

Scan-Extraits :

Le présent scan concerne le livre inventorié à PSTC-Rhône-Alpes sous le numéro **320** avec le titre :

Collection EDF R&D

Les télécommunications au cœur du système électrique français – 1946 – 2000

Ce livre a été édité en 2007, chez Lavoisier à Paris, avec le soutien de la Fondation EDF.

Ses auteurs sont d'anciens collaborateurs d'EDF (Electricité de France) qui ont été aidés par un historien pour formuler leurs témoignages.

Il s'agit d'un gros livre, de 667 pages, avec une écriture dense, ayant une reliure de qualité (il y a un ruban de marque page), dont la couverture cartonnée est bleue.

Il est d'un grand format, proche du A4, avec les dimensions 27,5 x 21 cm, avec une épaisseur de 3,5 cm.

Ce livre contient 205 figures, avec de nombreux schémas et de nombreuses photos, en noir et blanc pour les époques anciennes, et en couleur pour les périodes récentes. Un certain nombre de ces photos proviennent d'équipements conservés par ESTEL à Lyon.

De très nombreux sigles propres à EDF sont utilisés : Le lecteur y fera face en se reportant à une liste de 3 pages à la fin du livre. De même un index des noms de personnes, en général des dirigeants et personnels d'EDF est fourni sur 3 pages et demi.

Le présent fichier PDF est un extrait de quelques pages représentatives du contenu de ce livre.

La plupart de ces pages sont isolées, et dans seulement quelques cas il y en a plusieurs qui se suivent. Aussi le lecteur du présent PDF fera bien de regarder les numéros de la page qu'il vient de lire, et de la page qu'il va lire.

Il est rappelé que la loi sur les droits d'auteur n'autorise que les reproductions partielles de documents à titre individuel et pour des motifs de recherche.

Pour utiliser cet article, mentionnez EDF, la fondation EDF, ainsi que PSTC-Rhône-Alpes n° **320**.

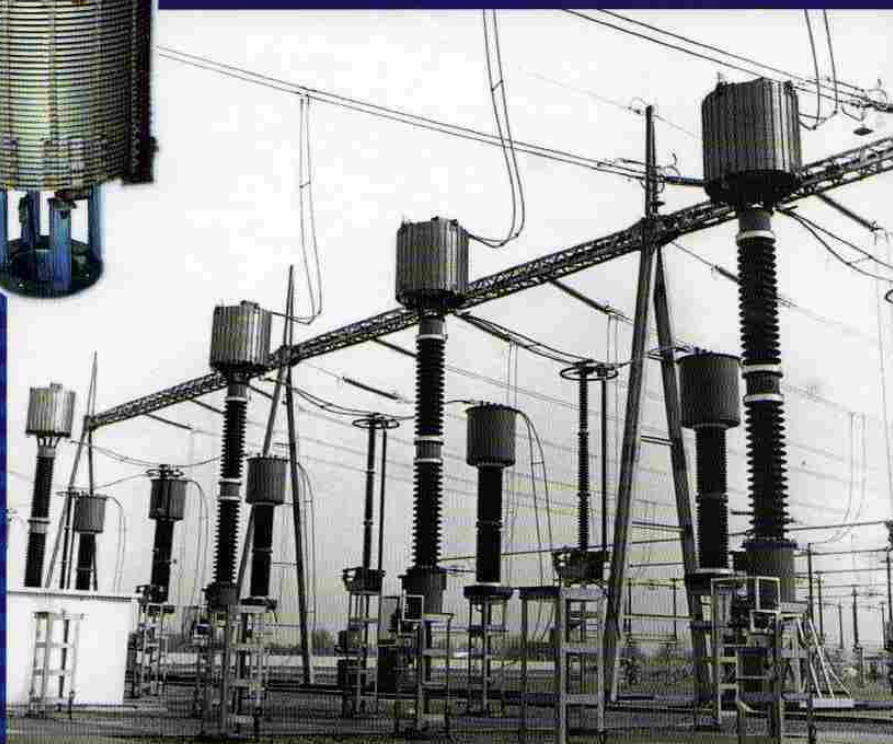


COLLECTION EDF R&D



Les télécommunications au cœur du système électrique français 1946-2000

Alexandre Giandou • Claude Leclère
Jacques Lecouturier • Jean-Marc Spetebroodt
Henri Thibert • André Vilatte



Editions
TEC
& **DOC**

Lavoisier

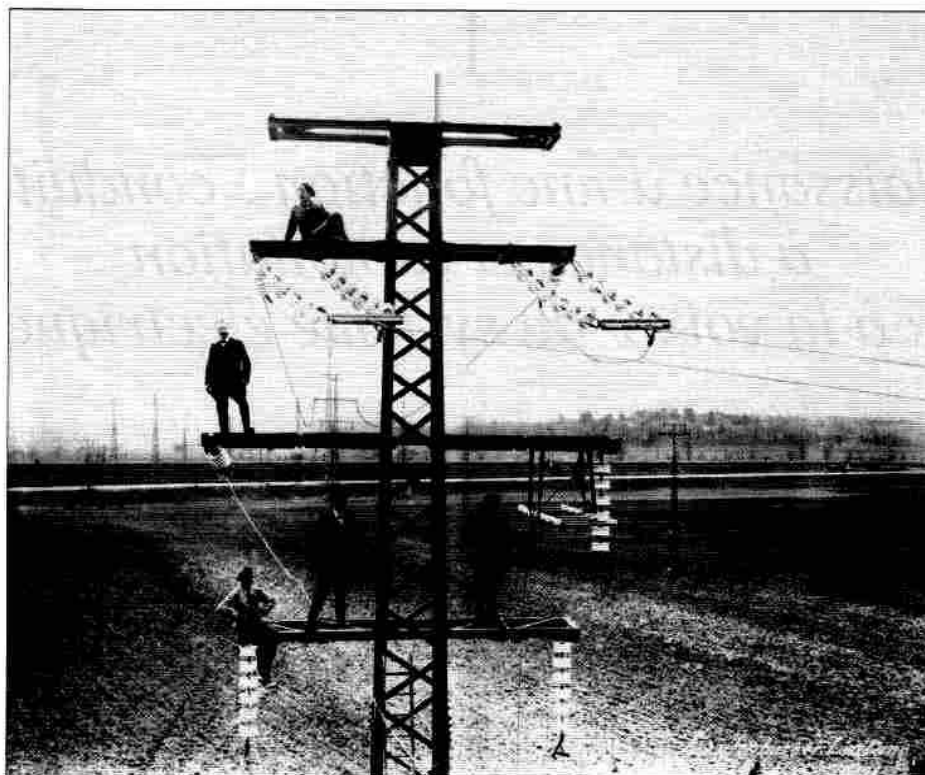


Figure 1 ■ Ligne en 1914.

1.2. Vers l'interconnexion du réseau de transport

La loi du 19 juillet 1922 consacre la reconnaissance d'une fonction spécifique de transport, qui peut inclure la transformation d'énergie et se différencie désormais de la distribution par trois critères essentiels : l'importance de la distance, le niveau de la tension, la perception d'un péage et non d'un prix de vente. Elle donne à l'État le pouvoir de rendre obligatoire la constitution d'organismes collectifs de transport. Le décret du 24 avril 1923 classe définitivement les installations de transport sous le régime de la concession accordée par le Conseil d'État.

Au cours du temps, une unanimité générale se dégage progressivement sur la nécessité de l'interconnexion des différents complexes électriques par un réseau de transport adapté. À l'origine, l'interconnexion se développe en France par association progressive de groupes formés de quelques lignes à haute tension reliant usines de production et distributions locales. À l'échelle d'une région, l'agrégation des groupes constitue un « complexe régional d'interconnexion ». Entre 1920 et 1930, le nombre de complexes évolue de quatre à sept, découpage qui préfigure l'organisation régionale reprise à la nationalisation. Les solidarités attendues sont alors, côté production, en particulier celle contribuant à la valorisation des moyens hydrauliques, et côté consommation, par exemple en ce qui concerne le complexe Sud-Ouest, celle de la mise en commun d'un tissu industriel et urbain lâche et l'électrification des chemins de fer.

De l'économie de l'interconnexion

Autant la fonction des réseaux de distribution qui irriguent le terrain jusqu'au client domestique ou celle des réseaux de répartition qui transportent l'énergie jusqu'aux petites villes ou chez les clients industriels, est relativement intuitive, autant celle des réseaux liant les grands centres de production aux grands centres de consommation et les régions entre elles, sous le vocable de grand transport, est plus complète et plus complexe.

« Il suffit d'appuyer sur un interrupteur et l'énergie est là, instantanément ». Délais de transport et délais de commande sont absolument nuls. Ceci du fait que l'énergie électrique se communique sans transport simultané de matière, de sorte qu'au lieu de « transport », il faudrait plutôt parler de « transmission ». Cette absence de matière à transporter conduit au handicap de son instockabilité à

des coûts raisonnables, handicap *a priori* contraire à la possibilité d'absorber dans le temps les variations de consommation que la production ne pourrait pas suivre. Paradoxe du bien de consommation le moins stockable et pourtant parmi les plus souples d'emploi !

Deux moyens permettent de pallier cette impossibilité de stockage direct :

- le stockage indirect, sous forme d'énergie primaire ; les variations de demande de consommation ne sont alors satisfaites que pour autant que les variations de production sont supportables par les centrales ;
- l'interconnexion générale des réseaux.

L'interconnexion générale des réseaux pallie les insuffisances du stockage indirect en utilisant le foisonnement des centres de production et de consommation. S'agissant de régulariser les variations de production et de consommation dans le but de satisfaire ces dernières, alors que « le stock permet de ne pas distribuer un bien au moment où on le produit, l'interconnexion du réseau permet de ne pas distribuer un kWh au lieu où on le produit ». Le stock utilise le *temps*, l'interconnexion utilise l'*espace*.

On distingue alors fonctionnellement deux types de transport :

- le transport systématique qui relie les zones de production aux zones de consommation, tel le transport de l'énergie hydroélectrique ;
- le transport de compensation qui dépend « en un instant donné de l'état spatial de la consommation et de la production ». Ce rôle de compensation, d'autant plus efficace que le réseau est grand, s'adresse pour l'essentiel d'une part à l'indisponibilité des groupes de production, d'autre part à l'économie de leur gestion.

L'interconnexion de deux réseaux isolés permet de diminuer le suréquipement que chacun d'eux devait s'imposer à égale probabilité de couverture de pointe de consommation. Le maillage du réseau permet de lui faire jouer le rôle de plaque tournante chargée à chaque instant de « collecter l'énergie là où elle est la moins chère pour la porter là où elle est demandée ».

D'après Henri Persoz, Jean-Claude Lemoine, Paul Sapet, Gérard Santucci,
La planification des réseaux électriques, généralités, Paris, Eyrolles, 1984



Figure 2 ■ Cartes des réseaux de transport d'énergie en 1923.

ges et reste donc responsable de la permanence de l'interconnexion ; l'autre doit répartir au mieux les puissances et les énergies fournies par les usines et demandées par les usagers⁵ ».

Malgré les aléas et incertitudes liés à la guerre, le programme prévu en 1938 par le Groupement de l'électricité⁶ développe effectivement sur le terrain, au-delà de toutes considérations théoriques, un réseau de transport, qui s'inscrit dans le cadre d'une conception d'interconnexion nationale. C'est durant cette même période que s'élabore véritablement un réseau général de transport à 220 kV entre les différents groupes régionaux et qui converge vers la capitale où les besoins d'énergie sont considérables (figure 3) ; les principes d'exploitation sont alors également définis et mis en pratique.

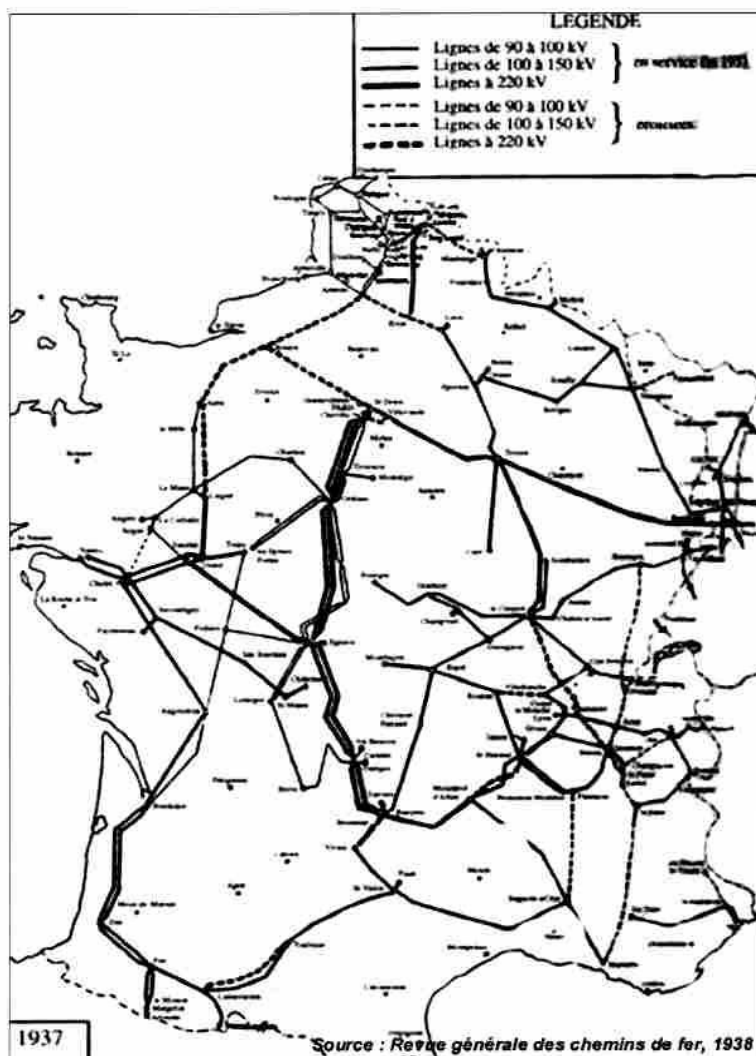


Figure 3 ■ Carte du réseau de transport d'énergie en 1937.

Progressivement, sous l'impulsion conjointe des professionnels, de la puissance publique mais aussi des réalités économiques du marché de l'énergie électrique, l'interconnexion régionale s'élargit et migre vers une interconnexion générale des réseaux de transport sur l'ensemble du territoire français. Se mettent également en place les structures correspondantes.

5. Christophe Bouneau, *Transporter*, op. cit., p. 800.

6. Holding constitué par des sociétés ou des filiales de transport appartenant aux entreprises de distribution d'électricité.

« Tout entrepreneur d'une affaire de production, de transport ou de distribution d'énergie électrique s'est trouvé fréquemment aux prises avec la question des moyens de communication indispensables pour donner, rapidement et à n'importe quel moment, de jour ou de nuit, les ordres nécessaires en vue d'assurer la bonne marche de ses services : vérification des lignes, recherche d'un défaut, réparation d'un accident, etc. Ce problème de moyens de communication rapides et efficaces a depuis longtemps attiré l'attention des exploitants et des constructeurs [...]. Le développement extraordinaire que prennent chaque jour la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique, l'obligation de correspondre rapidement avec les postes de transformation ou de sectionnement reliés d'autre part entre eux par des lignes à haute tension et la nécessité de plus en plus grande d'une interconnexion entre grandes centrales situées à des distances considérables les unes des autres, ont donné à cette question une importance considérable et ont mis les chercheurs devant des problèmes à résoudre chaque jour plus complexes. L'interconnexion de réseaux, en effet, amène avec elle, une série de tâches nouvelles, telles que le réglage de tension, la répartition de la charge sur les centrales, le réglage du facteur de puissance, etc., qui ne peuvent être réalisées de façon satisfaisante que lorsqu'on dispose de moyens sûrs de communication entre les différentes parties des réseaux. Les principales qualités demandées à ces moyens de communications sont : une marche parfaite au point de vue transmission des ordres et de sécurité du personnel, une absolue régularité et des conditions économiques d'installation, d'entretien et de service ».

E.-O. Meyer, « Les moyens de communication des entreprises électriques », *Rapport CIGRÉ*, 1923⁷

Ce « cahier des charges » des qualités attendues des moyens de communication n'est-il pas encore aujourd'hui au cœur des préoccupations des exploitants de réseaux électriques ? Quels sont les moyens de communication utilisables dans les années 1920-1930 ? Dans une synthèse des rapports présentés lors des congrès de la CIGRÉ des années 1923 et 1925, E.-O. Meyer en dresse un constat réaliste⁸.

La télégraphie, une des premières applications industrielles de l'électricité comme moyen de communication, n'a pas trouvé d'emploi auprès des entreprises électriques du fait de sa lenteur et de la nécessité de disposer d'opérateurs télégraphistes qualifiés. « La téléphonie est, en revanche le vrai moyen de communication, car elle permet aux deux interlocuteurs d'échanger rapidement leurs idées dès que la communication est établie⁹ ».

Un certain nombre de types de supports sont alors offerts pour l'établissement de communications téléphoniques. Une première catégorie s'appuie sur « le réseau téléphonique d'État ». S'il est possible d'obtenir des communications en période normale dans les régions à forte densité de population, dans les régions isolées au contraire on se heurte souvent à la pénurie car l'État ne possède pas forcément d'installation téléphonique proche des sites électriques. Outre cet aspect, le service téléphonique n'est pas assuré la nuit et les dimanches dans ces contrées. Par ailleurs, en période d'orages ou de perturbations atmosphériques, paradoxe pour les électriciens, ce service est arrêté alors que c'est à ces moments-là que le besoin est le plus fort. Enfin les dispositions constructives de ce réseau sont estimées telles, qu'à la moindre tempête les lignes sont interrompues durant des journées entières. Il est vrai que le réseau de l'État est, là où il existe, relativement bon marché et que son utilisation évite d'effectuer des investissements importants. Quoiqu'il en soit, toutes les entreprises électriques emploient le téléphone d'État, malgré ses insuffisances, ne serait-ce qu'en moyen de réserve.

La deuxième possibilité est celle « des lignes téléphoniques construites par l'État à l'usage exclusif des entreprises électriques ». Les PTT peuvent mettre à disposition exclusive des entreprises électriques, des lignes téléphoniques sur des « poteaux » du réseau général ou sur des « poteaux » distincts dont le service est assuré en permanence de jour comme de nuit. Le tracé de ces lignes est assez rigide (elles passent souvent par le bureau de poste), elles sont coûteuses et restent sensibles aux perturbations atmosphériques. C'est ainsi que les entreprises électriques préfèrent souvent, à coût égal, voire supérieur, mettre en œuvre des solutions autonomes.

7. E.-O. Meyer, *Les moyens de communication des entreprises électriques*, rapport CIGRÉ, 1923 Eugène Meyer est alors directeur de l'électricité de Strasbourg.

8. E.-O. Meyer, *Les moyens de communication des entreprises électriques*, rapport CIGRÉ 1923, p. 1117-1138 ; E.-O. Meyer, *Les moyens de communication des entreprises électriques*, rapport CIGRÉ 1925 associant les rapports de L. Devaux (directeur technique de la Société le matériel électrique), R. Dubois (ingénieur à la Compagnie Lorraine d'électricité), J. West (ingénieur en chef à l'électricité de Strasbourg).

9. E.-O. Meyer, *Les moyens de communication des entreprises électriques*, rapport CIGRÉ 1925. Sauf mention contraire, toutes les citations dans les paragraphes qui suivent sont issues de cette communication.

1.6. Les premiers réseaux de téléphonie dédiés aux entreprises d'électricité

Privilégiant les supports dont ils peuvent maîtriser l'exploitation, lignes téléphoniques placées sous les lignes haute tension, liaisons à « ondes dirigées » sur les lignes HT, les sociétés électriques vont constituer de véritables réseaux téléphoniques privés réservés à l'exploitation et qui préfigurent ce qui va devenir le « réseau téléphonique de sécurité¹¹ » à compter de la nationalisation. Ils relient la direction de l'Exploitation, le dispatching, les centrales de production, les postes du réseau de transport indépendamment du réseau téléphonique public des PTT. Les sites d'exploitation disposent en général par ailleurs d'un abonnement au réseau téléphonique public. Ces réseaux téléphoniques spécifiques des entreprises d'électricité n'offrent cependant pas un service exempt de reproche en raison de la mauvaise qualité des transmissions sur les câbles privés ou sur les lignes téléphoniques placées sous les lignes haute tension (on relève même des travaux de remplacement de fils de fer par des fils de cuivre¹²) !

La vie des exploitants n'était pas toujours facile :

« À l'époque des anciennes sociétés, il y avait des liaisons qui partaient du dispatching de Grenoble et allaient aux centrales, voire aux subdivisions. Il y avait des gardiens de postes, des gardes lignes qu'il était nécessaire de joindre. Cela se faisait par une ligne téléphonique sur laquelle tout le monde était branché en parallèle. Lorsque nous voulions appeler quelqu'un ou telle centrale nous tournions la manivelle du poste à batterie locale avec un code manuel. Tout le monde entendait la sonnerie. La personne concernée répondait lorsqu'elle entendait son code. Comme les gens des centrales avaient le téléphone chez eux, s'il y avait un appel de nuit ils ne se réveillaient que lorsqu'ils entendaient leur code et non pas celui d'un autre. Ils s'étaient habitués à leur code. Ce système ancien a perduré jusqu'en 1936, année où Force et Lumière (SGFL) a installé le sélectif qui permettait d'appeler un lieu par son numéro, sans déranger les autres utilisateurs branchés sur la même ligne téléphonique¹³ ».

Néanmoins, ces réseaux téléphoniques se structurent et se développent, et dans certaines régions en particulier, autour des liaisons téléphoniques par courants porteurs haute fréquence¹⁴. La mise en œuvre des dispositifs d'appel et de sélection élaborés va permettre un établissement plus aisé et plus sûr des communications. Ainsi, on passe progressivement de procédés rudimentaires tel que l'appel général de l'ensemble des postes installés sur le réseau où l'exploitant concerné se reconnaît par un code spécifique qui lui a été attribué, aux systèmes d'appels sélectifs¹⁵ spécialisés par file d'ouvrages et enfin à la numérotation automatique et homogène pour toute une zone régionale comme l'Union des Producteurs d'électricité des Pyrénées Occidentales (UPEPO)¹⁶. La nationalisation généralisera cette dernière pratique mise au point par les techniciens dans ces sociétés.

Un premier exemple de ces réseaux est donné par celui de l'Énergie Électrique du Littoral Méditerranéen (EELM), représenté par la figure 4 dans sa situation à fin 1938. Ce réseau relie l'ensemble des sites de production hydrauliques et thermiques, de transport et de distribution de la société. Il utilise principalement les circuits téléphoniques placés sous les lignes HT, quelques circuits privés établis et entretenus « par l'État », des câbles téléphoniques privés et une seule liaison à ondes dirigées.

« Dans chacun des groupes du bassin de la Durance et des Alpes-Maritimes, les anciennes usines hydrauliques de la société l'EELM sont réunies entre elles et respectivement aux bureaux de la direction à Marseille et à Nice, par des lignes téléphoniques placées soit sur des appuis indépendants (lignes téléphoniques ordinaires), soit sur les pylônes des lignes de transport (lignes téléphoniques à haute tension).

De plus, les communications téléphoniques entre les usines de Sainte-Tulle, de Bancairon et de Lingostière sont assurées par quatre postes de téléphonie à ondes dirigées, système Marius Latour. Le principe de ce système consiste à utiliser comme lignes téléphoniques les fils à haute tension eux-mêmes qui sont reliés aux appareils émetteurs et récepteurs par des condensateurs spé-

11. Cf. Chapitre 2, « La téléphonie de sécurité ».

12. AESTEL, rapport sur le service téléphonique du 20 mars 1939, Énergie électrique du littoral méditerranéen.

13. Raymond Vacher, interview réalisée à Vif le 2 février 1999 par les auteurs. Raymond Vacher est entré à la SGFL au mois d'août 1934 au service de réparation des compteurs, avant de rejoindre le service téléphonique. À la nationalisation, il est intégré à EDF comme responsable de l'équipe télécommunications, d'abord au GRPH Dauphiné puis, en 1956, au CRT Alpes.

14. Cf. Chapitre 2, « Le réseau téléphonique de sécurité ».

15. Cf. Chapitre 2, « Le réseau téléphonique de sécurité ».

16. M. Parisier, *Perfectionnements aux systèmes de télécommunication par courants porteurs sur lignes à haute tension*, rapport CIGRÉ 1939. M. Parisier est ingénieur aux établissements Lepaute.



Figure 7 ■ Dispatching régional de Lille au poste du Haut Vinage en 1950.

Enregistreurs qui poseront bien des soucis pour leur entretien tant celui-ci est pointu et délicat³⁴. Il n'y a pas ou peu de capacité de calcul, parfois une table à calcul à courant continu permet d'effectuer quelques simulations de charge pour estimer les transits.



Figure 8 ■ Dispatching régional de Toulouse.

Pour les télémesures, la problématique se résume alors ainsi :

- il faut progresser à l'émission sur les systèmes de transformation de la grandeur primaire en grandeur facilement transmissible ;
- il est impératif d'obtenir une amélioration du rendement dans l'utilisation des voies de transmission peu nombreuses et chères du fait de l'accroissement extrêmement rapide des besoins.

Au plan de la technologie, les matériels de transmission évoluent. De nouveaux modes de transmission (BLU Bande Latérale Unique) sont mis en œuvre, améliorant ainsi la qualité des communications téléphoniques sur le

34. La tradition rapporte qu'à Toulouse les agents télécommunications étaient alors appelés les « chiffons-burettes des dispatcheurs ».

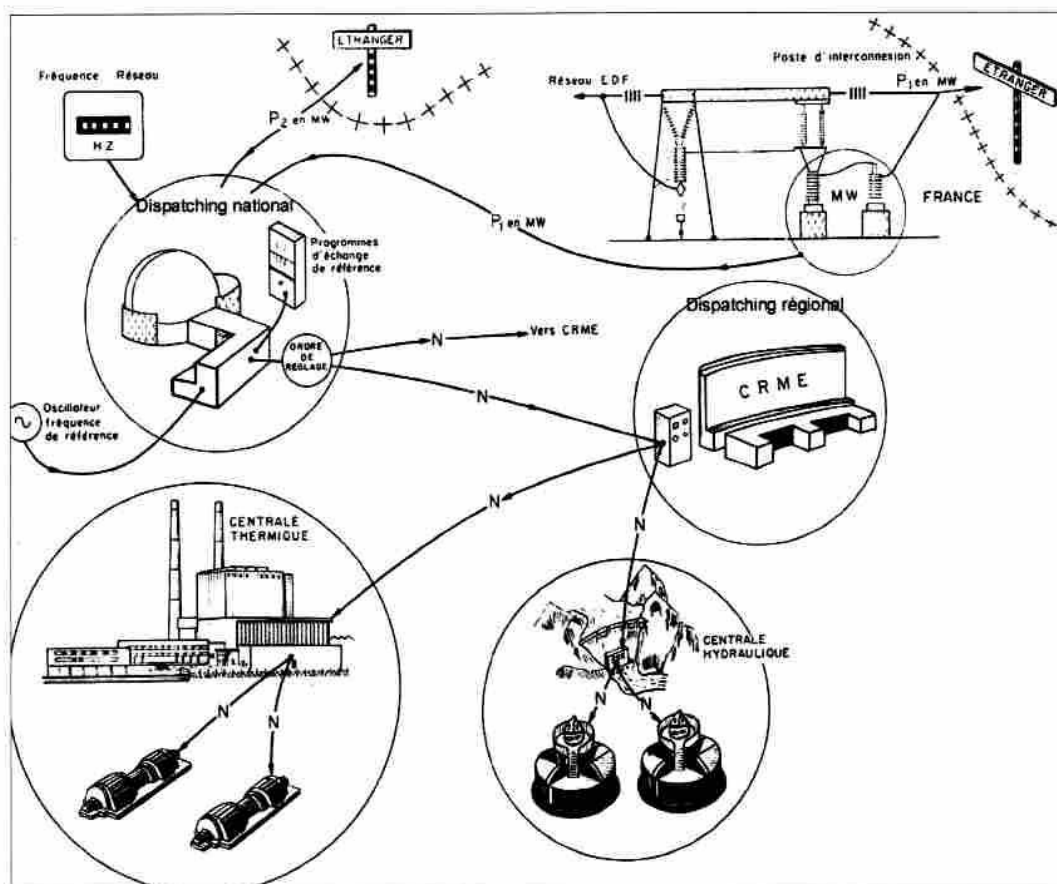


Figure 9 ■ Téléajustement, liaisons régionales.

Un ancien chef du service du Transport salue cet épisode comme une des manifestations les plus significatives de l'intervention des télécommunications sur l'évolution du système électrique français, en liaison étroite avec la direction des Études et Recherches³⁹ et les Mouvements d'énergie :

« Dès 1953-1955 le développement du système de téléajustement de fréquence puissance a fait que les télécommunications ont mis en place une télécommande des groupes générateurs. C'est une étape très importante de l'automatisation du système. Les rôles importants ont été tenus par Chevallier et Holleville ; ils ont participé à ces actions, pas seulement comme des fournisseurs de tuyaux, mais ils ont été intégrés aux équipes qui ont conçu le système. Je pense qu'il s'agit là de quelque chose d'historiquement important. C'est une novation et une participation à une action qui a entraîné une évolution très profonde du Système électrique. »

Non sans une certaine ironie, il relève aussi que les « gens des télécommunications » ont eu, après le téléajustement, tendance à intervenir dans la conception de tous les systèmes qui utilisaient « les tuyaux », autrement dit les voies de transmission.

C'est à cette occasion-là qu'il est apparu que les gens des télécommunications qui maîtrisaient les tuyaux avaient naturellement tendance — certains en avaient la capacité — à intervenir dans la définition de ce que l'on met dans les tuyaux, sur les systèmes. Cela a commencé sur le réglage, il y a eu ensuite les protections qui échangeaient des informations par des voies de transmission ; les télécommunications ont un petit peu joué là dessus. Quand on est arrivé à l'époque où les systèmes spécifiques électromécaniques du contrôle électrique (CE) se transformaient et commençaient à ressembler aux matériels télécommunications il y a eu des tendances d'intervention, des « spécialistes des tuyaux » dans la définition des produits ; je pense qu'à l'intérieur d'EDF cela a été un élément assez constant, historiquement.

2

La téléphonie de sécurité

L'utilisation de la téléphonie par les exploitants des réseaux électriques, quasi-exclusive dans la première moitié du siècle dernier, est restée par la suite, malgré le développement des télémesures, télésignalisations et télécommandes, sinon importante du moins indispensable.

Ce chapitre décrit le réseau téléphonique dédié à ce trafic d'exploitation et distinct du réseau téléphonique public. Il s'est appelé dès les années 1940 « réseau HF » (pour haute fréquence) nommé ainsi, car constitué essentiellement de liaisons à courant porteur sur les lignes haute tension, liaisons qui utilisent les lignes HT mais fonctionnent sur des fréquences plus hautes que la fréquence à 50 Hz du réseau électrique. Les questions de téléphonie proprement dite sont développées dans les chapitres 8 « La téléphonie 1946 à 1974 » et 22 « La téléphonie n'est plus un parent pauvre ».

Ce chapitre traite également les alimentations électriques des matériels de télécommunication qui sont nécessaires pour que les exploitants puissent communiquer en toutes circonstances.

1. Pourquoi des liaisons téléphoniques de sécurité

Au début du XX^e siècle, dès la mise en exploitation de lignes haute tension, ce besoin de trafic téléphonique rapide et sûr entre extrémités est apparu. Il existe certes un réseau public de téléphonie et de télégraphie, mais il n'est pas du tout adapté aux besoins et ne peut garantir la sécurité souhaitée que dans les grands centres urbains.

En l'absence de moyens de communication, les coupures de ligne, les consignations et déconsignations des ouvrages devaient s'effectuer « à la montre », c'est-à-dire à des heures prédéterminées à l'avance, avec tous les risques que cela comportait.

Les communications téléphoniques de type interurbain, celles qui concernent principalement l'exploitation des lignes HT, sont établies manuellement par des opératrices, parfois uniquement pendant les heures ouvrables, et les délais d'établissement peuvent être très longs. Les circuits sont rares, établis en aérien, soumis aux perturbations atmosphériques et peu fiables. En France du moins, cette situation ne s'améliore que lentement et des difficultés de trafic perdurent pratiquement jusqu'au milieu des années 1970.

Les Sociétés d'Électricité ont alors cherché à établir des liaisons téléphoniques qui leur soient propres, réservées à leur usage, donc disponibles à tout instant. Ces liaisons sont établies au moyen de circuits aériens placés sous la ligne, puis dès 1920, commencent à apparaître des liaisons par courant porteur sur la ligne haute tension. En 1927, les règlements administratifs « exigent » l'existence de liaisons dites de « sécurité » sans préciser les moyens à utiliser. L'utilisation de circuits PTT dédiés à cet usage est possible et lorsque ces circuits sont reconnus « nécessaires » par les organismes de tutelle, une réduction de 40 % du tarif des redevances est appliquée par les PTT. Cette disposition restera en vigueur jusqu'à la nouvelle loi de 1990 concernant les télécommunications.

4.2. Les autocommutateurs du réseau

Le comportement en exploitation des autocommutateurs est fortement dépendant de la technologie du matériel.

Les premiers autocommutateurs fabriqués par AOIP et/ou CGCT utilisent la technologie R6 à commutateurs rotatifs et à relais à simple contact. Les pannes sont nombreuses malgré des réglages trimestriels et surtout elles sont aléatoires et fugitives.

La deuxième génération de matériel R6 livré vers 1950 emploie des rotatifs améliorés et des relais à double contacts. Bien que nécessitant un entretien suivi, ces autocommutateurs sont moins sujets aux pannes fugitives qui mettent à rude épreuve les nerfs des agents télécommunications chargés de l'entretien.

L'apparition de la technologie Crossbar au milieu des années 1950 peut être considérée comme une révolution. Les marchés nationaux des autocommutateurs de sécurité sont attribués à CGCT et AOIP. Les autocommutateurs R6 sont progressivement remplacés, en urgence pour les « simples contacts ». C'est, dans les années 1960 et 1970 et malgré un incident de fabrication chez CGCT, (des relais ont été traités avec une résine siliconée qui au fil des mois isolait les contacts et provoquait des pannes fugitives) « l'âge d'or » de la commutation du RTS. En effet, le MTBF⁹ de ces autocommutateurs est de l'ordre de deux à trois ans. Le seul bémol se situe dans la gestion du réseau qui, en technologie électromécanique, est fastidieuse : toutes les données concernant l'aiguillage des appels à la sortie des autocommutateurs, on dirait aujourd'hui le routage, sont propres à chaque autocommutateur. Concrètement, toute modification d'itinéraire, tout ajout de nouvel autocommutateur ou de nouvelle liaison dans le réseau impose des interventions dans plusieurs autocommutateurs du réseau voire dans tous. Les agents télécommunications doivent alors en modifier la « logique » de câblage¹⁰ (on dit alors : reprendre les straps).

La technologie électronique pour ces autocommutateurs apparaît tardivement dans les années 1980. Les besoins sont limités et le remplacement des autocommutateurs Crossbar ne présente pas d'urgence. Ces autocommutateurs électroniques n'améliorent pas le service fourni aux utilisateurs, ni la fiabilité déjà excellente. En revanche ils facilitent la maintenance et la modification des routages grâce à la télégestion. Il aurait alors été possible d'avoir une gestion du RTS centralisée par CRTT.

4.3. Les liaisons à Courant Porteur sur Ligne haute tension (CPL)

Aux premières liaisons à courant porteur équipées de tubes électroniques succèdent des matériels transistorisés. Des avantages en découlent. Les tubes sont des composants dont les caractéristiques se dégradent au fil des jours et possèdent une durée de vie limitée. De plus, les durées de vie dépendent certes du type de tube et de son utilisation, mais également de sa fabrication. Pour l'utilisateur, ces baisses de caractéristiques se traduisent par une dégradation de la qualité téléphonique, une augmentation du bruit... et enfin l'interruption par la panne de la liaison. Pour les services télécommunications, cette situation se traduit par de nombreuses interventions de dépannage et des difficultés pour adapter la maintenance préventive. Pour palier ces désagréments, très rapidement, sous l'impulsion du service central, une procédure d'essais systématiques est mise en place. Elle est appelée par les utilisateurs « les essais 1 000 périodes » : des appareils émetteurs-récepteurs basse fréquence à 1 000 périodes sont commandés et installés dans tous les postes. Ils émettent un niveau de référence et permettent la mesure du niveau reçu à l'autre extrémité de la liaison ce qui permet de mesurer l'affaiblissement de la liaison¹¹. Les essais journaliers sont effectués systématiquement par le personnel de quart tant qu'il existe, puis progressivement à l'initiative des agents télécommunications. Ces essais ont été exécutés jusque dans les années 1970 !

Les liaisons transistorisées sont plus fiables et créent alors moins de soucis. Mais, transistorisées ou à tubes, les CPL subissent toujours les contraintes du support qu'est la ligne haute tension et son environnement spécifique. D'une part, les matériels de couplage, en particulier les circuits bouchons, ne sont pas exempts de pannes, leur remise en état liée à la consignation de la ligne peut s'avérer fort longue. D'autre part la ligne support peut être consignée pour d'autres raisons et des mises à la terre placées en ligne, ce qui, le plus souvent, perturbe la

9. MTBF en anglais : *mean time between failure*, francisé en : moyenne des temps de bon fonctionnement.

10. Cette « logique » se présentant sous forme d'une table de câblage comportant des picots reliés ou non entre eux par les straps.

11. La mesure n'est correcte qu'en l'absence de bruit à la réception. Aussi, ces essais nécessitent également une interprétation par les opérateurs.

C'est dans ce cadre que, jusqu'aux dernières années du XX^e siècle, les sociétés d'avant la nationalisation puis à son tour EDF, devront chercher à répondre à leurs besoins de supports de transmissions. Le chapitre 14, « Évolutions des supports de transmissions des électriciens et concept de réseau de sécurité » reprend ce sujet jusqu'aux années 1990 qui vont voir le cadre réglementaire des télécommunications radicalement changer.

2. Les moyens spécifiques avant la nationalisation

2.1. La téléphonie dite « téléphonie protégée »

Une solution en apparence évidente, permettant de téléphoner d'une extrémité de ligne à l'autre et qui peut paraître facile à un non-technicien du téléphone, est de placer un circuit téléphonique 2 fils sur les mêmes pylônes que la ligne haute tension et de mettre ainsi à profit sa structure mécanique. Les problèmes à résoudre se sont avérés nombreux, mais malgré tout, de nombreuses lignes de 20 à 60 kV et même 110 kV ont pu être équipées d'un circuit téléphonique à 2 fils nus : tout en haut de la ligne, le câble de garde, en dessous les 3 câbles conducteurs, plus bas et près du fût du pylône les 2 fils du circuit téléphonique. Cela nécessite souvent des pylônes plus élevés de 1,5 mètre⁹ et donc un surcoût important (figure 1).

Le circuit ainsi réalisé présente certes un affaiblissement réduit, mais les champs électromagnétiques et électrostatiques dus aux câbles de phase, induisent dans chaque fil des tensions qui ne peuvent pas être correctement équilibrées malgré les rotations régulières imposées aux 2 fils. Cela se traduit par un niveau de bruit important aux bornes du circuit, du même ordre de grandeur que la parole, rendant pénible toutes les communications téléphoniques. Plus grave encore la tension entre fil et terre de chaque conducteur atteint des valeurs déjà dangereuses de l'ordre de la centaine de volts en régime normal d'exploitation de la ligne et des valeurs de l'ordre de plusieurs milliers de volts en cas de défaut phase-terre de la ligne. De plus la possibilité de la chute d'un

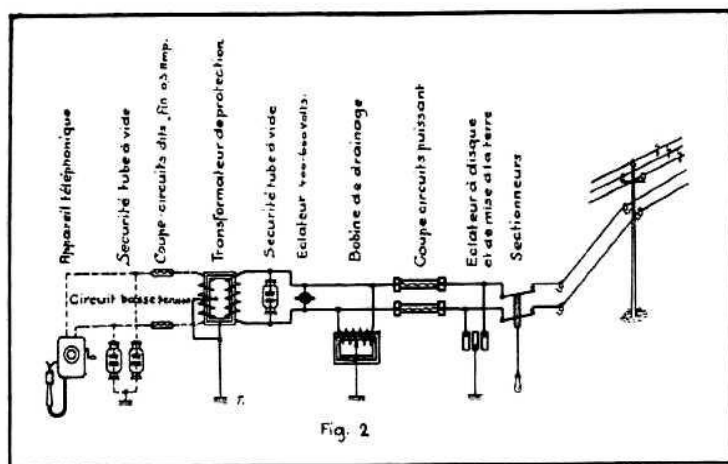


Fig. 2. — Schéma d'une installation téléphonique avec fils sur ligne fonctionnant à une tension supérieure à 25 000 volts (Siemens, Berlin).

J West, Extrait du rapport Cigré 1925, "Les communications téléphoniques avec fils sur les réseaux à haute tension", p 4

Figure 2 ■ Couplage.

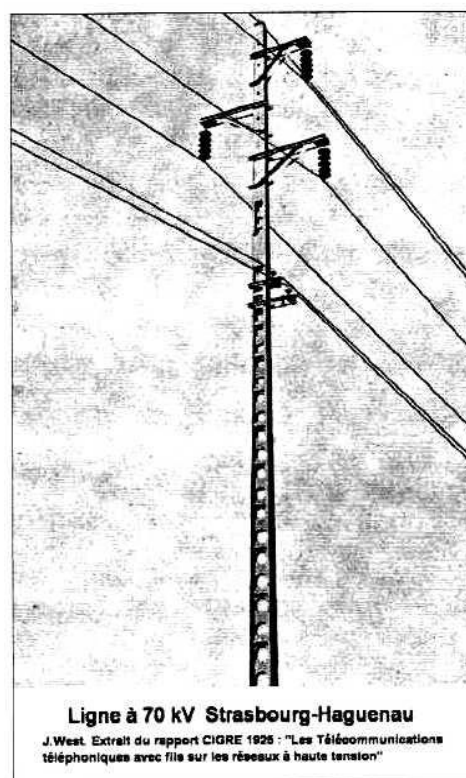


Figure 1 ■ Géométrie de pylône.

conducteur de phase sur un fil du circuit est un risque particulièrement grave, la probabilité d'un tel événement étant loin d'être quasi nulle compte tenu de l'état de certaines lignes à conducteurs de cuivre et à isolateurs rigides.

9. Pour respecter les hauteurs au-dessus du sol imposées par les arrêtés techniques sur la construction des lignes électriques et des lignes de télécommunication.

tées dans les années 1970 par une nouvelle théorie venue des États-Unis qui définit la propagation des courants porteurs sur des lignes HT en nappe¹⁶.

Il existe 3 modes de propagation des ondes HF sur les lignes HT en nappe (sans rotation de phases) :

- mode 1 : transmission entre la phase centrale et les phases extrêmes ;
- mode 2 : transmission entre les phases extrêmes ;
- mode 3 : transmission entre les 3 phases et le sol.

Chacun de ces modes ayant un affaiblissement spécifique (à 200 kHz) d'environ 0,2 dB/km pour le mode n° 1, 0,13 dB/km pour le mode 2 et supérieur à 0,13 dB/km pour le mode 3. L'impédance caractéristique est de l'ordre de 300 Ω pour les 2 premiers modes, de 400 à 600 Ω pour le 3^e mode.

En fait, à compter des années 1940, les méthodes de réalisation des liaisons CPL varient peu et les principales évolutions proviennent de l'amélioration du matériel utilisé.

Le mode le plus utilisé est alors le couplage phase-terre, entre un des conducteurs de phase et la terre car c'est le plus économique en équipements haute tension. Comme les 3 phases participent à la transmission, ce mode fonctionne même si les couplages sont effectués sur des phases différentes... ce qui s'est produit parfois et n'a été détecté que plusieurs années plus tard¹⁷.

Le couplage interphase plus onéreux puisqu'il nécessite des matériels à haute tension dupliqués n'est guère utilisé que pour des liaisons que l'on espère moins perturbées en cas de défaut haute tension. C'est le cas des CPL transmettant des signaux de téléprotection.

2.3. Les modalités de réalisation des liaisons à courant porteur sur ligne haute tension (CPL) (figure 4)

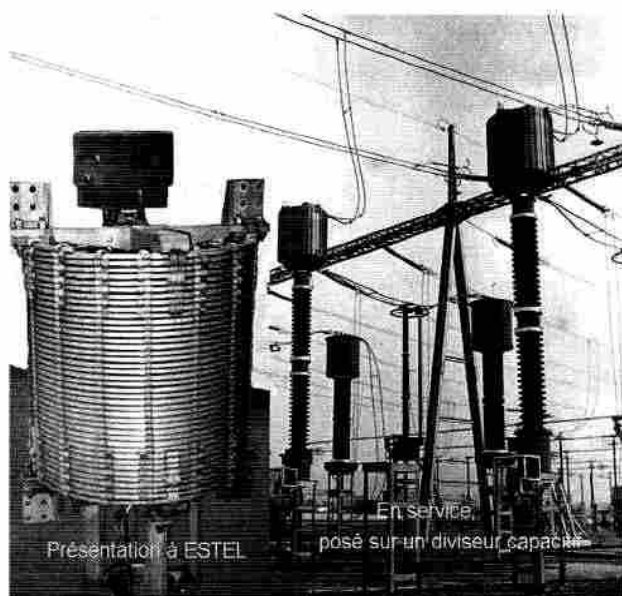


Figure 5 ■ Circuit bouchon.

Le condensateur

Dans le montage le plus couramment utilisé les condensateurs de couplage placés entre phase et terre ont une valeur de 4 000 pF (elle était d'environ 1 000 pF avant la guerre de 1940). Les principaux constructeurs étaient ALSTHOM, SOULE, HAEFLY, BBC. Les tensions de ligne ne dépassent pas à l'époque 220 kV. Plus tard sont apparus des diviseurs capacitifs de 10 000 pF servant à la mesure de la tension et à l'alimentation des circuits de protection qui ont été utilisés pour le couplage des liaisons rendant ainsi inutile le condensateur dédié.

Le circuit bouchon

Les circuits bouchons sont placés en série dans la ligne d'énergie (figure 5).

La valeur de la self a été normalisée à 0,17 mH. La valeur du condensateur mis en parallèle détermine la

fréquence de résonance du bouchon centrée sur la fréquence¹⁸ utilisée par la liaison CPL. Étant en série dans la ligne, la self doit pouvoir supporter l'intensité nominale de celle-ci y compris les surcharges, les courants de

16. Les lignes sont dites « en nappe » lorsque les points de suspensions des 3 conducteurs sont à la même hauteur par rapport au sol. Sauf dispositions particulières elles ne présentent pas de rotation de phase.

17. Ainsi la liaison internationale Bézaumont-Uchtelfangen a fonctionné pendant une dizaine d'année sur 2 phases différentes avec un affaiblissement à peine supérieur à celui auquel on pouvait s'attendre.

18. La résonance self-capacité n'étant pas très pointue dans le cas des valeurs utilisées, le « phénomène de bouchon » couvre largement la bande de largeur 8 kHz occupée par la liaison concernée.

défaut et les ondes de choc que subit la ligne. Avec les augmentations des contraintes dues au réseau électrique, puissances de court-circuit surtout, la construction des circuits bouchon a beaucoup évolué au fil des années, leur fiabilité également.

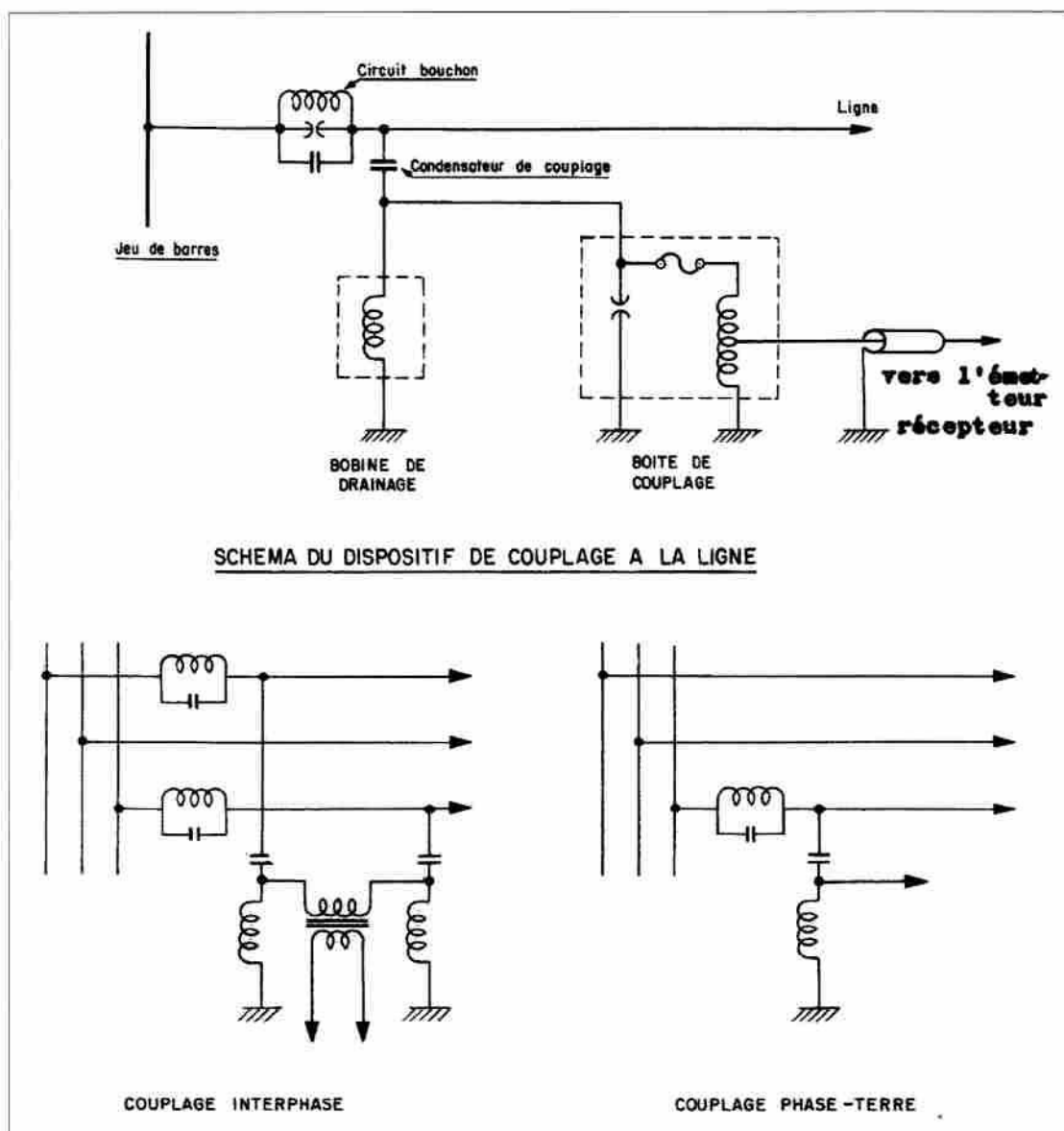


Figure 4 ■ Schéma de principe général d'une CPL.

Le raccordement au condensateur de couplage

C'est un ensemble qui comporte :

- une bobine de drainage qui fixe à la terre la base du condensateur et écoule le 50 Hz à la terre. La valeur de la self de cette bobine est d'environ 0,1 Henry ;
- des dispositifs de protection pour le personnel et le matériel : éclateurs à cornes, parafoudres, fusible, sectionneur de mise à la terre ;
- une boîte d'adaptation, essentiellement un autotransformateur réglable permettant d'adapter au mieux l'impédance de l'émetteur-récepteur (50 ou 75 Ω) à l'impédance de la ligne, (La valeur nominale de l'impédance de la ligne a été déclarée proche de 400 Ω , mais dans la réalité, les mesures donnent souvent des valeurs fort différentes, dues au fait que la propagation des ondes le long de la ligne utilise avec des poids variables

4.2. Les câbles téléphoniques dits « à armure close »⁴⁵

La téléphonie protégée, trop dangereuse, disparaît, mais l'idée d'acheminer sur la ligne haute tension un câble de télécommunication, qui soit facilement utilisable et surtout sans danger, reste dans l'esprit des exploitants. La solution initiale est un câble à quarte téléphonique en armure close, c'est-à-dire incorporé dans une armure porteuse placée en câble de garde en haut de pylône et parfois dans le fût du pylône⁴⁶. Cette technologie prometteuse, les circuits offerts à l'exploitant sont de qualité et ne nécessitent pas d'entretien, sera freinée en France compte tenu de son coût et surtout des contraintes techniques liées à la légèreté relative des lignes HT et THT françaises (voir figure 9).

André Chanal expose la genèse du produit :

« L'idée des circuits de télécommunications dans les câbles de garde vient des Alpes, tout au moins je le crois, sans en être sûr à 100 %. Pourquoi ? D'une part parce qu'il y avait des gens qui étaient très curieux au plan technique, Pierre Revol et Barrault qui était chef du service études et travaux [...] en 1955 l'idée était déjà lancée, un prototype était réalisé et posé entre l'usine de Bolozon et le poste de Cize. L'idée de mettre des circuits de télécommunications dans les câbles de garde avait dû germer dans les années 1952-1953. La réalisation était une association de SILEC pour les quartes et surtout de la câblerie de Bourg qui avait été leader à l'époque dans la réalisation des câbles en Almélec ; il fallait faire une sorte de gaine entourant les quartes de façon à ce que celles-ci ne soient pas écrasées en tirant le câble. La technique retenue pour faire cette gaine était de réaliser le câble avec des fils en « Z » qui permettaient, en fait, de constituer un tube. Les circuits de télécommunications étaient entourés d'une couche de fil « Z » en acier et d'une couche de fil « Z » en Almélec. Silec faisait l'âme du câble et la câblerie de Bourg qui réalisait depuis longtemps des fils « Z » pour les câbles de téléphérique ou de l'industrie assemblait l'ensemble. [...] Cela a coïncidé avec la mise au point par Silec d'un isolant polyéthylène pour les fils téléphoniques⁴⁷ ».

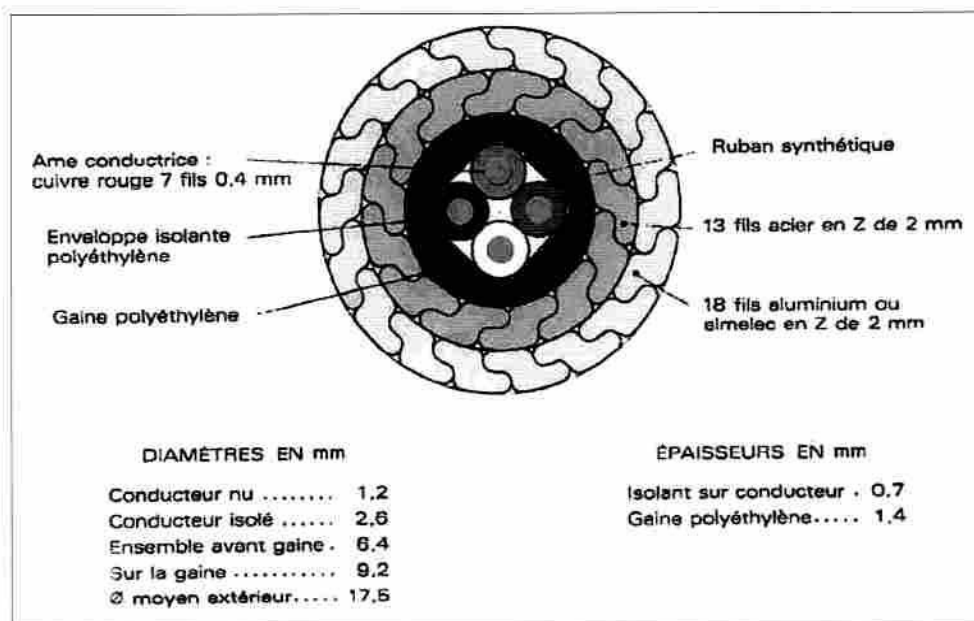


Figure 9 ■ Coupe d'un câble « à armure close ».

La qualité des circuits à quarte étoile fournis par ces câbles est tout à fait identique à celle des câbles enterrés classiques⁴⁸. Le regret des services Télécommunications des CRTT est qu'ils ne sont constitués, que d'une quarte (sauf exception : sept quartes entre les postes HT de Pratclaux et Monistrol, 4 quartes à l'usine de l'Arly)

45. Ce sujet est développé au chapitre 14.

46. En Allemagne un câble de télécommunication à une quarte a même été inclus dans un conducteur de phase de la ligne d'évacuation de l'usine d'Iffezheim située en aval de Strasbourg.

47. Propos d'André Chanal recueillis par les auteurs, A Chanal est à l'époque ingénieur au service études et travaux du CRT Alpes.

48. Impédance caractéristique de 450 Ω à 800 Hz et affaiblissement kilométrique de ~ 0,4 dB/km à 800 Hz et de ~ 4 dB/km à 100 kHz.

7.1. Les entrées « PTT »

Si les modalités de réalisation ont été modifiées au fil des ans, les principes de base de l'entrée des circuits PTT dans un poste HT ont été définis dès avant la création d'EDF.

Rappelons que le courant de défaut s'écoulant dans la terre du poste HT provoque l'élévation de potentiel de la terre du poste HT par rapport à une terre éloignée appelée terre neutre. Sans précautions particulières, un circuit de télécommunication amène le potentiel de cette terre neutre dans le poste. Il faut donc protéger matériel et personnel du poste. Pour ce faire, il faut soit isoler, soit court-circuiter cette tension.

On va donc trouver systématiquement :

- Dans le poste HT, le dispositif de raccordement et de protection assurant de manière visible la séparation entre d'une part les câbles et le matériel au potentiel du poste et d'autre part le câble d'amenée des circuits au potentiel extérieur. Deux types de platine ont été utilisés : celles fournies par le constructeur Techniphone pendant deux décennies, puis avec des marchés nationaux par un second fournisseur Pouyet. Les schémas de principe et de fonctionnement sont identiques, la rigidité diélectrique des platines Techniphone est un peu supérieure à celle des platines Pouyet moins encombrantes.
- Le câble donnant accès au poste est un câble non armé, de 3,7, 14 ou 28 quartes dit « à fort isolement » puisqu'il doit supporter la différence de potentiel. Il est défini par la spécification DERT CS 19243-D qui prévoit une rigidité minimale de 6 kV crête à 50 Hz fil-terre et de 2 kV entre fils.
- La boîte de raccordement entre ce câble à haute rigidité EDF et le câble PTT est un matériel normalisé par les PTT dont le modèle dépend de la capacité des câbles de l'entrée : ce peut être une simple boîte avec parafoudres fusibles ou une armoire complète dans une guérite, la plus courante étant la boîte de protection dite RPF pour Raccordement Parafoudre Fusible. Pour jouer son rôle, elle doit être raccordée à une terre locale de valeur faible (moins de 10 ou 20 Ω si possible) et indépendante de la terre du poste HT. Il est précisé que cette boîte doit être placée à plus de 100 mètres de la limite du poste HT (figure 13).

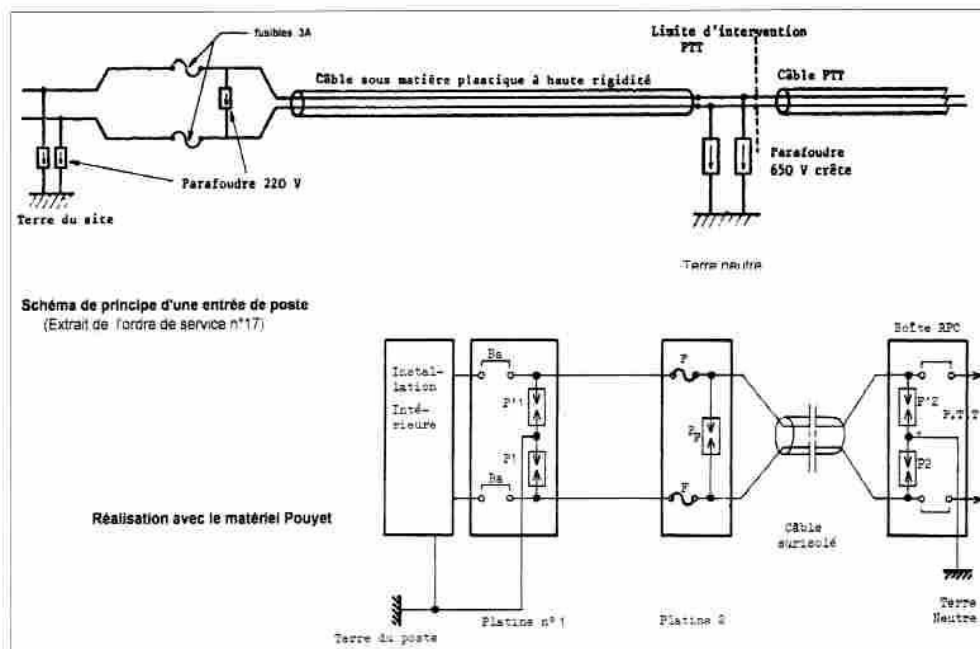


Figure 13 ■ Schéma de principe d'une entrée PTT.

Des ordres de services successifs de l'administration établis en concertation avec EDF, ont ponctué l'évolution de ces entrées dans lesquels sont énoncés les principes de la protection, les conditions de réalisation et de fourniture du matériel.

- O.S. n° 17 du 23 mars 1959 ;
- O.S. n° 28 du 4 novembre 1960 ;

ment de la DERT ils s'interfaçent sans difficulté avec les informations issues de la tranche générale des postes à équiper (figure 9).

4.4. La télécommande : de l'électromécanique à l'électronique

Cette transition s'est opérée sur une durée d'une vingtaine d'années, il faut attendre le milieu des années 1980 pour voir disparaître les dernières liaisons de télécommandes électromécaniques. Bien que l'on trouve peu de traces, on peut raisonnablement penser que des enjeux de pouvoir (expression peut être un peu excessive pour évoquer une naturelle résistance au changement) ont vu le jour et que deux écoles se sont opposées au sein des télécommunications dès lors que les constructeurs, de leur propre initiative, proposent des matériels électroniques en concurrence avec les équipements existants. Les partisans du relais téléphonique détiennent l'antériorité, l'expérience et le pouvoir et pour cause !... les installations fonctionnent correctement et rendent à l'exploitant le service attendu.

Par ailleurs, la doctrine d'exploitation se normalise et des perspectives d'amélioration se concrétisent pour les installations existantes. En effet, dans le compte rendu de la réunion des chefs de service télécommunication des 20 et 21 décembre 1966 on relève entre autres :

« 4) Télécommandes (Études, DERT, CRTT)

– Normalisation des conditions d'exploitation des postes télécommandés dans tous les CRTT.

Un premier projet a été fait par le CRTT Nord. Il s'agit de la mise au point des lampes et des boutons généraux et communs à l'ensemble des organes de la télécommande. En mars 1967 la doctrine devrait être établie.

– Les essais de télécommandes système IV avec signaleurs à codes trivalents ont été satisfaisants.

Quant aux supporteurs et pionniers de l'électronique, ils ont bien du mal avec les premières réalisations mises en œuvre, empêtrés dans la résolution des dysfonctionnements inhérents à la jeunesse des produits, comme l'expriment les propos mentionnés dans le compte rendu de la réunion des chefs de service télécommunications des 2 et 3 décembre 1969 :

Un grand nombre de constructeurs en France se lance dans la fabrication de matériels mixtes assurant la transmission de télécommandes (TC), valeurs de consigne (TVC), télésignalisations (TS), télémesures (TM) et télécomptages. Le Groupe de Travail Télécommande a étudié une liste de nouveaux matériels. « Ces nouveaux matériels mettent en jeu aux frontières des relais miniaturisés qui sont beaucoup plus sensibles aux perturbations extérieures que les relais classiques. Ceci conduit à prendre un certain nombre de précautions. En particulier, un document précisant les caractéristiques à imposer aux frontières devra être établi. D'autre part, les services TCM devront s'efforcer de conseiller les utilisateurs pour faire adopter les conditions d'exploitation normalisées et éviter les cas particuliers ». Un document pour normaliser les raccordements au poste asservi a été discuté et des règles ont été adoptées.

– Système de télécommande étudié par la DER : une documentation sera adressée aux CRTT ; les installations prévues par la Direction de la Distribution seront signalées aux CRTT qui informeront le service central des difficultés éventuelles rencontrées tant lors de la mise en service qu'en exploitation.

Propos qui montrent également que la DER se positionne sur le créneau de la télécommande en conseil de la Direction de la Distribution²⁸. Cette prise de position se confirme et s'amplifie par la suite puisqu'elle joue désormais un grand rôle dans la mise en place ultérieure des Bureaux Centraux de Conduite.

Au sein de l'entreprise, l'arrivée des équipements électroniques interroge, perturbe des habitudes dans les programmes d'installation. Les études se poursuivent pour définir la meilleure politique à retenir. Une situation transitoire doit être envisagée afin d'effectuer le choix le plus judicieux permettant à la fois de ménager l'avenir et de répondre avec pertinence aux exploitants du réseau électrique, comme le rapporte le compte rendu de la réunion Télécommunication des 1^{er} et 2 décembre 1970.

28. Cf. Chapitre 10, « Les télécommunications de la distribution de 1946 à 1970 » ; chapitre 16, « Les télécommunications de la distribution à partir de 1970 ».

5. Production hydraulique et télécommunications³²

À la création d'Électricité de France, en 1946, le Service des usines hydrauliques prend en charge 311 usines, dont 19 seulement sont partiellement automatisées et exploitées sans personnel permanent de conduite. Ces différentes usines correspondent à une puissance totale installée de 4 500 MVA, pour une productibilité moyenne annuelle : 12,7 TWh. Elles présentent une grande diversité de conception, de caractéristiques et d'âge.

Partant d'un parc d'installations où le démarrage des groupes s'effectue, en général, organe par organe, la Production hydraulique, « en s'inspirant des conclusions d'une note en date du 4 février 1947 de P. Ailleret, Directeur des Études et Recherches, a alors mis à l'étude un programme de travaux tendant à conférer, à des installations existantes un degré de mécanisation ou d'automatisation plus ou moins poussé, susceptible d'autoriser une réduction sensible du personnel de surveillance³³ ».

Cette adaptation des organes électromécaniques, dans cette première phase dite de semi-automatisation, aboutit au démarrage et à l'arrêt centralisé des groupes de production, permettant la suppression des machinistes mais avec le maintien d'un service permanent de conduite. Celui-ci est chargé de gérer les contraintes d'exploitation et d'appliquer, pour les centrales de lac, les consignes de puissance transmises téléphoniquement par le dispatching, pour assurer une sorte de « réglage secondaire de la fréquence du réseau électrique ». Le rôle des télécommunications dans l'exploitation des usines hydrauliques demeure donc limité au téléphone.

Le développement du système de télé-régulation de fréquence-puissance, dès 1953-1955, améliore nettement, à la fois la conduite du réseau mais allège également la tâche des chefs de quart de l'hydraulique. Les « télécommunications » prennent alors une place importante dans la télécommande des groupes générateurs.

5.1. L'automatisation des centrales

Ces opérations de semi-automatisation se poursuivent jusqu'en 1970, mais dès 1963, l'expérience acquise permet de passer à une nouvelle phase, celle de l'automatisation intégrale : l'automate se substitue à l'homme pour assurer la fonction de conduite de l'usine hydraulique et sa surveillance à distance.

Cette automatisation est pilotée depuis le niveau national du Service de la Production Hydraulique (SPH), à partir d'une doctrine qui privilégie avant tout la simplicité, en retenant :

- Une conception modulaire des automates des usines :
 - l'automate de premier rang est en liaison directe avec le matériel électromécanique ;
 - l'automate de second rang est situé à l'usine et en assure la conduite globale ainsi que sa surveillance ;
 - l'automate de troisième rang est constitué par le poste (ou tableau) centralisé de commande qui est à la fois l'interlocuteur du dispatching régional et des automates de second rang.
- L'état de sécurité d'un groupe est l'arrêt : la disparition de la tension électrique de contrôle du groupe provoque son arrêt (schémas de contrôle-commande dits à « manque de tension »).

Tous ces principes sont réunis dans un recueil national de « schémas types », mis à la disposition des unités régionales (GRPH) pour réaliser leurs automatisations d'usines hydrauliques. Les fonctions d'automate de deuxième rang sont généralement assurées soit par un asservissement puissance-niveau pour les usines au fil de l'eau soit par un programmeur à commutateurs électromécaniques pour les usines d'éclusées. Dans certains cas, il est fait appel aux services du CRTT voisin pour réaliser un automate plus complexe, comme par exemple pour la conduite de l'ensemble des usines de Nentilla-Escouloubre dont l'automate est alors étudié et réalisé par le laboratoire d'essais du CERT à Saint-Denis et mis en service par le CRTT Sud-Ouest de Toulouse (1971).

32. Cf. Georges Maurin (sous la dir. de), « Histoire du Service de la Production Hydraulique 1946-1992 », Paris, AHEF, 1995.

33. Ibid, p. 81-82.

5.2. Les postes centralisés de conduite

L'étape suivante de la télécommande s'enclenche dès le début des années 1960, c'est-à-dire que la coordination de plusieurs usines est assurée à distance, généralement depuis le poste de commande d'une usine voisine ou de l'usine la plus importante de la vallée, voire du dispatching régional. Ces réalisations permettent de supprimer le service de quart de l'usine télécommandée, ce qui est favorable lorsque celle-ci est isolée ou difficile d'accès, notamment en hiver. Ces opérations sont également rendues possibles grâce aux progrès réalisés par les systèmes de télécommunications aussi bien pour les supports que les équipements terminaux.

En effet, ceux-ci sont alors capables de transmettre différents termes de téléconduite : télécommandes et télésignalisations mais aussi télémesures, téléajustages et télévaleurs de consigne. L'organisation de l'exploitation locale, au niveau des groupements d'usines s'appuie largement sur les systèmes de renvois d'alarmes, développés à cette époque.

Le tableau centralisé (TC) de Mallemort, pour la conduite des usines de la Basse Durance mis en service en 1965, constitue l'une des premières exploitations centralisées au service de la Production hydraulique. Il fait pour la première fois appel à des supports de transmissions sur faisceaux hertziens.

Aspects techniques du Poste centralisé de Mallemort (5 usines, puissance totale : 520 MW)³⁴

Les solutions techniques étudiées par l'hydraulique et les télécommunications du CRTT Sud-est

- Les voies de transmissions : la radio, une première en France !

Après études, l'utilisation d'un réseau de 11 liaisons radio monovoies dans la bande 440-470 MHz (avec 3 relais de retransmission), complété par quelques liaisons par câbles ou PTT a été retenue. Les équipements radio sont du type RT5 de BBC (Brown Boveri) avec des antennes « Hélice ». On trouve dans ce choix la « patte » novatrice du service Télécommunications du CRTT Sud-Est qui s'est, de longue date, investi dans les techniques radio.

La bande de transmission 300-4 000 Hz de chaque liaison est utilisée pour les télémesures, télécommandes et télésignalisations multiplexées en fréquences.

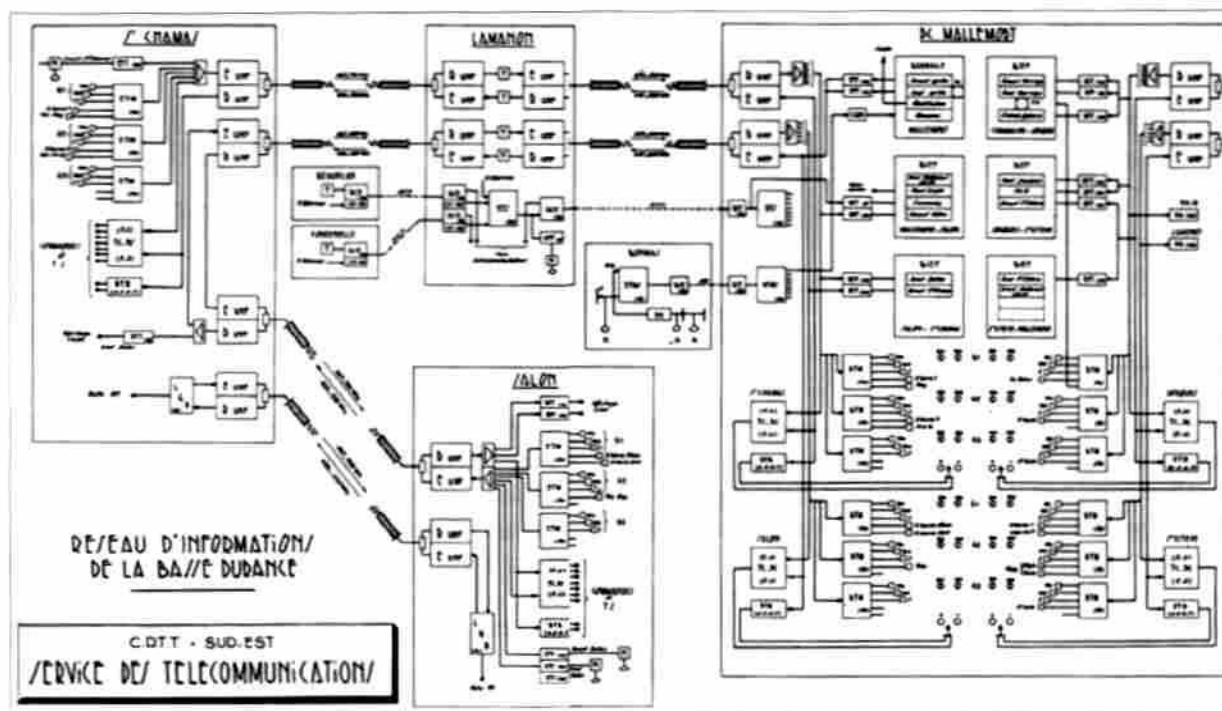


Figure 10 ■ Schéma du réseau d'informations de la Basse Durance.

34. D'après M.-A. Fabre (REH Alpes-Sud), M.M. Littau (GRPH Méditerranée), J. Roques (TCM CRTT Sud-Est), « Télécommande des cinq centrales Hydroélectriques de la basse Durance depuis le tableau centralisé de Mallemort », rapport présenté au 6^e congrès de la SFE à Aix en Provence et, complété par des informations recueillies auprès de J. Roques.

- **Télémesures, télécommandes, télésignalisations**

Ces fonctions sont assurées chacune par des équipements spécifiques :

- 16 télémesures de niveau (barrages, biefs...). Les hausses ou baisses de niveau sont converties en impulsions transmises par des émetteurs/récepteurs télégraphiques trivalents de fourniture BBC utilisant une bande de 240 Hz ;
- 65 télémesures électriques (puissances actives, réactives des groupes, puissance active des départs, tension de barres) transmises par des émetteurs/récepteurs cycliques (2,26 s) numériques « 5 termes » TRT (Télécommunications Radioélectriques et Téléphoniques) utilisant une bande de 120 Hz ;
- les télécommandes sont limitées au réglage des puissances active et réactive de chacun des groupes (le démarrage et l'arrêt étant effectué localement).

Des équipements à relais « Système IV » de CGCT (Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques) sont utilisés ; ils servent aussi à la transmission de télésignalisations.

Les équipements ont été choisis par le service des Télécommunications du CRTT Sud-Est pour le compte de la Région d'équipement Alpes-Sud et maintenus ensuite par ce même service au bénéfice de l'exploitant, le GRPH Méditerranée.

- **La commande centralisée a amené des gains :**

- économie du service de quart : 29 agents au lieu de 45 ;
- exploitation souple et rationnelle de la chaîne d'usine.

Les seuls soucis de maintenance sont venus des équipements radio, équipés de tubes électroniques sujets à quelques pannes malgré les programmes de vérifications périodiques. Les autres équipements de télétransmissions à relais ou semi-conducteurs sont d'excellente tenue.

- **Évolutions**

Les responsables du projet sont convaincus que le succès de cette première expérience de télécommande centralisée à EDF pour une chaîne d'usines préfigure l'avenir.

Ils constatent aussi que, conçu en 1962 et mis en service en 1965, le système pourrait être d'ores et déjà amélioré. « L'évolution accélérée des techniques électroniques et les progrès des méthodes de traitement de l'information font qu'une solution valable à telle époque est rapidement dépassée ».

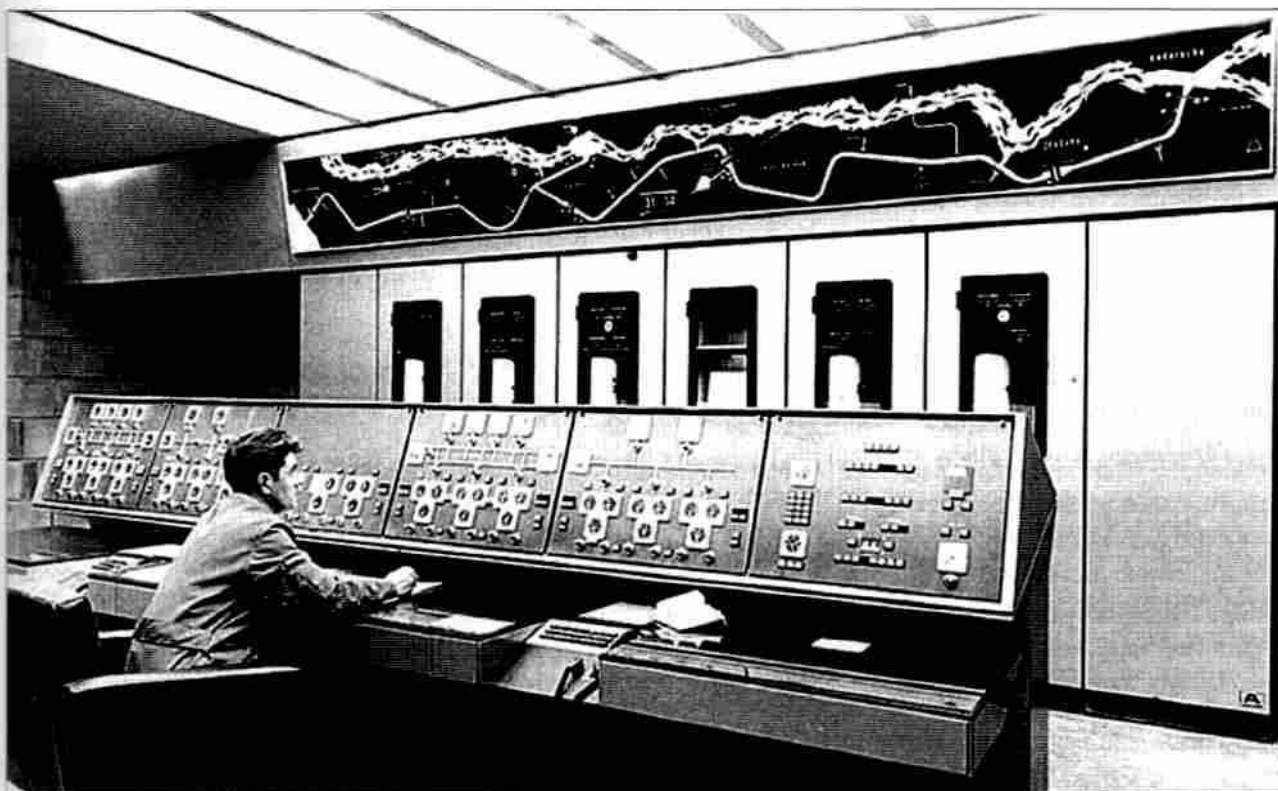


Figure 11 ■ 1965 : tableau centralisé de Mallemort.

2.3. Du gardiennage à la télécommande des ouvrages de transport

Les dispositifs de gardiennage

Avant la nationalisation, la plupart des postes du Transport sont gardés par du personnel et les plus importants disposent d'un service de quart permanent dans la salle de commande. Les autres sont surveillés par du personnel en astreinte une semaine sur deux en dehors des heures ouvrables. Leur activité d'exploitation consiste à exécuter les manœuvres ordonnées par le dispatching ou le bureau d'exploitation de leur société, à l'informer des événements, des incidents ou des anomalies de fonctionnement des appareils et à relever des index de mesures des comptages qui permettent d'effectuer les décomptes de transit d'énergie, notamment sur les lignes d'interconnexion entre complexes. Avec la nationalisation, l'exploitation du réseau évolue avec la mise en place de dispositifs de reprise automatique du service. Le déploiement de différents types d'enregistreurs de manœuvres et de signalisations réduit les tâches de relève manuelle des événements lors des incidents. Si bien que progressivement l'activité des personnels de quart se réduit, et qu'il devient possible d'exploiter sans une présence permanente en salle de commande. Un dispositif de gardiennage est mis au point. Il associe renvoi d'alarme et autocommutateur téléphonique. L'ensemble achemine au domicile de l'agent d'astreinte les communications téléphoniques et la ou les signalisations l'informant d'un dysfonctionnement et de la nécessité de se rendre dans les meilleurs délais à la salle de commande pour prendre connaissance de l'événement et intervenir en conséquence. Un contrôle automatique de l'acquiescement permet de s'assurer de la bonne prise en compte de l'alarme. Si tel n'est pas le cas le dispositif déclenche de lui-même une alarme dite « alerte générale » qui prévient tous les agents, en service ou non, susceptibles d'intervenir. Ce dispositif construit avec des relais téléphoniques et empruntant des câbles télécommunications pour relier les domiciles évoluera, s'adaptera, notamment avec l'éloignement progressif des lieux d'habitations du site des postes HT, mais perdurera pendant de longues années.

Les premières télécommandes

Dans certaines anciennes sociétés, l'idée de commander à distance les installations des postes électriques existe, mais les premières télécommandes sont mises en service peu après la nationalisation au CRT Sud-Ouest et au CRT Nord⁴⁰. Un autre témoignage, la note⁴¹ adressée en juillet 1949 par le responsable du service des transmissions du CRT Sud-Est à son chef de Centre, montre que d'autres CRT ont aussi des projets.

Nous avons mis au point le projet de télécommande de Grisolles à partir de Saint-Auban. Nous vous rappelons les données du problème.

La télécommande doit assurer :

- la télécommande et télésignalisation des 3 disjoncteurs ;
- la télésignalisation du fonctionnement des 3 protections sur chacun des trois départs ;
- la télésignalisation du manque de tension sur les 3 départs.

Ces signaux doivent être transmis par voie HF.

En vue d'assurer les couplages éventuels, nous avons envisagé la solution consistant à transmettre à Saint-Auban :

- le vecteur tension barres 150 kV Grisolles en permanence, à la demande, le vecteur tension de la ligne à coupler.

Cette solution nécessitait 4 équipements de télémesures dont le prix s'élevait à 2 500 000 francs. En outre, elle subordonnait la prise de parallèle à la transmission correcte de quatre télémesures, aussi a-t-elle été abandonnée.

Il existe à Grisolles un coupleur automatique. Il suffira de transmettre au moment d'un couplage, un signal supplémentaire qui mettra le synchro-coupleur en service.

Nous avons consulté 5 constructeurs : CDC, CGCT, CIT, CEM, CGEE. Seuls CDC et CGCT ont répondu à nos demandes.

Les 2 procédés offrent au point de vue la sécurité les mêmes garanties ; elles diffèrent surtout par les voies HF employées.

1. Projet CDC

La CDC emploie comme voie HF une BLU qui servirait en même temps à assurer la transmission des télémesures en provenance de l'Argentières et Grisolles. Son prix est de 9 200 000 francs.

40. Cf. Chapitre 5, « Reconnaissance et installation d'un « métier » interne émergent ».

41. AESTEL, Note Mt/Ja/JV du 26 juillet 1949.

Enfin, toute réorganisation a un côté affectif. Il est d'autant plus sensible que, dans ce cas, on a éclaté un groupe homogène dans des entités diverses, provoquant des angoisses et des réactions, somme toute, normales dans le contexte EDF de l'époque, alors que les organisations sont encore relativement stables.

Trente ans après, il est vrai dans un contexte technologique et environnemental différent, des GESCC (Groupes d'expertises des systèmes de contrôle-commande) du futur RTE reprendront une partie des principes de la N3ter, mais sans séparer l'exploitation du réseau des activités de télécommunication. Qui sait, la leçon a-t-elle été retenue ?

L'expérience marseillaise ne sera pas étendue dans les autres CRTT où l'activité se poursuit dans la continuité des organisations existantes. Cette situation n'a pas été sans conséquences sur les relations entre le CRTT Sud-Est et ceux des autres régions, notamment lors des réunions des chefs des services de Télécommunications.

Cependant, la mise en place de cette réforme, même limitée à un seul CRTT, comme celle du service central posent la question du positionnement de la fonction télécommunications au sein du Transport, question qui se pose également pour EDF prise dans son ensemble.

2. Un monopole de plus en plus contesté

L'importance prise par les moyens de télécommunications dans le fonctionnement du réseau et la forte évolution technique entraîne, en effet, d'autres services, d'autres directions à s'intéresser de très près aux télécommunications. C'est, en particulier, le cas à la direction de la Distribution où l'exploitation du réseau (l'automatisation de la téléconduite des installations, le traitement de l'information), comme les applications commerciales ou de gestion (TGA, gestion technique, gestion des stocks, etc.) sont des sujets sensibles. C'est alors que, pour cette direction, « *L'opportunité des courants faibles est à saisir* »¹⁷.

Si depuis avril 1960, le Transport a, en théorie, le monopole de l'activité pour l'ensemble d'EDF, en pratique, la Distribution possède également une structure chargée de cette activité, créée, rappelons-le, en 1961, à la Direction régionale de Paris : le service régional des télécommunications (SRT). Avec le départ de Maurice Paimbœuf, le SRT cesse d'être considéré comme un CRTT et les relations deviennent de plus en plus distantes.

En 1974, nous l'avons vu¹⁸, une première convention a donné plus d'autonomie à la Distribution dans la maintenance de ses installations. Les opérations simples (premier échelon) sont réalisées par ses propres agents. C'est la reconnaissance de la volonté de la Distribution de s'émanciper du Transport du point de vue des télécommunications, les services Télécommunications des CRTT s'engageant même à former du personnel au sein de la Distribution. Dès lors, l'ambition de la Distribution est de maîtriser l'ensemble du processus (projets, études, réalisations, entretiens) selon sa propre doctrine dans le domaine de la téléconduite.

Aussi est-il indispensable de revenir sur le climat dans lequel cette convention a été signée. En 1970, la Distribution commence à réfléchir à une nouvelle organisation de l'exploitation de son réseau électrique¹⁹. Elle aboutira, en 1972, à la décision de mettre en place les bureaux centraux de conduite (BCC).

Au même moment une réflexion s'engage entre la direction Production Transport et la direction de la Distribution sur l'organisation des activités de conception, d'études et de maintenance en matière d'automatisation de la téléconduite des installations. Le chef du service du Transport, Bernard Favez, expose ses conceptions dans un document de fin 1972²⁰, transmis pour examen à la direction de la Distribution. Il fait le constat de l'évolution des systèmes de conduite des réseaux, qu'ils soient du Transport ou de la Distribution, qui, du fait de l'usage généralisé des calculateurs industriels à fonctions multiples relèvent du « traitement de l'information ». Dans ce contexte d'évolution, il constate aussi que :

17. AESTEL. « Politique technique de la Distribution », service Technique de l'Électricité, note dactylographiée, 10 novembre 1988, p. 3.

18. Cf. Chapitre 6, « L'affirmation d'un monopole adossé au Transport ».

19. François Lafay, interview réalisée par les auteurs le 26 septembre 2001.

20. AESTEL, Bernard Favez, « De l'organisation des activités en matière d'automatisation de la téléconduite des installations et de la gestion à Électricité de France », 7 décembre 1972. Rapport remis à M. Courbet, directeur de la Distribution.

Les relations avec la Direction Générale des Télécommunications (1975-1985)

La seconde moitié des années 1960 marque le premier grand tournant d'après-guerre pour le secteur des télécommunications françaises. Pour la première fois en effet, un Plan quinquennal (V^e Plan 1966-1970) aborde les télécommunications comme devant jouer un véritable rôle dans la vie du pays.

Alors que l'ensemble de la communauté des compagnies de téléphonie publique en est encore à substituer la commutation électronique spatiale¹ à la technique crossbar, sous l'impulsion du Centre National d'Études des Télécommunications (CNET), la France a pris de l'avance en matière de commutation numérique. Le développement du premier autocommutateur numérique ou dit encore temporel (système Platon) est achevé dès 1970. Mais, faute de volonté politique, donc faute de moyens, le retard du téléphone a continué à s'aggraver pour atteindre un seuil difficilement supportable.

C'est donc à compter de 1967 que la Direction Générale des Télécommunications (DGT) engage la préparation du Plan de rattrapage du téléphone qui est finalement adopté en 1975, dans le cadre du VI^e Plan (1970-1975).

Parallèlement, la DGT se voit appelée à de profondes modifications d'organisation comme de modes de fonctionnement. D'une organisation en bureaux ministériels qui géraient différentes lignes budgétaires, elle passe à une organisation en services nationaux, régions et directions opérationnelles qui doivent apprendre à acquérir une réelle responsabilité des budgets et des programmes. Si elle reste encore une administration, la DGT adopte progressivement l'esprit et les méthodes d'une entreprise industrielle.

Le plan de rattrapage du téléphone lancé, la DGT devient en 1974 le premier investisseur public. Si le VI^e Plan est essentiellement consacré à l'effacement du retard du téléphone et à l'amélioration de sa qualité de service, dès le VII^e Plan, apparaît la nécessité d'une politique dynamique en matière de transmission de données. Il s'agit pour les PTT de faire face sur le segment des supports de transmission internationaux alors qu'IBM lance son satellite SBS. Il s'agit encore de résister à la menace d'un monopole du protocole SNA² d'IBM, si l'on veut intervenir sur le secteur naissant et prometteur des transmissions de données à moyen débit entre entreprises. Il s'agit enfin de préparer une réponse aux flux croissants des consultations de bases de données.

En 1978, le réseau Transpac entre en exploitation commerciale. En 1979, le programme Télétel est engagé. Le satellite Télécom 1 A, premier satellite français de télécommunications, est lancé en 1981. En 1983, le réseau vidéotext Télétel est opérationnel et son terminal Minitel va permettre à l'ensemble des abonnés du téléphone d'accéder à l'annuaire à partir du « 11 ». En 1985 enfin, la mise en place de la numérotation à huit chiffres pour 23 millions d'abonnés marque la fin de la « crise du téléphone ». À compter des années 1970, EDF va donc devoir dialoguer non plus avec une Administration, parent pauvre de l'activité économique, mais au contraire avec une DGT qui se comporte comme une entreprise industrielle et commerciale assurée, sinon conquérante, et qui en outre, n'a pas pour autant perdu son pouvoir de réglementation du secteur.

Au sein d'EDF, les questions de télécommunications ne sont plus centralisées et sont traitées différemment. Avec le développement de l'informatique de gestion et sa déconcentration attendue, les questions de trans-

1. Cf. Chapitre 8, « La téléphonie administrative ».

2. System Architecture Network : architecture propre des systèmes informatiques distribués d'IBM.

missions de données sont prises en main par la direction des Études et Recherches (DER) et par le service du Traitement de l'Information (STI). Au départ de Maurice Paimbœuf, en 1973, la responsabilité des questions de téléconduite est directement subordonnée à celle de l'exploitation du réseau électrique. Elle est, de ce fait, enlevée au département Télécommunications d'origine pour être confiée à un nouveau département à part entière du service central du Transport³. La responsabilité du dialogue avec la DGT, que Maurice Paimbœuf avait personnalisé depuis la nationalisation, fait l'objet d'une redistribution au sein même du service du Transport mais aussi en dehors, principalement au profit du service Informatique et Mathématiques Appliquées (IMA) de la DER, et dans une certaine mesure, pour certains sujets comme celui des supports communs, au profit de celui de la direction de la Distribution. Après trois décennies de rapports imprégnés d'une certaine tolérance et d'une certaine compréhension mutuelle, on bascule alors dans une période d'une dizaine d'années au cours de laquelle vont se côtoyer deux modes de relations fortement contrastées :

- des relations d'accompagnement des politiques de la DGT, voire même de coopération quand il s'agit de réseaux de transmission de données de gestion ou de mise en commun des supports des lignes aériennes ;
- des relations tendues, voire conflictuelles, lorsqu'il s'agit des supports de transmissions du réseau de sécurité.

On observe que ce sont les nouveaux venus dans la redistribution du dialogue avec les PTT qui représentent les interlocuteurs conciliants alors que les interlocuteurs historiques de la filière du Transport sont au centre du conflit. Au regard des transmissions de données publiques ou d'entreprises, les télécommunications attachées à l'exploitation des réseaux électriques, et si tant est qu'elles aient pu l'être, ne sont plus un marché stratégique pour la DGT. Marché ? Non. Mais source d'une possible concurrence future ⁴?

1. Relations de coopération dans un domaine nouveau : les transmissions de données

1.1. Le choix de Transpac⁵

Dès le début des années 1970, EDF doit travailler à la définition d'un futur réseau téléinformatique national (RETINA) appelé à se substituer aux réseaux spécialisés préexistants : Mercure pour les calculs scientifiques et techniques, Tigre ou RTD pour les données de gestion. L'un des objectifs essentiels est alors de pouvoir faire communiquer des ordinateurs de constructeurs différents et donc de s'affranchir des architectures logicielles de transmission propres à tel ou tel constructeur.

L'option prise, sinon, à proprement parler, le « choix », d'appuyer ce futur réseau sur le réseau de transmission de données public — Transpac — que la DGT s'apprête alors à mettre en service, reste emblématique de l'impact et des conséquences qu'ont pu avoir des politiques industrielles nationales dans le domaine des techniques de l'information sur des institutions telles qu'EDF. Le processus qui va conduire à cette option, plus largement développé au chapitre 21, « Les transmissions de données après 1980, une évolution structurante », peut néanmoins se résumer dans les termes suivants.

S'agissant du cadre général, il s'inscrit dans le contexte mouvant et complexe qui caractérise, aussi bien en France qu'ailleurs dans la première moitié des années 1970, les conditions dans lesquelles doivent se décider les orientations à prendre en matière de techniques de transmission de données. Mouvence et complexité dont les conséquences font désormais partie des débuts de l'histoire de l'Internet⁶.

Au sein d'EDF, le projet de futur réseau télématique national est porté par le GET (Groupe d'étude des transmissions). Les techniciens du groupe, majoritairement issus des services informatiques de la DER et de la DSFI, sont naturellement enclins à faire le choix de la technique de commutation de paquets dite des datagrammes, à

3. Voir également chapitre 11, « Une ère nouvelle et le monopole contesté ».

4. Cf. Chapitre 19, « Des relations avec la DGT aux relations avec France Telecom ».

5. Voir également, chapitre 21, « Les transmissions de données après 1980, une évolution structurante ».

6. Voir, notamment, La Recherche, Spécial Internet, n° 328, février 2002.

l'exemple de celle retenue par le réseau Cyclades développé, sur l'initiative de la Délégation à l'informatique⁷, sur du matériel CII, par leurs homologues informaticiens de l'Institut national de recherche en informatique et automatique (INRIA)⁸.

Par ailleurs, EDF intervient avec les moyens du GET, dans les réflexions menées sous l'impulsion des banques membres du club informatique des grandes entreprises françaises (CIGREF), sur le thème de la mise en commun des réseaux d'entreprises⁹, dans le cadre d'un groupe ad hoc, le GERCIP (Groupement d'étude pour la réalisation d'un réseau de commutations de données interprofessionnel) mis en place à cet effet.

La DGT, à l'instar de ses homologues européennes et canadiennes, cherche à prendre place, face aux sociétés de services informatiques et aux constructeurs, notamment IBM, sur le marché des transmissions de données. Si son avantage concurrentiel, si l'on peut parler ainsi dans le cas de la DGT, est celui du monopole des liaisons louées, elle n'a pas celui des moyens informatiques de commutation. Comme ses consœurs, son cheval de bataille est celui de la normalisation d'un protocole de commutation de paquet selon la technique dite des circuits virtuels, technique plus proche que celle des datagrammes, d'une philosophie, partagée par les administrations des PTT et qualifiée d'inspiration jacobine par les informaticiens de l'époque. Contrairement à la technique des datagrammes (moins dirigiste ?), la technique des circuits virtuels impose un séquençement et un parcours aux paquets de données, mais en contrepartie impose aussi au réseau d'en assurer la garantie d'acheminement. Elle acquiert le statut de norme en 1976, sous forme des « recommandations X25 » du CCITT.

Sur fond d'incompréhension entre la DGT et la délégation à l'Informatique, le CNET, seul de son côté, a dès 1974, expérimenté un réseau de commutation de paquets (RCP) basé sur la technique des réseaux virtuels¹⁰. La DGT s'attache à vendre son projet et elle le vend bien. La même année, alors que la politique industrielle française en matière d'informatique française prend un nouveau tournant¹¹ et que, consécutivement, le réseau Cyclades va perdre ses sources de financement et laisser le champ libre, la DGT propose et obtient de transformer le GERCIP du CIGREF en GERPAC, Groupement d'intérêts économiques pour l'étude des spécifications de Transpac, et d'en prendre la présidence. L'objectif d'un réseau public n'est pas incompatible avec celui d'un réseau interentreprises, cher aux banques membres du GERCIP. Pour une entreprise comme EDF, s'inscrire dans une infrastructure opérée par la DGT, affranchit d'avoir à supporter frontalement le poids d'une tarification des liaisons louées qu'il aurait fallu supporter dans le cas d'une infrastructure privée¹². Le modèle Cyclades va s'éteindre faute de moyens, la technique des datagrammes et la philosophie qu'elle sous-tend ont provisoirement perdu. Il est difficile pour un établissement public comme EDF de ne pas retenir une solution nationale telle que Transpac au seul motif d'une réticence d'experts quant au choix des protocoles des trois premières couches du modèle OSI¹³, d'autant que ces mêmes experts ne sont pas persuadés de la capacité des moyens internes à exploiter ce type de réseau. Dès lors, EDF devient avec les entreprises ex-membres du GERCIP, allié objectif de la DGT dans la préparation de la mise en place de Transpac et va contribuer, tout au moins en phase de démarrage, à en assurer la crédibilité, sinon la viabilité économique, en devenant, dès son ouverture en 1978, le premier client.

Par décret du 13 juillet 1977, la DGT est autorisée à mettre en place Transpac sous forme d'une société d'économie mixte en accordant une prise de participation à hauteur de 10 % de son capital aux entreprises du groupe

7. Organisme placé sous l'autorité du Premier ministre, notamment chargé d'orienter la politique française dans le domaine des transmissions de données.

8. Les caractéristiques de Cyclades seront reprises en 1974 lorsque sera défini, pour le réseau américain ARPANET, le protocole TCP-IP, Transport Control Protocol – Internet Protocol. En ce sens, le réseau Cyclades peut être considéré comme l'un des précurseurs de l'Internet actuel.

9. Pierre Lhermitte, AHTI (Association pour l'histoire des techniques de l'information), Réunion du 13 décembre 2001. Naissance du CIGREF.

10. Jacques Dondoux, directeur du CNET de 1971 à 1974, s'exprimant sur le sujet en 2001, rappelait, avec sa liberté de langage habituelle, l'état d'esprit de l'époque : « ...l'IRIA avait décrété vouloir faire de la commutation de paquets. Nous avons décidé à ce moment là de faire Transpac et nous avons ratatiné [sic] l'IRIA. » Jacques Dondoux, interview du 6 septembre 2001 à Paris, réalisée par les auteurs.

11. Fusion de CII et de Honeywell Bull, suppression de la Délégation à l'informatique et son remplacement par la DIELI.

12. On peut observer qu'à la même époque, la SNCF qui dispose de supports de transmissions du fait du statut particulier des entreprises ferroviaires prend l'option de construire son propre réseau — RETIPAC — en installant des commutateurs X 25 privés.

13. Cf. Chapitre 22, « Les transmissions de données après 1980, une évolution structurante ».

GERPAC¹⁴. Pour ce faire le groupement d'intérêts économiques est transformé en société anonyme, UTIPAC SA, avec vocation de porter cette participation¹⁵. Affichage d'un partenariat — administration/grandes entreprises — actif dans la mise en place d'un réseau public national performant, mais aussi d'une contribution, involontaire, à l'impasse qu'a pu constituer le confortement de la norme X25 en France, EDF pourra ainsi devenir pour un temps, comme, à leur tour, ses homologues de l'ex-GERPAC, membre du conseil d'administration de Transpac... avec les limites du pouvoir d'intervention que peut représenter la participation d'UTIPAC face aux 90 % du capital détenus par la DGT.

EDF et GDF n'en restent pas moins, jusque dans les années 1995-1996, parmi les cinq premiers clients les plus importants de Transpac avec une facture annuelle de l'ordre de 60 MF.

1.2. La convention « supports communs »

L'idée d'installer des lignes aériennes téléphoniques et électriques sur un même support est ancienne. L'exemple de la téléphonie dite « protégée » est là pour le rappeler¹⁶. Idée naturelle de recherche d'économie d'espace et de moyens¹⁷, elle est aussi codifiée. L'article 70 du décret du 29 juillet 1927 dispose en effet que : « *Tout distributeur d'énergie électrique ou tout permissionnaire est tenu, si l'administration le requiert, de laisser utiliser ses supports par d'autres distributeurs, ainsi que par l'administration des télécommunications* ».

Le 2 juillet 1968 EDF et les PTT signent un protocole d'accord pour une expérimentation portant sur quelques départements. Ce premier protocole est transformé le 5 juillet 1971 en une convention « appuis communs » qui en généralise le principe à l'ensemble du territoire. Elle s'adresse alors aux lignes de distribution basse tension (lignes de 1^{re} catégorie) pour lesquelles EDF a la maîtrise d'œuvre directe, c'est-à-dire des lignes en zone urbaine. Elle est même suivie en 1972 par une circulaire du ministère de l'Industrie (72/33 du 23 février 1972) qui en étend l'objet aux lignes de 1^{re} catégorie des zones d'électrification rurales, lignes dont les collectivités territoriales concédantes gardent la maîtrise d'ouvrage.

Application de la réglementation ? Vraisemblablement aussi, souci commun d'une image de services publics attentifs à la préservation de la qualité de l'environnement et des deniers publics. L'esprit de l'article 70 n'en reste pas moins très présent. Selon l'article 1^{er}, la convention s'applique dès l'instant où l'administration des PTT : « *se propose [...] de faire procéder à la pose de lignes de télécommunication [...] sur un ou plusieurs supports existants de ligne aérienne [...] exploités par EDF [...]. Dans tous les cas EDF s'engage, dans les meilleures conditions ci-dessus précisées, à mettre à disposition les supports de ses lignes à la disposition des PTT*¹⁸ ».

Nécessairement contraignante pour EDF, la convention de 1971 apparaît néanmoins comme le résultat d'une certaine négociation. Le calcul de la compensation financière que les PTT doivent verser à EDF fait notamment intervenir, outre une participation aux frais d'entretien et de renouvellement des supports, la « perte de suréquipement » subie par EDF du fait des efforts supplémentaires appliqués par les câbles de la ligne PTT. Elle se veut équilibrée. L'article 2 prévoit le cas, au demeurant peu probable compte tenu de la dissymétrie des contraintes, où EDF pourrait à son tour « se proposer » d'installer une ligne électrique sur une ligne PTT. L'engagement à « mettre à disposition », demandé à EDF à l'article 1^{er}, n'est toutefois pas imposé aux PTT !

La convention de 1971 semble devoir s'appliquer sans difficultés majeures jusqu'en 1989. Après deux avenants successifs (1975 et 1982), en 1988, la redevance versée à EDF par France Telecom pour l'installation du réseau téléphonique s'établit à 360 F par support utilisé.

En 1989, en application du même article 70, EDF doit accepter de mettre à disposition ses supports pour accueillir les réseaux câblés de télévision. Les droits d'usage demandés par EDF sont alors établis dans une perspective de valorisation du patrimoine et évoluent entre 1 250 et 680 F par support selon la mise en œuvre ou non

14. Pour Jacques Dondoux, « ... [un tel] montage a été ainsi fait pour que nous ayons la paix. » Jacques Dondoux, interview du 6 septembre 2001 à Paris, réalisée par les auteurs.

15. Soit, 11,3 MF dont EDF détiendra encore de l'ordre de 5 % dans la première moitié des années 1990.

16. Cf. Chapitre 2, « La téléphonie de sécurité ».

17. Concept repris plus tard au titre du suréquipement des droits de passage (NDLR).

18. AESTEL, Convention entre l'administration des PTT et EDF concernant l'établissement de lignes sur supports communs, 5 juillet 1971.

de l'option de garantie d'appuis, c'est-à-dire d'indépendance de la redevance en fonction d'évolutions ultérieures et selon le nombre d'abonnés électriques alimentés par la ligne en cause¹⁹. France Telecom, elle-même opérateur de réseaux câblés souhaiterait garder, y compris à ce titre, le bénéfice de la convention de 1971. EDF et France Telecom doivent aboutir à un compromis et à une solution... La relation entre les deux organisations n'en reste pas moins difficile. En 1992, dans un courrier adressé au service Technique Électricité de la Distribution, la direction générale de France Telecom fait part « des difficultés rencontrées par [ses] services quant aux modalités d'applications de la convention nationale²⁰ » et du constat d'une « application restrictive des dispositions de cette convention » de la part des services régionaux d'EDF qui « appliquent un tarif majoré pour l'installation du réseau de télévision par câble (hors Plan câble)²¹ ». Contestant la légitimité du calcul de l'indemnité retenue, le courrier ne manque pas alors de faire appel non plus à l'article 70 du décret de 1929 mais :

« à l'esprit de l'arrêté [technique] du 2 avril 1991²² » et à son article 52 « Ligne électrique aérienne basse tension et ligne de télécommunication sur supports communs » dont le commentaire, plus consensuel, rappelle « que l'utilisation de tels supports communs est vivement conseillée, en raison de sa contribution à l'amélioration de la sécurité routière et à la protection du paysage²³ ».

Avant de conclure par la proposition d'une réunion à l'occasion de laquelle « pourrait être également évoquée²⁴ » le cas symétrique des demandes de [la filiale EDF] Vidéopole pour l'utilisation des appuis aériens PTT pour son propre réseau, l'auteur se voit dans la situation de faire part à EDF que « cette situation est d'autant plus regrettable que nous souhaitons maintenir et développer les excellents rapports entretenus avec vos services²⁵ ».

2. Relations conflictuelles relatives à l'exploitation du système électrique

2.1. Liaisons louées²⁶ et sûreté d'exploitation du système électrique

À compter du début des années 1960, la période de reconstruction achevée, le système électrique français se développe et se complexifie. Au cours des deux décennies 1965-1975 et 1975-1985, le réseau THT-HT s'étend au rythme inégalé de 1 500 km de lignes neuves par an. Pendant le même temps la longueur totale des réseaux moyenne tension (15 et 20 kV) passe de 237 000 km à 480 000 km.

Nécessité de sophistication de la conduite du système, télé-exploitation des réseaux HT, temps de réponse des téléprotections, sécurité des installations conduisent à multiplier télémesures, télésignalisations et téléactions et, donc à un étoffement systématique des supports de transmission attachés à l'exploitation et pour reprendre un terme militaire, à leur « durcissement »²⁷.

La réponse par moyens propres que constitue l'appel aux courants porteurs sur lignes (CPL) atteint ses limites²⁸. Faute d'une alternative crédible par utilisation de la technique des câbles de garde à circuits de télécommunications incorporés en raison d'une longue politique malthusienne en matière de câbles de garde, force est de faire appel aux liaisons spécialisées issues du réseau général de la DGT. Les besoins en capacité de transmission sont faibles (50 à 1 200 bits/s), mais, aussi, les lieux de mise à disposition sont dispersés (les postes et centrales) et le plus souvent hors des zones de trafic et donc de rentabilisation du réseau de la DGT. Il s'agit donc de sup-

19. Et donc du nombre de prises raccordées potentielles.

20. AESTEL. Lettre du chef de service du Trafic, de l'Équipement et de la Planification de France Telecom au service Technique Électricité d'EDF-GDF Services, 19 juin 1992.

21. *Ibid.*

22. *Ibid.*

23. AESTEL. Énergie électrique, conditions techniques de distribution, arrêté du 2 avril 1991, article 52.

24. AESTEL. Lettre du chef de service du Trafic, de l'Équipement et de la Planification de France Telecom au service Technique Électricité d'EDF-GDF Services, 19 juin 1992.

25. *Ibid.*

26. Voir également, chapitre 3 « Les voies de transmission des électriciens ».

27. Voir également, chapitre 7, « Vers l'automatisation de la conduite du système électrique et la télé-exploitation généralisée des réseaux », et chapitre 13, « Informatisation de la conduite du système : du SDART à CASOAR ».

28. Cf. Chapitre 14, « Évolution des supports de transmissions des électriciens et concept de réseau de sécurité ».

2.2. La maintenance des calculateurs de traitement

La reprise de la maintenance des CII 90-40

Les calculateurs de traitement 90-40²¹ ont été installés sur l'ensemble des sites entre 1967 et 1971 et l'entretien confié à cette époque au fournisseur BULL. Au début des années 1980, pour des raisons de stratégie industrielle cette entreprise se désengage de la prestation de maintenance de ces machines qu'elle pratiquait depuis l'origine. Le service des Mouvements d'énergie se retourne vers les services Télécommunications régionaux pour reprendre cette activité indispensable pour le maintien de la continuité de l'exploitation. Une formation lourde de 17 semaines est organisée à Paris au siège du dispatching national, rue de Monceau. Trois ou quatre techniciens par région sont initiés à la maintenance de ces équipements dont la technologie qui date du début des années 1960 est par conséquent très éloignée de celle qui prévaut à l'époque. Il faut alors beaucoup de conviction pour susciter l'enthousiasme parmi les agents plus enclins à se tourner et se passionner pour les nouveaux équipements en cours de déploiement dans le cadre du palier SDART.

À titre d'anecdote, il faut rappeler que l'unité centrale de ces machines est constituée de 300 cartes à transistors réalisées en technique dite TTL, que la mémoire vive est une mémoire de deux fois 16 kmots de 24 bits très sensible à la température et, pour conclure, que le langage utilisé est le langage machine. La reprise de la responsabilité de la maintenance est effective à partir du deuxième semestre de 1982 et se poursuit jusqu'à la migration totale de chaque dispatching sur le nouveau système informatique en 1988. Une grande solidarité entre les différentes équipes régionales existe et se concrétise par l'organisation d'une formation par compagnonnage de quelques agents supplémentaires en 1984, mais aussi par le renfort ponctuel des équipes locales confrontées à des pannes complexes. Par exemple sur le site de Nantes, les fêtes de Pâques 1985 laissent une empreinte singulière : un week-end de recherche pour identifier, non pas à l'aide de programmes de test, mais avec l'oscilloscope et le voltmètre, et remplacer un minuscule circuit (un transistor constitutif d'une bascule D pour les spécialistes) défaillant au milieu de centaines de circuits, répartis sur les nombreuses cartes électroniques et, enfin redonner vie à la machine. Néanmoins, elle a le dernier mot car, malgré les efforts des meilleurs et derniers spécialistes appelés à son chevet, le dispatching de Nantes doit se passer des services d'un de ces 90-40 pendant plusieurs mois jusqu'au basculement, en avril 1988, sur les nouvelles installations du dispatching de Gesvres dans la banlieue nantaise. Les techniciens, jeunes pour la plupart, sont *a priori* peu enclins à intervenir sur des matériels qui, à leurs yeux, relèvent déjà du musée. Quelque peu « sollicités » par leur hiérarchie, ils sauront néanmoins relever le défi. En dépit de toutes les difficultés, le service de mise à disposition des informations indispensables à la conduite du réseau ne sera pratiquement jamais interrompu.

La maintenance des nouveaux Systèmes Informatiques Régionaux de Conduite (SIRC)

Le remplacement des 90-40 par les systèmes SIRC²² se déroule sur une période comprise entre fin 1983 début 1984 pour les sites de Saint-Quentin-en-Yvelines et Nancy et avril 1988 pour celui de Nantes. Quant au dispatching national de Monceau, l'année 1982 est marquée par la mise en service d'une nouvelle architecture informatique : le Système Temps Réel du Dispatching National ou encore SYSDIC²³.

Ces systèmes sont développés par une équipe d'ingénieurs du service des Mouvements d'Énergie avec la collaboration d'experts de la direction des Études et Recherche.

21. Cf. Chapitre 7, « Vers l'automatisation de la conduite du système électrique et la téléexploitation généralisée des réseaux ».

22. Un SIRC est constitué d'un ensemble doublé de minicalculateurs, équipé d'une périphérie classique et raccordé à un important système de visualisation et de dialogue. Les calculateurs sont du type CII -HB Mini 6-53 de 1 024 kmots de 16 bits de mémoire. Le dispositif de visualisation et de dialogue associé est organisé autour d'un système graphique polychrome CONCEPT 60 produit par SINTRA-ALCATEL. Chaque SIRC comporte en moyenne 18 écrans et chaque poste opérateur de dispatcheurs comporte 3 écrans équipés de boules roulantes et de claviers de fonctions. Une option de recopie d'écran sur papier complète la configuration.

23. Le SYSDIC est constitué par deux calculateurs SEMS MITRA 125, puis remplacé par des 525 plus puissants, l'un fonctionnant en temps réel, l'autre en secours. La commutation sur le calculateur de secours est automatique en cas de défaillance du calculateur temps réel. Le SYSDIC est connecté au réseau TTR par l'intermédiaire de calculateurs frontaux SOLAR 16-40. Il possède une périphérie de centre de calcul et d'une importante capacité de stockage sur disque magnétique. Le système de dialogue et de visualisation est constitué par un ensemble de 14 écrans graphiques couleur équipés de claviers et photostyles ou de boules roulantes de type VICO fournis par SINTRA. Un dispositif de recopie d'écran permet de reproduire sur papier le contenu des écrans.

Dans toutes ces opérations les services Télécommunications des CRTT sont chargés des opérations de câblage et participent à la connexion de ces équipements aux installations existantes et aux essais correspondants. La maintenance matérielle de ces nouveaux systèmes est directement confiée aux équipes Télécommunications qui suivent les formations appropriées chez les différents constructeurs. Pour les pannes complexes, elles peuvent faire appel aux ressources des centres de maintenance des fournisseurs où elles trouvent à la fois un support technique d'aide au diagnostic et logistique pour le remplacement des pièces de rechange.

Par ailleurs, un effort dans la contractualisation des rapports est entrepris avec le service des Mouvements d'énergie²⁴ afin de préciser d'une part les délais d'intervention en fonction de l'importance du rôle des différents systèmes dans la conduite du réseau électrique et d'autre part la périodicité des entretiens systématiques à réaliser, comme par exemple le changement des tubes cathodiques des consoles graphiques CONCEPT.

2.3. L'évolution des systèmes de réglage

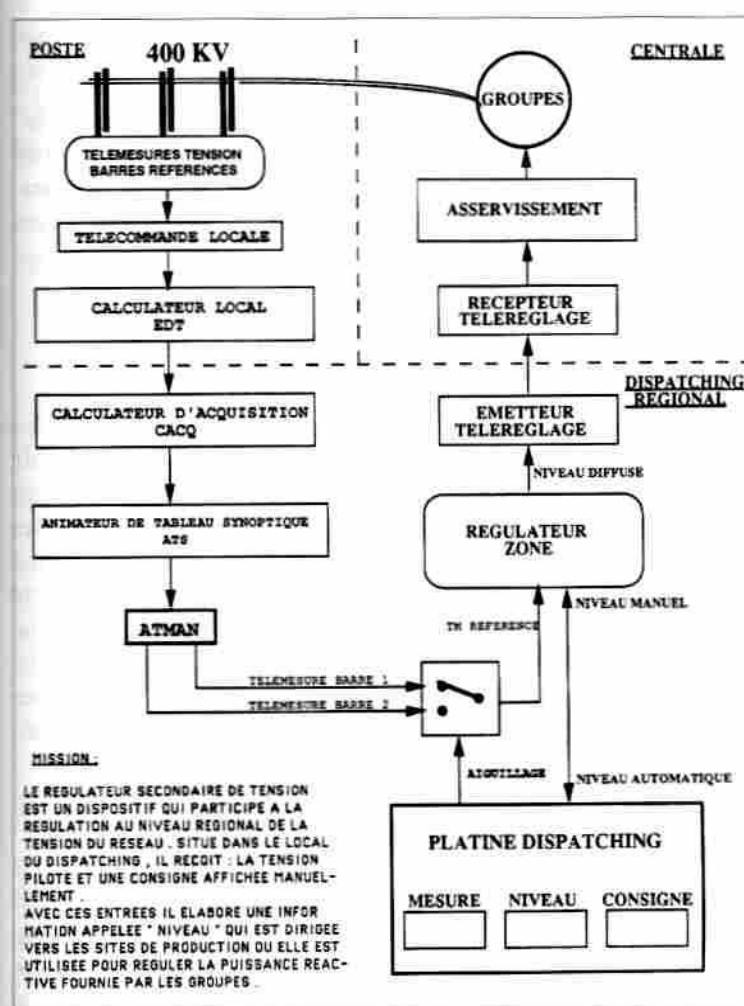


Figure 12 ■ Téléréglage secondaire de tension.

*Le réglage secondaire de la tension*²⁵

La tension, comme la fréquence, constitue l'un des paramètres communs aux différents acteurs du réseau électrique, producteurs, réseaux de transport et de distribution, clients. Les fluctuations de la tension doivent demeurer dans des limites admissibles. Fixées contractuellement, ces limites permettent de définir le dimensionnement des appareils des clients. Par ailleurs, les équipements de production et de transport doivent être préservés de ces variations qui accentuent le vieillissement des installations et altèrent la stabilité du système électrique.

Réalisé manuellement jusqu'alors à l'aide d'un « plan de tension » établi journellement par les dispatchings en agissant à la demande sur les moyens de production d'énergie réactive (groupe de production, réglage des prises à vide sur autotransformateurs), le réglage de la tension fait l'objet en 1966 de simulations d'automatisation sur le microréseau de la direction des Études et Recherches. Des essais sont réalisés en région parisienne pour confirmer les études et, en 1974, une expérimentation en vraie grandeur est décidée sur une partie de la zone d'action du dispatching régional de Paris. Les résultats obtenus considérés positifs, la décision de généralisation du système sur l'ensemble du pays est prise à la fin de l'année 1977.

24. Convention SME-ST sur « le système d'information des dispatchings » du 12 juillet 1985 qui traite de la mise en œuvre et de l'exploitation du système d'information des dispatchings. Elle doit être déclinée régionalement par une convention locale entre chaque CIME et CRTT.

25. CIGRÉ, session de 1972, Jean Ravel, *Le réglage automatique de la tension du réseau de transport et le réglage de la tension et la compensation de l'énergie réactive*, p. 172.

3.4. L'automatisation de l'usine de la Rance

La fin de cette période marque l'achèvement des automatisations intégrales des centrales hydrauliques, favorisé non seulement par les calculateurs industriels arrivés à maturité mais également par l'arrivée et la généralisation des Automates Programmables Industriels (API). Ceux-ci, mis au point pour les processus industriels : construction automobile, métallurgie, chimie... vont s'adapter aux centrales hydrauliques pour supplanter les automatismes à relais et permettront de traiter les problèmes complexes d'automatisation à des coûts abordables.

L'exemple de ce type de situation est l'automatisation de l'usine marémotrice de la Rance, ce projet piloté par la division Électricité du service de la Production hydraulique pour le compte du CRTT Ouest, qui en est l'exploitant, est lancé en 1982. Il aboutit à la suppression du service permanent de conduite en juillet 1988.

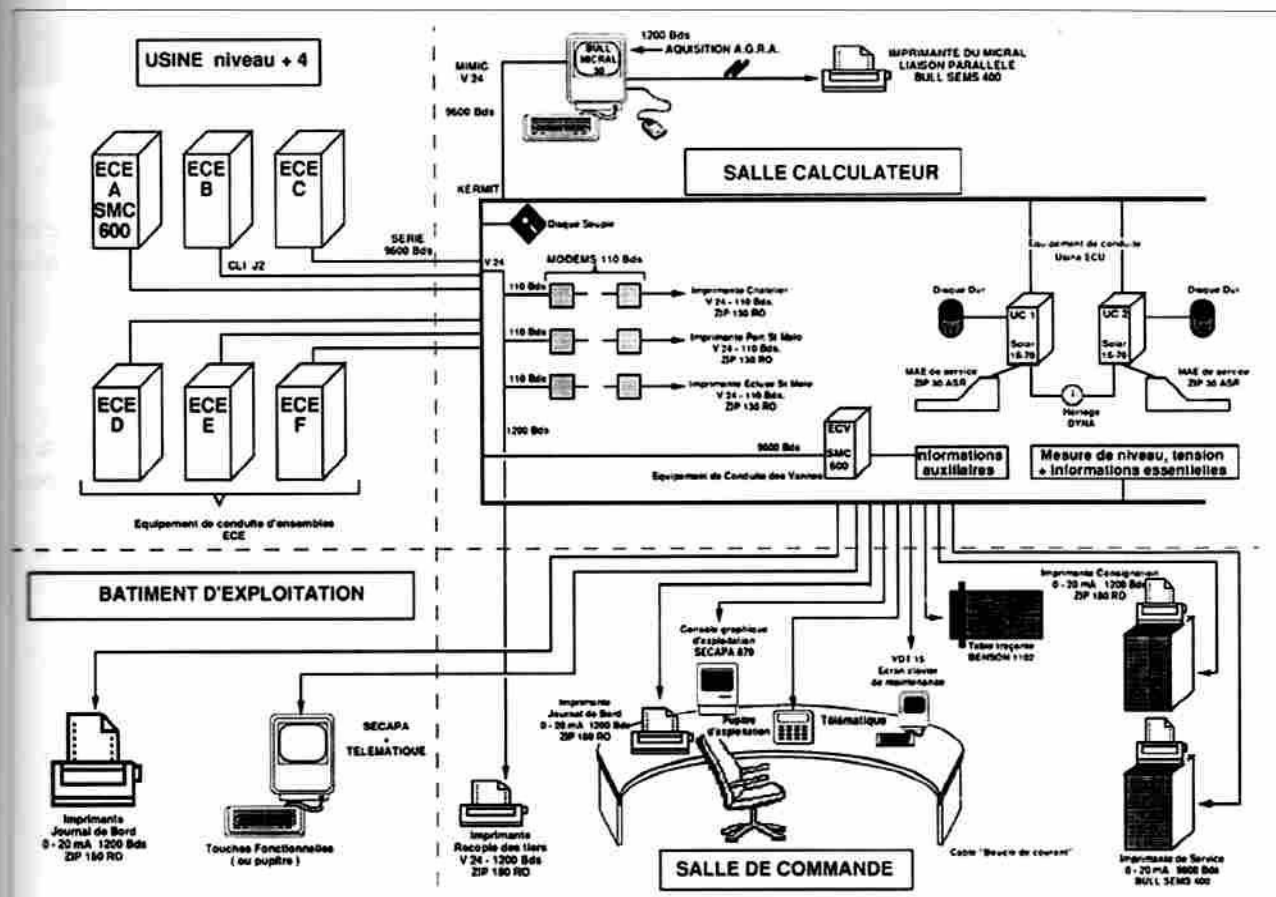


Figure 23 ■ Synoptique du système de conduite de La Rance.

Le système de conduite de l'usine²⁸ est constitué selon une architecture décentralisée (figure 23), il comporte :

- un calculateur de conduite doublé (maître/esclave) ;
- sept automates programmables industriels disposés dans la salle des machines ;
- les automates sont reliés aux calculateurs par des liaisons séries asynchrones.

L'optimisation du fonctionnement de la Rance est effectuée sur les ordinateurs du centre de calcul de la Direction des Études et Recherches à Clamart, à partir des données (indisponibilités, coûts du pompage...) fournies par le dispatching de Nantes. Le programme de marche de l'usine, pour une semaine, est acheminé à la station de réception de l'usine à travers le réseau RETINA 80, maintenant RETINA 2000. Après une vérification par les agents de l'usine, il est chargé dans le système de conduite qui pilote, ensuite automatiquement, le fonctionnement de l'usine.

2.4. Vers une infrastructure de haut niveau sous complète dépendance de France Telecom

La mise en place du réseau expérimental assurant la couverture de la région Rhône-Alpes demande un an. Sa mise en service intervient fin 1988, début 1989. La période d'observation avant décision de généralisation se poursuit sur toute l'année 1989.

Au cours de ces deux années, deux préoccupations s'affrontent : celle du risque de ne pas faire face aux besoins de l'exploitation et de sûreté du système électrique d'une part, celle de devoir prendre une décision de généralisation qui implique la mise sous dépendance totale de France Telecom d'une partie essentielle du dispositif de sécurité : les deux sous-réseaux du réseau de sécurité « haut niveau ».

La crainte de ne pas être à l'heure est alimentée par la difficulté de dimensionner le sous-réseau hertzien compte tenu des incertitudes de programmation inhérentes aux applications de téléconduite ou de téléprotection elles-mêmes. Fin 1988, déjà le calendrier d'installation des CRC est mis en doute. Fin 1989, les difficultés de fonctionnement des protections différentielles sur câble Thym coaxial (C) militent pour leur déploiement systématique sur des faisceaux hertziens et pour toutes les lignes à 400 kV. Début 1990, les échéances de déploiement de ces protections sont néanmoins suffisamment repoussées dans le temps pour qu'on puisse s'interroger sur le maintien du bien fondé du projet de faisceaux hertziens. Comme pour conjurer les conséquences éventuelles d'un tel doute, il faut faire la démonstration qu'une anticipation systématique de la prise en charge de ces protections n'alourdirait que de 2,4 % le coût total de l'opération³⁴.

Fin 1988, le département Télécommunications présente les évaluations de trois scénarios alternatifs par rapport à celui de l'extension à l'ensemble de la couverture nationale des faisceaux hertziens de la convention avec France Telecom. Les trois scénarios examinés correspondent à une substitution plus ou moins complète des faisceaux hertziens par des câbles à fibres optiques Thym (F), selon le degré d'aptitude des lignes 400 kV à les supporter. Les évaluations sont basées sur les coûts moyens unitaires obtenus de l'expérimentation en cours pour les faisceaux hertziens et sur les coûts de réalisation et d'exploitation de la liaison par câble Thym sur la ligne à 400 kV Tavel-Aramon. Entre la solution pour laquelle le taux de substitution est le plus modéré, et qui abaisse le niveau de dépendance d'un tiers par rapport à la solution de référence, et la solution de substitution la plus complète, d'autonomie totale, les surcoûts varient de quelques 6 % à presque 40 %. Le dossier ne prend pas en compte les câbles à fibres optiques ligaturés, technologie alors considérée encore mal cernée (voir ci-dessus, § 1.1).

Face à ces écarts, seule la solution de la convention et la solution de substitution la plus faible sont alors considérées comme acceptables, le choix dépendant alors du retour d'expérience attendu de la mise en œuvre de la convention sur la région Alpes.

Janvier 1990 : après l'année d'observation prévue, l'expérience de la région Alpes donne globalement satisfaction. En conclusion d'une note adressée au comité technique du service du Transport pour en donner le bilan, la division Transmission de données du département Télécommunications, qui depuis plusieurs années a la charge du dossier, résume sa vision de la situation et propose la ligne de conduite :

« L'expérimentation des Alpes a montré que France Telecom était en mesure de répondre à l'attente d'EDF pour ce qui concerne le niveau haut du Réseau de Sécurité.

Pour tenir les échéances [...], il est nécessaire que nous engagions dès maintenant les discussions avec France Telecom pour généraliser la Convention [...] à l'ensemble du territoire.

Compte tenu du temps (à peu près 10 ans) passé pour convaincre France Telecom que nous avons des besoins spécifiques et relativement urgents, nous ne pouvons plus tergiverser dès lors que la solution proposée est acceptable et répond aux besoins.

En outre il faudra plusieurs années [...] pour mettre au point une solution privée de type câble ligaturé ; de sorte qu'une solution alternative, crédible et validée, aux propositions de France Telecom n'existe pas réellement aujourd'hui.

Le problème stratégique de fond reste celui de l'indépendance du Réseau de Sécurité par rapport à France Telecom. Ce problème n'est pas à négliger, mais il n'est pas pour le moment déterminant³⁵. »

34. AESTEL, Note département Télécommunications du 3 mai 1990 aux départements Automatisation du réseau et Exploitation.

35. AESTEL, Réseau de sécurité-Haut niveau-Département Télécommunications -D663/TCM/TRM/PL/LR/n° 900031 du 16 janvier 1990.

La solution qualifiée de médiane proposée est alors de :

- « 1) conclure avec France Telecom pour répondre aux besoins identifiés à court terme [...] par une convention limitée à 5 ans ;
- 2) poursuivre activement et sans retard la maîtrise technologique, industrielle et d'installation de câbles ligaturés, pour être en mesure vers 1995 d'intégrer nos supports privés dans le développement du Réseau de Sécurité³⁶. »

Les discussions avec France Telecom pour une nouvelle convention portant cette fois sur l'ensemble du territoire peuvent alors s'engager.

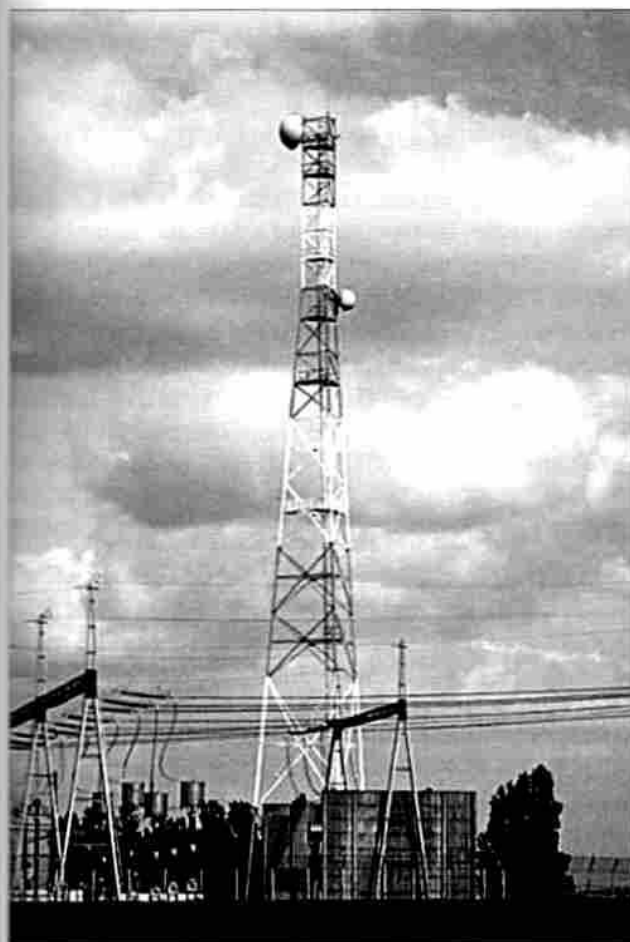


Figure 5 ■ Station hertzienne du poste d'Assais-les-Jumeaux
(Photo Olivier Guillard, <http://perso.orange.fr/oguillard/>).

industrielle des câbles enroulés sur les réseaux 220 et 400 kV français n'a pas encore sonné. Une évaluation d'une utilisation systématique en lieu et place des faisceaux hertziens sur le périmètre du réseau expérimental de la région Rhône-Alpes conduit encore à un montant d'investissement double de celui payé à France Telecom.

La convention de généralisation est signée avec France Telecom le 17 février 1991³⁹.

Mais si la question de l'indépendance par rapport à France Telecom peut être, provisoirement, mise entre parenthèses, qu'en est-il d'un risque de défaut de mode commun ? Fin mars 1990, France Telecom annonce une accélération de son programme de déploiement de fibres optiques. La normalisation récente des règles de découpage en sous-canaux des liaisons larges bandes entre centraux publics³⁷ donne le feu vert à cette accélération. Le nouveau programme prévoit l'interconnexion complète et redondante par fibres optiques des principaux nœuds du réseau national d'ici à fin 1992, et dans un deuxième temps une phase de densification telle qu'à horizon 1995, 100 % de la transmission à grande distance soit optique. C'est donc la fin annoncée des réseaux interurbains à coaxial et hertzien (RIC K et RIC H), avec comme conséquence qu'à cette date, la totalité du trafic et des liaisons spécialisées soient routées sur un seul réseau interurbain optique. L'alerte est donnée. Comme le futur réseau hertzien doit utiliser certains faisceaux du RIC H³⁸, lorsque ceux-ci seront appelés à être remplacés par des fibres, le principe fondamental sur lequel repose la convention avec France Telecom, celui de la séparation des voies par diversification technologique (une voie fil, une voie hertzienne), risque d'être remis en cause au moment même où le réseau de sécurité devrait voir sa généralisation achevée. Pour certains, la prudence voudrait que cette décision de généralisation attende de connaître ce qu'on peut espérer des câbles à fibres optiques enroulés. Mais l'heure d'une mise en œuvre

36. *Ibid.*

37. Jusqu'en 1989, ce découpage manquait d'une norme internationale faute d'un accord entre américains et européens, rendant ainsi difficile l'interconnexion entre réseaux de pays différents. Depuis 1986, date du lancement du programme fibre pour le réseau interurbain, la DGT se hâtait lentement. Début 1989, la normalisation par le CCITT, du protocole synchrone digital hierarchy (SDH) qui stipule un débit de 155 Mbps dont 144 utiles et fixe les nouvelles règles d'adressage de trames et de multiplexage synchrone d'ocets dans les canaux de 2 et 34 Mbps, qu'on empile ensuite dans des voies à 144 Mbps, règle le différend.

38. Le réseau RIC H commencera à être arrêté à partir de 1996, son démantèlement débutera en 1999.

39. Voir également, chapitre 19, « Des relations avec les PTT aux relations avec France Telecom ».

4. Un mouvement vers une structuration des systèmes de téléconduite

Après avoir franchi dans les années 1972-1975 une première étape dans la prise en main de ses problèmes de téléconduite avec, d'une part les BCC C8 et d'autre part les télécommandes de petite capacité pour la conduite décentralisée, la direction de la Distribution va progressivement compléter et faire évoluer ses orientations. Elle aboutit dans les années 1990 à la réalisation d'une structure technique cohérente permettant avec la même famille d'équipements de constituer des outils de téléconduite pour satisfaire les besoins des conduites décentralisées ou centralisées en panachant même les deux parfois.

« Il faut savoir que, souvent, lorsque l'on parle de BCC il y a le BCC (Bureau central de conduite) et le PCRP (Poste central de regroupement de postes) qui est le même outil technique. Avec ce même outil on peut faire une conduite centralisée, BCC, c'est-à-dire que celui qui est dans le bureau de conduite a la main sur le réseau, et on peut l'utiliser en PCRP dans lequel la responsabilité de la conduite est sur le terrain : l'idée est alors que l'agent sur le terrain décide mais l'information lui est donnée par le PCRP. Entre ces deux extrêmes, il y a le bureau central d'exploitation, BCE, qui est centralisé pour un certain type de manœuvre et décentralisé pour un autre type, toujours avec le même outil technique. La question est de savoir où se trouve l'optimum de l'exploitation entre le niveau central et le terrain [...]. Ainsi, l'articulation centralisée/décentralisée est conçue avec le même outil [...]. »

Les besoins de la Distribution sont très variés et nous n'avons pas les mêmes besoins selon que nous sommes en Corrèze ou dans le 15^e arrondissement de Paris⁷⁶. »

Dans les années 1980, les SIT 3 (Système Informatisé de Télécommande), une structure à postes de commande centralisés, sont définis et mis en place dans de nombreux CD. Au début des années 1990 une évolution des SIT est étudiée avec la coexistence possible de postes de commande centralisés et décentralisés. L'outil mis à disposition des exploitants peut dès lors s'adapter à tous les cas de conduite. Viennent ensuite les SIT R avec des fonctionnalités réseau supplémentaires et la possibilité de regrouper plusieurs CD sur un même système.

Comment le chemin a-t-il été parcouru entre les BCC C8, les télécommandes simplifiées des années 1970 et les SIT R de la fin des années 1990 ?

4.1. Une cible qui se précise au cours du temps mais qui affiche dès le début quelques idées fortes

Si la Distribution n'a pas défini des règles précises d'organisation concernant la structure des moyens humains dédiés dans les centres aux tâches techniques de télécommunications et à la téléconduite (maintenance en particulier) elle a, en revanche, bien jalonné ses choix techniques et ses politiques par des notes, GTE, règles, guides techniques largement diffusés dans les CD qui y trouvent un appui solide.

Nous explorons quelques-uns de ces jalons.

Dans le temps même du choc qu'a été l'abandon des 45 BCC pour revenir à neuf, en 1975, la volonté de normalisation des systèmes s'affirme déjà⁷⁷.

« Actuellement on constate une diversité de systèmes plus ou moins élaborés, utilisant des matériels, des procédures et des formats de messages spécifiques à chaque constructeur, ce qui entraîne en particulier, outre des problèmes inhérents à la maintenance, de sérieuses difficultés lorsqu'il s'agit de coupler les systèmes entre eux. »

Une certaine normalisation des systèmes de téléconduite et de transmission de données utilisés par Électricité de France est certainement souhaitable dans les principes, mais de sérieuses études sur les plans techniques et économiques sont nécessaires pour justifier une telle orientation qui sera très lourde de conséquences pour l'avenir. »

76. Hubert de Chergé, interview du 12 juin 2001 à Paris, réalisée par les auteurs. Hubert de Chergé a, notamment, été chef du service Technique Électricité à la direction de la Distribution à la fin des années 1980 et au début des années 1990.

77. « Conduite des réseaux MT, Politique de la Direction de la Distribution », *op. cit.*

Transmission de données : de nouveaux horizons ? Les réseaux de première génération

On parle très peu de « transmission de données » au sein d'EDF dans le milieu des télécommunications avant 1965 ; on connaît les transmissions numériques par canaux télégraphiques normalisés à 50, 100, voire 200 bauds¹ pour les cas exceptionnels. Ces transmissions à bas débits suffisent aux liaisons de télécommandes, télésignalisations, télémesures de l'époque ou encore aux téléimprimeurs.

Les premiers équipements de transmission de données allant au-delà des transmissions de type télégraphique apparaissent aux États-Unis vers la fin des années 1950 ; les laboratoires Bell mettent au point, à des fins militaires, les premiers « modems »² permettant des transmissions de données binaires avec un débit de 750 bits par seconde³ sur une simple ligne téléphonique. Dans les mêmes années, en France, le CNET (Centre National d'Études des Télécommunications)⁴ réalise, à l'occasion d'une étude liée au développement de la télégraphie, une maquette de modem à 3 600 bit/s destiné à être raccordé sur une voie téléphonique⁵.

Vers la fin des années 1960, des constructeurs français, notamment TRT et SAT⁶, proposent des modems à raccorder au réseau téléphonique commuté public ou à des liaisons téléphoniques spécialisées — seuls supports de transmission fournis par la DGT et donc disponibles — ; ils permettent des débits numériques entre systèmes informatiques de 600 bit/s, 1 200 bit/sec, 2 400 bit/s, voire 4 800 bit/s (exclusivement par liaisons spécialisées téléphoniques dans ces deux derniers cas). Les transferts de données numériques entre sites distants deviennent alors possibles avec des débits numériques ouvrant des horizons nouveaux. Aujourd'hui, alors que tout un chacun peut utiliser, avec son PC, des modems à 56 kbit/s de la taille d'un ticket de métro ou encore des accès à Internet à plusieurs Mbit/s par des connexions de type ADSL, les débits numériques évoqués paraissent ridiculement faibles ; il faut se souvenir que les technologies de l'époque, notamment celles du réseau de télécommunications public, étaient très différentes⁷.

On juge souvent utile, alors, de préciser « transmission de données à grandes vitesses » pour identifier ce nouveau domaine technique. Si les transmissions de données « à grande vitesse » sont issues du développement des techniques de transmissions télégraphiques⁸ ; elles vont s'en démarquer par leur potentiel d'évolution vers des débits de plus en plus élevés et des facilités toujours plus grandes d'interconnexions par des réseaux commutés de données.

1. Le baud est l'unité de mesure de la rapidité de modulation. 50 bauds correspondent à la transmission de 50 signaux élémentaires par seconde.

2. Contraction de modulateur-démodulateur.

3. Bit (contraction de *binary digit*) : le bit désigne la quantité élémentaire d'information représentée par un chiffre binaire ; un bit ne peut prendre que deux valeurs : 0 ou 1. Le bit/s est l'unité de débit binaire d'une liaison de transmission de données.

4. Le CNET est créé le 4 mai 1944, issu du service d'études et de recherche technique des PTT et du LCT d'ITT.

5. François du Castel (sous la dir. de), *Le centre national d'études des télécommunications 1944-1974*, CRCT, PUF, p. 248.

6. TRT : Télécommunications Radioélectrique et Téléphonique ; SAT : Société Anonyme de Télécommunications.

7. La numérisation du réseau PTT ne débute qu'à partir de 1980.

8. Remarque : une liaison spécialisée téléphonique offrant une bande passante de 300-3 400 Hz permet d'établir 24 canaux télégraphiques normalisés à 50 Hz soit un débit total de 1 200 bps.

Des réseaux informatiques à couverture nationale pour le calcul scientifique et la gestion financière, administrative et technique vont ainsi pouvoir se développer au sein d'EDF, grâce aux nouvelles techniques de transmission de données ; le présent chapitre retrace la naissance et l'évolution des premières générations de ces réseaux. Les réseaux de transmission de données spécifiques associés à la téléconduite du système électrique, apparus un peu plus tard, sont abordés dans les chapitres traitant de l'informatisation de la conduite⁹.

1. Naissance et développement d'un nouveau domaine technique

1.1. Les « informatiques » scientifique et de gestion trouvent dans les transmissions de données un point d'appui à leur développement

L'informatique scientifique a fait ses premiers pas dans l'entreprise à la direction des Études et Recherches (DER) vers 1955 avec le « Gamma 3 » de Bull¹⁰ qui sert aux premières exploitations de modèles numériques. Après un passage dans le début des années 1960 par le « Gamma 60 » du même fournisseur, puis par du matériel IBM, la DER se dote des moyens informatiques les plus puissants de l'époque avec l'installation du CDC 6600, en 1966, à Clamart.

Les liaisons de transmission de données établies par circuits téléphoniques entre terminaux et calculateurs permettent la soumission de travaux et les restitutions à distance, tout en supprimant les délais de transmission des liaisons postales utilisées jusqu'alors ; c'est un moyen pour distribuer une puissance de calcul qui ne peut encore qu'être soumise à l'économie d'échelle de sites spécialisés. Le réseau MERCURE naît de ce concept.

L'informatique de gestion d'EDF-GDF apparaît au début des années 1960 au sein de la DSFJ (Direction des Services Financiers et Juridiques) et atteint le stade de la mise en œuvre d'un IBM 360 (premier ordinateur à circuits intégrés) vers 1966. Mais, c'est entre 1969 et 1973 que l'informatique de gestion change d'échelle avec la suppression des ateliers mécanographiques des centres de Distribution et la création des ORGE (Ordinateur Régional de Gestion, au nombre de onze) et des cinq SITI (Service Interrégional de Traitement de l'Information). La stratégie consiste à concentrer les travaux informatiques sur des matériels performants en nombre réduit, tout en répartissant quelque peu les centres de traitement sur le territoire¹¹ ; son application se développe grâce à l'utilisation des nouveaux moyens de transmission de données qui, constitués en réseau, facilitent la communication entre ordinateurs et entre ordinateurs et utilisateurs (centres de Distribution, DSFJ). Les délais de transmission réduits (envoi des données, récupération des restitutions) permettent une accélération de la connaissance des données et des résultats de gestion et, particulièrement du point de vue de la DSFJ, une accélération des flux financiers et comptables. C'est ainsi que le réseau TIGRE (Transmission de l'Information et Gestion Régionale) est conçu par le STI (Service du Traitement de l'Information).

Le « besoin » de transmission de données de l'informatique n'a évidemment pu s'exprimer que parce qu'il a été concomitant avec l'existence de solutions techniques, mais on peut sans doute retourner l'affirmation...

1.2. Trente ans d'évolutions

Transmettre les données sur les supports de transmission, contrôler les trames transmises¹², assurer la commutation des données entre les systèmes informatiques utilisateurs, telles sont les principales fonctions qui relèvent des télécommunications dans les réseaux informatiques.

L'évolution des réseaux de transmission de données peut s'analyser en deux phases.

De 1968 jusqu'aux environs de 1980, des réseaux de transmission de données spécialisés, TIGRE (transmission d'information de gestion), MERCURE (soumission de programmes de calcul), télégestion des abonnés de

9. Cf. Chapitre 13, « L'automatisation de la conduite du Système : du SDART à CASOAR » et chapitre 20, « Automatisation du système : Téléconduite 2000 ».

10. Premier « Calculateur électronique » conçu par Bull pour la mécanographie à cartes perforées.

11. Cohérence avec la politique de décentralisation du pays qui rassure peut être un peu le personnel inquiet des conséquences sociales de l'arrivée de l'informatique.

12. Contrôle de flux des blocs d'information, détection et contrôle des erreurs.

la Distribution (accès à des fichiers d'abonnés), saisie décentralisée assistée de la direction Production Transport et de la Distribution (éléments de gestion), se mettent en place autour d'ensembles applications/systèmes informatiques spécifiques. Objets du présent chapitre, ces réseaux de première génération, séparés, marqués par l'influence des constructeurs d'ordinateurs, utilisent des liaisons spécialisées téléphoniques et atteignent leur apogée en 1978-1979. Les fonctions de contrôle des trames transmises et de commutation de données sont intégrées dans la fourniture des ordinateurs de traitement. La responsabilité des acteurs des télécommunications de l'époque (à EDF comme à la DGT) s'exerce sur la liaison physique, modem et circuit téléphonique, qui constitue alors un champ nouveau de connaissance et de découverte dans un contexte de progression rapide des débits numériques possibles.

Les réseaux de transmission de données séparés, attachés à des applications particulières, de la première génération atteignant leurs limites, on évolue à partir de 1980 vers le concept d'infrastructure de télécommunications commune à plusieurs systèmes informatiques, qui est alors celle du réseau public de commutation de données Transpac. Cette infrastructure prend en charge une large part du transport de l'information avec la commutation des données — c'est-à-dire le transfert des données, en assurant leur intégrité, entre deux utilisateurs identifiés par leurs adresses réseau —. Cette mutation s'opère à l'occasion de la mise en œuvre de RETINA (**Réseau Téléinformatique National**), résultat d'études lancées dès 1972 sous l'impulsion principale de la DER. Ces études ont l'objectif ambitieux de normaliser l'architecture de communication informatique avec notamment pour buts de permettre une indépendance vis-à-vis des fournisseurs informatiques¹³ et de supprimer l'hétérogénéité des réseaux dont on a mesuré les limites. Cette deuxième génération, RETINA 80 avec Transpac et plus tard RETINA 2000 avec le RIN (réseau d'interconnexion national), accompagne l'augmentation des besoins de transfert d'information, une nouvelle déconcentration¹⁴ des moyens de traitement par multiplication des unités de traitement informatique de moyenne capacité et l'apparition de la micro-informatique dans les bureaux et les sites industriels à partir de 1982. Les réseaux nationaux de deuxième génération sont abordés dans le chapitre 21 « Les transmissions de données après 1980 : une évolution structurante », de même que les réseaux de transmission de données régionaux de type X25 privés déployés vers la fin des années 1980 par les services Télécommunications de la direction Production Transport, ainsi que les réseaux nationaux intérimaires R2N/RIM (réseau numérique national/réseau d'interconnexion multiprotocoles) du début des années 1990.

2. Mise en place d'une première génération de réseaux de transmission de données à partir de 1968

2.1. Les premières rencontres des télécommunications et de l'informatique

« En 1965 les mécaniciens et les hydrauliciens de la DER qui travaillent à Chatou soumettent des calculs aux gros ordinateurs de Clamart via une navette automobile. Mais l'augmentation des travaux à soumettre et les délais de restitution ne permettent pas d'exploiter pleinement les possibilités qu'offre l'informatique. Après de longues discussions avec les PTT, il est envisagé de louer spécialement une ligne téléphonique, mais la qualité de celle-ci n'est pas bonne [...] Il est finalement décidé d'installer une ligne spéciale, haute qualité, avec une vitesse de transmission de 2 400 bits par seconde entre l'IBM 1401 de Clamart et l'IBM 1440 de Chatou¹⁵. »

Les gains de temps obtenus pour les restitutions de travaux, les ouvertures entrevues pour un développement de l'utilisation des systèmes informatiques incitent la DER à mettre en place en 1966 et 1967 des liaisons à 2 400 bit/s entre des terminaux CDC 200 d'Aix-en-Provence¹⁶, des Renardières et le CDC 6600 du site de

13. Sous contrainte du Plan Calcul (1966/1975), EDF est soumise à un contrat moral avec la tutelle, dit « 50/50 », qui l'oblige à un parc rigoureusement équilibré entre matériel Bull (matériel Plan) et matériel IBM.

14. Les ateliers mécanographiques de la distribution et de la DPT représentaient une première forme de déconcentration des moyens de traitement.

15. Virgile Deslandres, *Histoire des réseaux informatiques à EDF-Gaz de France*, mémoire de maîtrise d'histoire contemporaine sous la direction de J-C Debeir, 1999.

16. Site CEA travaillant avec la direction de l'Équipement.



Figure 3 ■ Un modem SAT des années 1970.

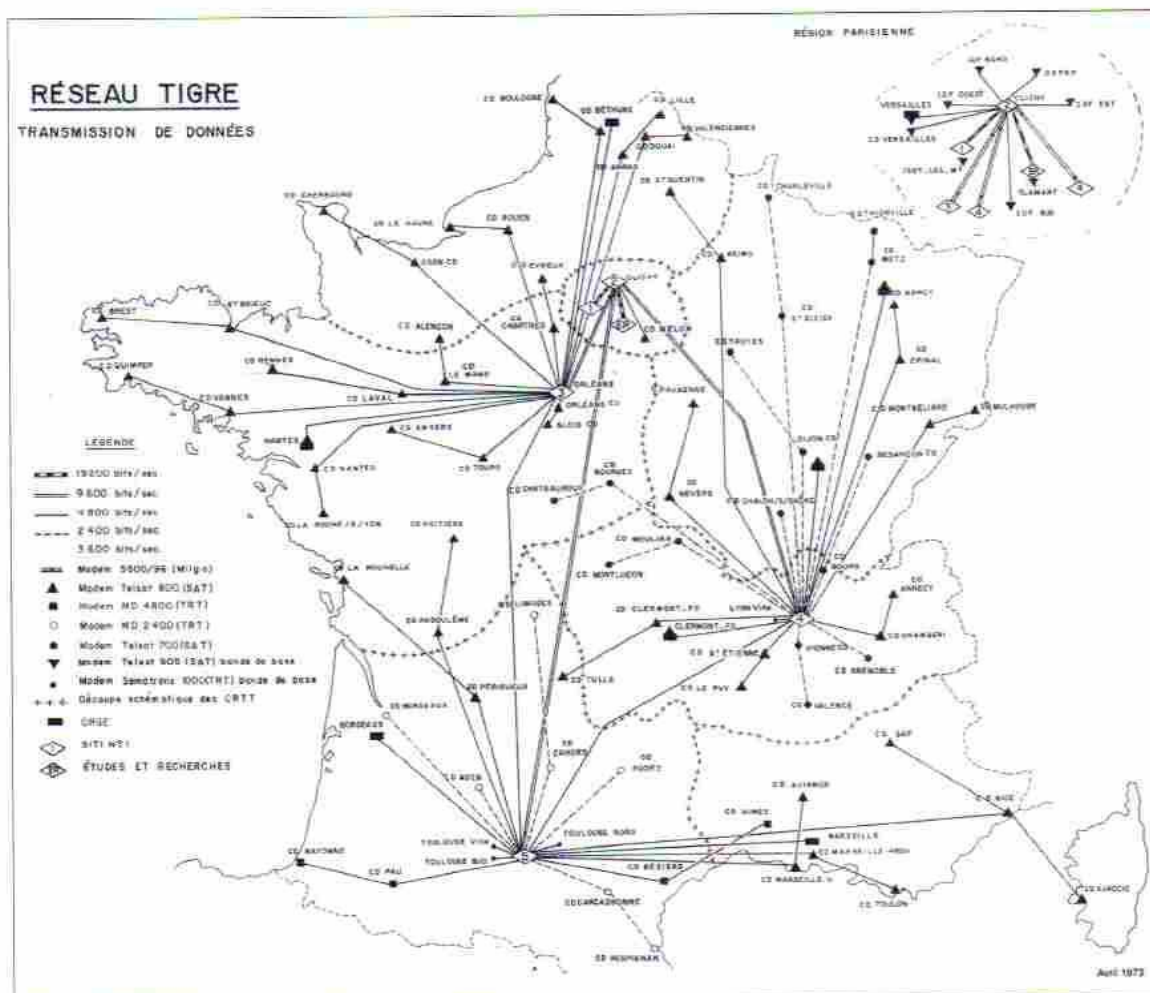


Figure 4 ■ Le réseau TIGRE en avril 1973.

En 1971-1972 le RTD est interconnecté au réseau MERCURE de la DER par une liaison entre le SITI de Clichy et Clamart ; l'interconnexion est par la suite étendue entre Clamart et Toulouse, Orléans, Lyon, comme une approche limitée d'un réseau généraliste unique EDF-GDF (figure 4). On accède dès lors depuis les terminaux RTD des centres de Distribution aux programmes de calculs des réseaux BT et MT exploités à Clamart.

La DPT entre en jeu²⁵

L'évolution de l'informatique de gestion à la direction Production Transport (DPT) contribue à étendre l'utilisation du RTD. En 1970, la DPT utilise dans ses unités des Gamma 10, calculateurs « semi-électroniques à cartes mécanographiques » de Bull. La comptabilité centralisatrice, la gestion et la paie du personnel (GPSO) sont traitées au SITI d'Issy-les-Moulineaux comme applications nationales par envoi de cartes perforées élaborées sur les Gamma 10 qui traitent aussi les applications régionales, statistiques sur le pointage du personnel et sur le contrôle de gestion. À partir de 1972 et de l'expérience dite de Lyon, commence une évolution qui s'étend jusqu'à la fin des années 1970 ; la DPT supprime les Gamma 10 et s'oriente vers les « télétransmissions ». Chaque unité utilise alors un terminal RTD (Mitra 15 au début) pour les transmissions liées aux applications nationales avec le SITI d'Issy-les-Moulineaux et pour les transmissions des éléments des applications régionales aux SITI « régionaux » qui les traitent. Ces dispositions sont complétées par des réseaux de saisie assistée décentralisée dans les sous unités.

En 1979 le RTD dessert ainsi, avec la DPT, environ 140 terminaux répartis sur le territoire. Ce réseau sera progressivement désarmé entre 1981 et 1984 avec la mise en service du nouveau réseau, RETINA 80.

Le réseau MERCURE²⁶

Le réseau de transmission de données MERCURE est créé en 1970 par le service Informatique et mathématiques appliquées de la DER (SIMA). Ce réseau a pour vocation de distribuer la puissance de calcul scientifique disponible à Clamart aux utilisateurs des modèles numériques développés par les différents services de la DER : Régions d'Équipement (nucléaires, hydraulique), services des Mouvements d'énergie, Distribution, Centre d'équipement du réseau de transport (CERT), autres sites de la DER etc. Ces entités soumettent leurs données sous forme de travaux d'exécution des modèles numériques, avec retour immédiat ou différé selon la longueur de la file d'attente ou la taille du modèle.

Le réseau est constitué en étoile dont les branches sont en très grande majorité des liaisons de transmission de données point-à-point à 4 800 ou 9 600 bit/s utilisant des liaisons téléphoniques spécialisées louées aux PTT ; quelques liaisons spécifiques à 20 400 ou 40 800 bit/s existent en région parisienne entre Clamart et des sites importants (SITI de Clichy, Chatou, Asnières...). Il est construit autour du calculateur CDC 3500 jouant un rôle de concentrateur-commutateur de messages. Cette structure est maintenue jusqu'à la migration sur RETINA 80 en 1980.

Les terminaux utilisés sont des CDC et des CII, notamment des MITRA 15 pour ceux du SGEP (système de gestion énergétique prévisionnelle mis en service en 1974) utilisé par le service des Mouvements d'énergie (Lille, Nancy, Lyon, Marseille, Toulouse, Nantes, Paris).

Compte tenu de la spécificité des données transmises, la diffusion géographique des terminaux est moins grande que celle du réseau TIGRE/RTD. À son terme, le réseau MERCURE compte une trentaine de terminaux, dont les deux tiers en région parisienne.

Les réseaux TGA (télégestion des abonnés) de la Distribution

La « télégestion des abonnés » permet l'accès « conversationnel » à un fichier clientèle centralisé (contrats, données techniques et administratives) depuis des écrans-claviers situés dans les points d'accueil de la clientèle

25. Cf. René André, Jean Ravel, *Transport d'Énergie et Télécommunications*, AHEF, 1991, p. 71. AESTEL, 1- Note DPT du 10 novembre 1973, Recherche d'une structure informatique pour les problèmes de gestion du personnel et de gestion économique à la direction Production Transport, 2- L. Quinio, Note DPT du 16 mai 1978, l'informatique à la direction Production Transport.

26. MERCURE est le nom du logiciel utilisé sur le CDC 3500 en situation de frontal vis à vis de l'unité centrale CDC6600 et repris, par extension, pour désigner le réseau.