artères
- 49 218 km de canaux hertziens correspondant à 670 792 km de groupes secondaires.

La part du réseau à cette époque dans l'écoulement du trafic interurbain dépassait 32 %. Les matériels de base ont été le HF 693 pour les grandes capacités (1800 voies par canal), le FH 664 et le LHP 4, pour les faisceaux à moyenne capacité (600 voies par canal), bientôt complétés par les équipements à 960 voies entièrement transistorisés FH 665 et ER 4 D, utilisés concuremment sur des liaisons de grande et de moyenne longueur.

Esquisse du développement futur

Ce chapitre est limité au réseau des CTR (centre de transit régionaux) pour deux raisons:

- Son développoppement à terme (1985) est maintenant bien esquissé et peut être saisi globalement, ce qui n'est pas le cas pour les réseaux des centres à autonomie d'acheminement (C.A.A.).
- Le développement du réseau des CTR est primordial, et a, en outre, un effet d'entraînement sur les réseaux des C.A.A. en mettant à la disposition de ces derniers des infrastructures permettant les départs en étoile en direction des C.A.A.. Durant la période 1976-1980, il est prévu plusieurs artères radiales au départ de Paris, généralement de la nouvelle tour de Chennevières. Ce sont les axes : Paris-Orléans, Paris-Lyon, Paris-Rouen, Paris-Caen, Paris-Nancy (direct et via Reims) Paris-Rennes II, et Paris-Toulouse, par ordre chronologique de mise en exploitation. On mettra également en service d'autres tronçons transversaux, permettant de « mailler » le réseau, en multipliant les possibilités d'acheminement et accroître ainsi la sécurité du trafic.

En ce qui concerne la période 1980-1985, il faut distinguer le développement des infrastructures, et l'apparition de nouvelles techniques (système 960 voies dans la bande 8 GHz et 1800 voies dans la bande 11 GHz).

Infrastructures des liaisons hertziennes

La réalisation des liaisons hertziennes nécessite la construction de bâtiments spécialement adaptés; en effet, en dehors de certains terminaux de faible importance où l'antenne unique nécessaire peut être placée facilement sur le bâtiment, les stations hertziennes doivent avoir des caractéristiques bien particulières: les conditions à remplir pour assurer l'émission et la réception des ondes radio entraînent des contraintes rigides en ce qui concerne aussi bien le choix des emplacements que la conception des ouvrages. Nous savons que les ondes à très hautes fréquences se propagent en ligne droite, comme les rayons lumineux, et les antennes doivent être dégagées, ce qui exige qu'elles soient sur des supports élevés, eux-mêmes. situés sur des points hauts. Une station hertzienne comporte donc une structure permettant de disposer des antennes au niveau voulu; elle comprend également des locaux abritant

les équipements radio associés, ainsi que les sources d'énergie. Avant d'examiner les problèmes soulevés par la construction des stations, et les solutions adoptées pour les résoudre, il parait intéressant de passer en revue les différentes séries de stations construites jusqu'ici.

 A) Les stations relais sur les liaisons hertziennes à grande capacité

Stations conques pour le matériel type GDH 101

Les caractéristiques de ce matériel qui réagissaient sur la conception de l'infrastructure à l'époque (1951-1954) étaient les suivantes :

- Antennes du type cornet corrigé par lentilles électromagnétiques.
- Bâtis à proximité des antennes.
- Présence du personnel sur place.

Les stations se présentent sous la forme de tours massives à section carrée de 9 m de côté environ, comportant 3 à 10 niveaux de locaux surmontés de une ou deux plateformes d'antennes, la dernière plateforme étant surmontée d'un auvent.

Les stations relais normales comportent une seule plateforme d'antennes; immédiatement en dessous se trouve un niveau pour les bâtis hertziens, placé lui-même au-dessus d'un niveau pour l'installation d'énergie. Aurez-de-chaussée sont installés les groupes électrogènes et, en général le poste de transformation. Si la hauteur de la tour le permet, des niveaux intermédiaires sont aménagés pour un appartement et des locaux annexes (bureau, magasin...).

La plupart de ces tours ont entre 30 et 40 m de hauteur. Ces stations avaient été étudiées en vue de la réalisation d'une liaison importante déterminée sans desserte de liaisons régionales ou locales; sur certaines d'entr'elles, pour faire face à des besoins nouveaux, un pylonnet (h = 12)m) pouvant recevoir jusqu'à 7 antennes paraboliques a été installé au sommet. Il convient de faire une mention particulière de la tour de Loos, près de Lille dont l'architecture est nettement différente : elle a 60 m de haut et se compose d'un fût tronconique supportant un ensemble salle d'équipements surmonté de deux plateformes d'antennes, le fût ne renfermant que l'escalier et l'ascenseur.

A ce type de station doivent être rattachés les relais du Mont Pilat et du Mont Ventoux réalisés en 1954 dans des conditions climatiques très dures. En particulier pour la dernière, située à 1900 m d'altitude. La tour, d'une hauteur de 25 m, comporte une protection extérieure en bois imputrescible. A l'origine les antennes étaient placées sur une plateforme protégée par une terrasse supportée par un pilier central. Les ouvertures latérales devant les antennes étaient masquées par des panneaux en nylon et matière plastique souple, gonflés l'hiver à intervalles réguliers pour éviter la formation du givre sur leur surface extérieure. Ce système n'a jamais donné entière satisfaction et a dû être abandonné.

Stations conçues pour le matériel type GHD 103 et FH 686-687

En 1956, a été construite une série de 11 stations pour la liaison Paris-Normandie-Bretagne (300 voies). La conception du matériel, l'utilisation de nouveaux composants et l'apparition de procédés d'exploitation par télésur-veillance permirent de simplifier considérablement l'infrastructure.

Sur ces 11 stations, 9 comportent une tour en béton, et deux des pylônes métalliques. La tour est un cylindre en béton de 7 m de diamètre intérieure et de 20 cm d'épaissaur. Elle est surmontée d'un assemblage métallique sur lequel sont fixées les antennes au nombre de 6 au maximum. C'est sur ces chantiers qu'a été utilisé pour la première fois le procédé du coffrage glissant dans la construction des stations hertziennes.

La tour la plus haute, celle d'Erbray entre Rennes et Nantes atteint 80 m. La plus basse celle de Saint-Contest (Caen) a une hauteur de 24 m. Les pylônes métalliques d'Hadancourt, le Haut Clocher, et du Mont-Pinçon ont 45 m de hauteur.

Entre 1956 et 1962, aucune tour en béton n'à été construite, et seulement 2 pylônes ont été édifiés sur la liaison Lille-Grande-Bretagne: Fiennes (30 m) et Cassel (41 m). En 1962 ont été construites les stations de la liaison Rennes-Brest-Quimper équipées du matériel FH 687 à 960 voies. Elles comprennent:

- Une tour métallique de 41 m de haut à Plouenour-Menez (Roc Tredudon).
 Cette structure entoure le pylône T.D.F.
- Cinq tours composées d'un fût de 5,50 m de Ø extérieur, d'une hauteur comprise entre 30 et 60 m, et deux plateformes d'antennes de 12 m de Ø.
- Une tour à Lannion, composée d'un fût de 4,75 m de Ø extérieur supportant un réservoir d'eau, une plateforme fermée pour les équipements hertziens en forme de couronne circulaire de 4,50 m de largeur et une plateforme

d'antennes. Après cette série, la construction des stations hertziennes pour liaisons à grande capacité s'est à nouveau arrêtée pendant 5 ans.

Stations type 1800 voies

En 1967, soit 16 ans après le début des faisceaux hertziens, il y avait en France 46 tours ou bâtiments, 5 avec pylônes. C'est à cette époque qu'a été reprise d'une façon vraiment affirmée la construction des stations hertziennes avec la réalisation de la liaison à 1800 voies Paris-Bordeaux.

L'étude d'un faisceau à 1800 voies avait été décidée en 1962. Comptetenu des possibilités présumées du matériel, elle avait fait envisager plusieurs solutions pour l'infrastructure, suivant la position des équipements par rapport aux antennes tous les bâtis au sommet ou seulement les organes H.F. et Fl, tous les bâtis dans un bâtiment au sol. Le choix du guide d'onde elliptique, fait à la fin de 1965, a permis d'adopter une infrastructure avec équipements placés au pied des tours, ce type de guide permettant de tolérer de grandes longueurs, sans nuire à la qualité de façon exagérée.

A mentionner une station interministérielle à Gonfaron (Varl. TDF, Armée de l'air, Eaux et Forêts. La tour comporte, en plus des 3 plateformes d'antennes, une salle de vigie pour la lutte contre les incendies, et un mât support d'antennes de radio et T.V. Son insertion près cu couvent de Notre-Dame-Des-Anges était particulièrement délicate.

La liaison Lyon-Marseille-Nice, utilise en outre les stations du Pilat et du Ventoux, qui ont dû être réaménagées.

Stations type 2700 voies

Il s'est avéré rapidement que les stations du type 1800 voies n'offraient pas une capacité de place d'antennes suffisante pour tous les systèmes susceptibles d'être mis en exploitation sur une liaison donnée. Un nouveau modèle de tour a été étudié pour permettre l'utilisation des plans de fréquences à 4, 6 et 6,5 GHz pour des capacités respectives de 960, 1800 et 2700 voies, ainsi que du plan 7 GHz en 600 voies pour les liaisons régionales. Plus de 25 stations de ce type ont vu le jour entre 1972 et 1975.

Stations type «équipements en haut »

Ce rappel historique montre que la valeur de l'affaiblissement dans les guides d'ondes est le paramètre le plus importa type de une infr uniquen pour lac problèm sur des peine à les tours les équi cette di blait inc 2700 vc pour ce apprécié équipen rieures à lisation (que pos

B) Les

Les st jusqu'ici seule li que leu brantes muts fo 180° en voir de autres c des biss première donc ass ment de cas de t multi-ba capacité tageux ; chargées exemple.

Aux t∈ hertzienr tions plu La premi est celle 1953 sui tions des Strasbou superpos salle d'éc trois pla 30, 45 € chacune laires et offrent ur antennes le côté in à 7 m au m à 0,75 78,50 m. sous-sol) sion faite dans un t tour, les répéteurs réfectoire ment du « énergie été utilise

e série, la consertziennes pour sité s'est à nou-5 ans.

voies

après le début s, il y avait en iments, 5 avec poque qu'a été iment affirmée tions hertziende la liaison à Baux.

à 1800 voies 962. Compteorésumées du envisager pluinfrastructure, équipements 3 tous les bâtis nt les organes dans un bâtiquide d'onde 1965 peritruct avec ied des tours. ant de tolérer ans nuire à la

on interminis-TDF, Armée La tour complateformes Vigie pour la s, et un mât radio et T.V. couvent de était particu-

lle-Nice, utílu Pilat et du saménagées.

iies

t que les stas n'offraient d'a nes stème susloitation sur n nouveau ié pour perans de frétz pour des 30, 1800 et an 7 GHz en régionales. type ont vu

ments en

ntre que la t dans les ètre le plus

important susceptible de déterminer le type de stations à réaliser; et comme une infrastructure ne se construit plus uniquement pour la première liaison pour laquelle elle est programmée, le problème est de faire une hypothèse sur des équipements qui sont alors à peine à l'étude. C'est pour l'avenir, que les tours relais ent été construites avec les équipements placés en hauteur. Si cette disposition qui, à l'origine semblait indispensable pour le matériel à 2,700 voies alors à l'étude, ne l'est plus pour ce type de matériel, elle sera fort appréciée pour la mise en place des équipements dans les bandes supérieures à 10 GHz, qui nécessitent l'utilisation de guides d'ondes aussi courts que possible.

-B) Les stations nodales

Les stations relais passées en revuejusqu'ici desservent pour la plupart une seule liaison principale, c'est-à-dire que leurs antennes les plus encombrantes sont groupées sur deux azimuts formant en général un angle de 180° environ. Elles peuvent aussi recevoir de grandes antennes dans deux autres directions pas trop éloignées des bissectrices de l'angle des deux premières. De ce fait, elles pourraient donc assez souvent assurer un croisement de deux liaisons principales. En cas de besoin, l'utilisation d'antennes, multi-bandes permet d'augmenter la capacité du relais, ce qui est fort avantageux pour des infrastructures surchargées, comme Paris-Bordeaux par exemple.

Aux terminaux de plusieurs liaisons hertziennes sont construites des stations plus importantes, dites nodales. La première, qui fut longtemps la seule, est celle de Meudon, construite en 1953 sur le même modèle que les stations des liaisons Paris-Lille, et Paris-Strasbourg, mais avec trois ensembles superposés: plateforme d'antennes, salle d'équipement, salle d'énergie. Les trois plateformes, respectivement à 30, 45 et 60 m du sol, surmontées chacune d'un « parapluie », sont circulaires et ont 20 m de diamètre. Elles offrent une surface de 700 m² pour les antennes. Le fût est de section carrée. le côté intérieur varie de 8 m à la base à 7 m au sommet, l'épaisseur de 1,50 m à 0,75 m, la hauteur totale est de 78,50 m. Les 19 niveaux (dont deux en sous-sol) offrent 1330 m2. Une extension faite en 1965 a permis de reloger dans un bâtiment annexe autour de la tour, les équipements d'énergie, les répéteurs, les bureaux et magasins, le réfectoire, le hall d'accueil et l'appartement du chef de centre. Les niveaux « énergie » récupérés dans la tour ont été utilisés pour les bâtis hertziens.

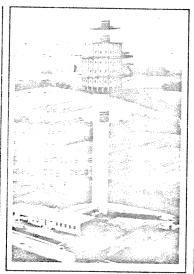


Photo 6. – Tour hertzienne di-Chassieu. Cette tour a été mise en service au début de l'année 1977. Elle est haute de 90 m et constitue, avec la Tour de Saint-Cyr au Mont d'Or, l'une des deux stations nodales qui desservent l'agglomération Ivonnaise. Les premières liaisons installées relient Lyon à Saint-Etienne et Annemasse. Des liaisons d'une capacité potentielle de 30 000 voies téléphoniques chacune sont prévues vers Dijon, Annecy, Grenoble, Marseille, Clermont-Ferrand. De nombreuses liaisons régionales de moyenne capacité s'y superposeront (Cliché DTRN).

Grâce à plusieurs modifications, la station a pu assurer seule la desserte de Paris (en hertzien) jusqu'en 1975.

Depuis, a été construite la station de Chennevières. Elle comprend une tour de 123 m de haut et un bâtiment au rez-de-chaussée, sensiblement en quart de couronne circulaire. La tour est formée d'un fût tronconique, jusqu'à une hauteur de 76 m (le diamètre passant de 16 m au sol à 7,40 m) se prolongeant par une partie cylindrique jusqu'au sommet.

Entre les niveaux situés à 85 m et 110 m de haut, se trouvent quatre plateformes d'antennes de 28 m de Ø, et cinq niveaux de salles d'équipements. de Ø extérieur 18 mètres. Ces salles sont disposées dans une première couronne circulaire de 5 m de large autour du fût, les antennes dans une seconde couronne extérieure de 5,50 m de largeur. Au-dessus et au-dessous de cet ensemble se trouvent des plateformes d'antennes de 18 m de diamètre. La surface disponible pour les équipements est de 1000 m², répartis en cinq niveaux, à la même hauteur que les antennes, alors que la tour de Meudon offre la même superficie, mais en 17 niveaux répartis sur toute la hauteur de la tour, ce qui est beaucoup moins commode pour l'exploitation. Pour les antennes, Chennevrières offre 2200 m² alors que Meudon ne fournit que 700 m².

C) Les stations relais sur les liaisons à moyenne capacité



Sur les liaisons régionales ou locales, pour lesquelles un moins grand nombre de voies est nécessaire, sont construites des stations moins importantes. Quand les antennes peuvent être fixées à faible hauteur, un simple bâtiment peut suffire, les antennes étant fixées sur une charpente métallique, au-dessus du toit en terrasse : c'est le cas des stations construites en 1965. Cati, Sartène, Baho, St Pierre del Forçats, Chastel-Nouvel. A partir de 1969, il a fallu mettre au point un certain nombre de stations types, constituées d'un bâtiment et d'un pylône métallique; plus de 160 exemplaires ont été construits, principalement sur des liaisons à 600 et 960 voies. Les plus hauts pylônes:

- Montpon(Dordogne) 92 m, avec possibilité de 18 antennes entre 28 et 90 m.

 St Martin du Fouilloux (Deux Sèvres): 87 m: possibilité de 16 antennes entre 29 m et 85 m.

Ils sont du style autostable et leur base est un triangle équilatéral de 22 m de côté: ils ont été construits en 1972. Le pylône haubané le plus élevé est celui de Locquignol (Nord): 76 m: il peut recevoir sept antennes; les massifs d'ancrage des haubans les plus éloignés, sont à 54 m de la base du pylône: il a été construit en 1975.

La construction des stations hertziennes Difficultés particulières des chantiers

Les stations hertziennes sont toujours sur des emplacements dégagés et souvent en des points d'altitude élevée et d'accès difficile. Dans de nombreux cas, il est nécessaire de construire une voie d'accès, ce qui nécessite une procédure longue et laborieuse, car de très nombreux propriétaires sont rencontrés sur le tracé.

En montagne, plusieurs campagnes de travaux sont nécessaires puisque le chantier ne peut s'ouvrir qu'à la belle saison, et doit être interrompu l'hiver. Il faut la première année, construire le chemin et faire les sondages, la seconde année, entreprendre la construction proprement dite qui, si les conditions climatiques ne sont pas favorables, peut n'être terminée que l'année suivante. La réalisation du branchement électrique soulève également des difficultés d'exécution, et le tracé est souvent contesté par les organismes chargés de la défense de l'environnement.

La station dont l'accès est le plus particulier est celle de S¹ Bon Tarentaise, située à 2750 m d'altitude, et pour laquelle une télécabine a dû être installée, qui permet l'accès à partir de la gare supérieure du téléphérique. Les matériaux de construction et certains équipements ont été amenés sur le chantier par hélicoptère.

Construction des tours

La construction des tours fait appel à des méthodes particulières pour l'exécution du fût et le montage des plateformes. Le fût est exécuté par la méthode du coffrage glissant : deux coffrages circulaires solidaires déterminent les faces externe et interne du fût. Cet ensemble mobile est actionné par des vérins hydrauliques qui permettent une montée par à-coups d'environ 5 cm. Le glissement moyen peut être de 3 à 5 m par jour selon l'épaisseur du fût. La rigidité de l'ensemble est assurée par des étriers reliés entre eux et supportés par les vérins, qui prennent appui sur des tubes coulissant dans des fourreaux de façon à pouvoir être récupérés par la suite. Le béton, généralement fabriqué au pied de la tour, est transporté jusqu'au coffrage par le monte-charge du chantier.

Les plateformes sont en béton ou en métal. Celles en béton ont d'abord été seules réalisées. Elles présentent l'intérêt de nécessiter peu d'entretien, mais elles sont relativement difficiles à construire, soit qu'elles soient coulées dans leur position, ce qui nécessite un échafaudage ou l'élévation d'un coffrage, soit qu'elles soient coulées au sol, ce qui présente des difficultés de levage. Cette dernière méthode a été utilisée avec succès pour les six tours de la liaison Paris-Dijon, construites en 1975. Les plateformes (d'un poids de 210 tonnes) ont été hissées par un système de tracteurs hydrauliques, de câbles, moufles, poulies de renvoi, à la vitesse de 10 m/h.

Les plateformes métalliques sont assemblées au sol, elles ont un poids de l'ordre de 15 tonnes, et sont montées à une vitesse de l'ordre de 60 m/h, dans le cas d'un fût cylindrique.

Quelques chiffres (Bilan 1976)

Longueur des câbles à grande distance : 64917 km dont : 23256 km de câbles coaxiaux.

Longueur des artères hertziennes : 15166 km.

Longueur des canaux hertziens ; 63904 km.

Type de liaison	1973	1974	1975	1976
6 MHz	99%	99,3 %	.99,2 %	98,9 %
12 MHz à transistors sur paires 1,2/4,4	98,6 %	97,8%	99 %	99 %
12 MHz transistors sur paires 2,6/9,5			98,4 %	98 %
12 MHz à tubes	98,4 %	98,1 %	98,3 %	96,5 %
Taux de disponibilité des liaisons coaxiales aux 1000 km.				

Type de liaison	1974	1975	1976
960 voies	99,6 %	99,7 %	99,8 %
1800 voies	99,6 %	99,4 %	99.8 %

Nombre de pylônes et tours hertziennes: 349.

Nombre de bâtiments d'exploitation : 2065.

Surface utile des bâtiments : 496058 m².

Nombre de circuits téléphoniques d'exploitation automatique : 280 000. Budget d'investissements du réseau interurbain en 1977 : 4 600 000 000 F.

Téléinformatique

Les réseaux spécialisés et la téléinformatique ont continué à se développer à un rythme rapide en 1976 et 1977. Poursuivant leur politique de diversification des produits offerts à la clientèle, les télécommunications ont ouvert en 1976 un nouveau service: « Colisée ». Ce service, qui permet aux grandes sociétés nationales de constituer des réseaux téléphoniques internes, modernes et efficaces, est articulé autour d'un centre de transit quatre fils. Le commutateur du type électronique temporel E 10 a été mis en service à la DTRN en février 1976, avec une capacité initiale de 960 circuits.

Qualité du service

Malgré la vigilance des techniciens et la fiabilité du matériel, il n'est pas possible d'éviter les interruptions accidentelles de trafic. La cause la plus importante des dérangements sur les liaisons coaxiales est la coupure accidentelle du câble. Deux câbles coaxiaux sont ainsi interrompus en moyenne chaque jour ouvrable. En 1976 par exemple, ont été signalés et relevés trois dérangements par 100 km de câbles. La solution passe par la construction de nouvelles artères et liaisons permettant de disposer d'une réserve.

suffisante pour limiter la gêne de la clientèle en cas d'accident.

Logistique

Pour mener à bien l'effort considérable de production qu'elle s'est assigné, la Direction des Télécommunications du Réseau National, s'est dotée d'une logistique adaptée et efficace. C'est ainsi qu'à été inauguré en 1976, sur la zone industrielle de Chateauroux. le magasin central de la DTRN, chargé d'approvisionner en matériel de transmission tous les chantiers du réseau national, les centres d'exploitation, ainsi que les directions régionales. Ce magasin gère plus de 10 000 articles de types variés et dessert près de 1000 lieux de distribution. Les surfaces de stockage représentent 24 000 m² sur cinq niveaux, et ont une capacité de 30 000 palettes. Les moyens d'entreposage et de manutention les mieux adaptés y ont été instal-

L'organisation fait largement appel à l'informatique aussi bien pour la gestion des stocks que pour rendre plus efficace et faciliter l'activité des hommes par un traitement automatique des sorties. C'est ainsi qu'en cette année, ont été servies plus de 126 000 demandes et distribués près de 80 000 colis.

Faisceau international des Caraïbes (section centrale)

Pour terminer cette étude sur les faisceaux hertziens, nous avons choisi d'emmener (pour quelques minutes seulement hélas) nos lecteurs dans une région enchanteresse : la mer des Antilles.

Faisceau inter

L'archipe sine un a 1300 km i l'île de Poi nent sud-a présentent la distance n'excède ja position ne spécialiste: ceau hertz pel en prei cessives. C avec le « f section cer service est. internation boration e çaise et la (and Wirele

Origine du

Dans la p les îles franloupe) et le

PAGE 134 - ELECTRONIQUE APPLICATIONS Nº 5

 1976
98,9 %
99 %
98 %
96,5 %

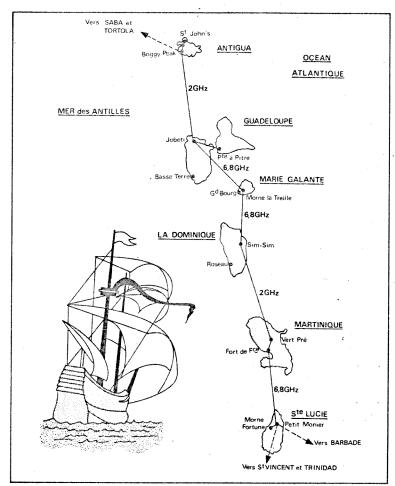
1976
99,8 %
99,8 %

gêne de la it.

ort déle s'est assicommunica-, s'est dotée et efficace. iré en 1976, Chateauroux. TRN, chargé iel de transs du réseau exploitation. gionales. Ce 000 articles ert près de . Les surfarésentent x, et ont une lettes. Les le manutenit été instal-

nent là jour la gesrendre plus é des mutom que qu'en cette s plus de ribués près

ide sur les vons choisi is minutes rs dans une ier des An-



Faisceau international des Caraïbes.

L'archipel des Petites Antilles dessine un arc de cercle de près de 1300 km de développement joignant l'île de Porto-Rico au nord, au continent sud-américain au sud. Les îles présentent toutes un relief accidenté et la distance entre deux îles successives n'excède jamais 170 km. Une telle disposition ne pouvait que suggérer aux spécialistes la construction d'un faisceau hertzien desservant tout l'archipel en prenant appui sur les îles successives. C'est maintenant chose faite avec le « faisceau des Caraïbes ». La section centrale, récemment mise en service est une réalisation de caractère international, fruit d'une étroite collaboration entre l'administration française et la Compagnie anglaise « Cable and Wireless ».

Origine du projet

Dans la partie centrale de l'Archipel, les îles françaises (Martinique - Guadeloupe) et les îles d'expression anglaise (Antigua, Dominique, Ste Lucie) sont imbriquées. Néamnoins leurs réseaux de télécommunications se sont, pour des raisons de souveraineté, développés à l'origine indépendamment les uns des autres.

Les liaisons vers la métropole de la Guadeloupe et de la Martinique sont assurées depuis 1972 par la station terrienne de Fort de France. La liaison entre la Guadeloupe et la Martinique a d'abord été assurée en ondes décamétriques. Dans les années 50, l'utilisation des ondes métriques a permis d'améliorer considérablement la qualité des circuits. Dans les années 60, la construction d'un faisceau hertzien sur 400 MHz a permis de porter la capacité, réduite jusque là à une douzaine de voies, à 120 circuits téléphoniques. Ce faisceau fonctionnait par diffraction autour d'une arête montagneuse de l'île de la Dominique. De ce fait, sa qualité était intermédiaire entre celle d'une liaison troposphérique et celle d'une liaison en vue directe.

Avec ces 120 circuits, les possibili-

tés limites de la propagation sans vue directe étaient pratiquement atteintes, la diffraction se prêtant mal à l'utilisation des fréquences plus élevées indispensables à l'augmentation de capacité.

Une situation analogue existait dans les îles anglaises. Les liaisons sur ondes décamétriques avaient été remplacées par des faisceaux troposphériques utilisant de grandes antennes et des émetteurs puissants. Ce système se prêtait encore plus mal à une augmentation de la capacité.

La saturation prévisible des systèmes anglais et français a conduit les deux organismes responsables à envisager une collaboration. Les conversations ont débuté dans le courant de 1971. Elles se sont concrétisées par une convention signée en janvier 1974, entre l'administration française des PTT et la Compagnie britannique Cable and Wireless. Cette convention a fixé les conditions dans lesquelles devaient être utilisé et mis en service un faisceau hertzien en visibilité directe, pouvant acheminer 960 voies téléphoniques. Sur ce total, 360 voies sont réservées aux PTT entre la Martinique et la Guadeloupe, et 600 circuits à Cable and Wireless entre Antigua et Sainte Lucie. Le financement a été assuré par les deux parties proportionnellement au nombre de circuits dont elles disposent.

Constitution du faisceau hertzien

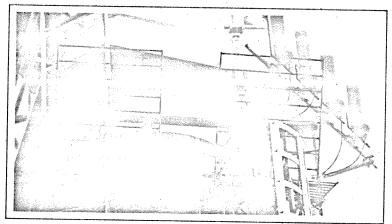
Dans toute la mesure du possible, le faisceau a utilisé des stations hertziennes existantes :

Boggy-Peak à Antigua (C and W) Morne la Treille à Marie Galante (PTT) Vert pré en Martinique (PTT) Petit Monier à S^{te} Lucie (C and W)

Deux nouvelles stations ont été construites:

- Jobeti en Guadeloupe pour assurer les liaisons Antigua-Guadeloupe et Guadeloupe-Marie Galante.
- Sim Sim à la Dominique, pour servir de relais entre Marie Galante et la Martinique.

Chacun des signataires de la Convention reste entièrement responsable de l'installation et du fonctionnement des stations installées sur son territoire. Il a été admis que, pour chaque bond hertzien, les équipements se faisant face proviendraient du même fournisseur. Les trois bonds Guadeloupe-Marie Galante, Marie Galante-la Dominique, Martinique-S¹º Lucie utilisent du matériel français sur 7 GHz (Thomson-CSF). Les deux bonds Antigua-Guadeloupe et Dominique-Martinique sont équipés avec du matériel



Le réglage des antennes n'est pas chose aisée lorsqu'elles sont enchevêtrées au milieu de masses métalliques. (Cliché Michel Antonioli).

italien G.T.E. sur 2 GHz. Le faisceau est du type 1 + 1 (1 canal normal et 1 de secours). Le canal de secours est équipé pour permettre des retransmissions de télévision dans un sens ou dans l'autre. Il a été utilisé, par exemple, lors des retransmissions lors de l'alerte de la Soufrière. Dans chacune des îles principales, des bretelles hertziennes relient le faisceau au Centre de démodulation de la ville la plus importante.

Caractères particuliers du faisceau

Bien que chaque bond fonctionne en visibilité directe, les distances sont souvent plus grandes que celles utilisées sur le continent. D'autre part, la surface de la mer se comportant comme un assez bon réflecteur, il y a généralement interférence entre l'onde directe et une onde se réfléchissant sur l'eau. Cette interférence est susceptible de provoquer des variations du niveau reçu.

C'est pourquoi, les antennes paraboliques ont des diamètres atteignant 4,50 m de diamètre. Leur grand gain (47 dB à 7 GHz) permet d'allonger les bonds. Leur directivité permet d'atténuer l'onde réfléchie sur la mer. La protection contre les variations de niveau reçu est obtenue par l'utilisation de la réception en diversité: diversité d'espace et diversité de fréquence.

Le principe de la diversité d'espace est le suivant : chaque fréquence émise est reçue sur deux récepteurs identiques alimentés par deux antennes distinctes fixées à des hauteurs différentes sur le même pylône. L'écart entre les deux antennes est choisi de telle manière qu'en moyenne, à un affaiblissement du champ reçu sur une antenne, corresponde un renforcement sur l'autre. Un dispositif sélectionne à chaque instant celui des deux



Photo 8. – Station hertzienne de Mont-Valezan. Construite à 1820 m d'altitude, cette station, terminée en 1975 a permis les liaisons vers les centres de haute montagne comme Bourg-Saint-Maurice, Val d'Isère (Cliché DTRN).

récepteurs donnant le meilleur signal. Les antennes sont installées sur des pylônes, dont les hauteurs varient de 25 à 55 m.

La diversité de fréquence est basée sur l'utilisation, pour une même transmission, de deux canaux en parallèle, un normal et un secours, fonctionnant simultanément sur des fréquences différentes. Une commutation automatique choisit le meilleur canal. En fonctionnement normal, sans télévision, les deux systèmes de diversité sont simultanément utilisés (diversité quadruple). La transmission de la télévision est rendue possible par une commutation rendant indépendants le canal normal et le canal de secours. Les deux canaux peuvent alors fonctionner séparément en diversité d'espace pour transmettre l'un la téléphonie, l'autre la télévision.

Toutes ces stations fonctionnent sans personnel. Elles sont surveillées à distance pardes systèmes de télésigna-

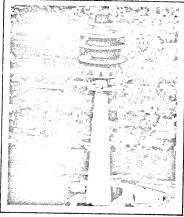


Photo 7. – Tour hertzienne de Chennevières. Mise en service en 1975, la tour nodale de Chennevières, haute de 122 m est la plus importante de France. Située dans le département du Val-de-Marne, c'est l'une des trois grandes stations hertziennes qui desservent la région parisienne. De très nombreuses liaisons y aboutissent : les plus importantes la relient à Reims, Nancy, Dijon, Lyon, Troyes, Limoges et Orléans. Elle sert de support à des liaisons de transmission de données en l'aéroport d'Orly et celui de Charles-de-Gaulle. Plusieurs administrations et services publics y ont installé des liaisons radio (Cliché DTRN).

lisation très complets. Les stations sont alimentées par des batteries d'accumulateurs chargées soit par le secteur, soit par groupes électrogènes. Leur capacité est établie en fonction des délais de route du personnel d'intervention.

Rôle du faisceau dans le réseau mondial des Télécommunications

Le nouveau faisceau des Caraïbes, exemple remarquable de collaboration internationale en matière de Télécommunications, vient heureusement compléter les liaisons déjà en service. Il a pleinement atteint son objectif qui était d'une part de résoudre les problèmes posés par l'accroissement des trafics inter-îles, d'autre part d'accroître la sécurité des liaisons extérieures par une diversification possible des modes d'acheminement.

Joël Ranchet

Nous remercions la direction des Télécommunications du réseau national (DTRN), la direction des Télécommunications du réseau international (DTRI), MM. Le Couédic, Bechet, Bruyère, Tarze, Du Mesnil, les ingénieurs de la Brigade des faisceaux hertziens de Lyon, le chef de centre et les techniciens du centre de Chassieu, pour la bienveillante attention qu'ils nous ont prodiguée, et la sympathie de leur accueil.