

Chapitre 13

Plan du chapitre

Chapitre 13	1
13. L'automatisation de la conduite du Système : du SDART à CASOAR	2
13.1. Le palier SDART et la Téléconduite	3
13.1.1. Les principes directeurs	3
13.1.2. La méthode d'action projetée	3
13.1.3. L'architecture du réseau	4
13.1.4. Les principaux matériels développés	4
13.1.5. Un nouveau besoin : la configuration des données	14
13.1.6. Une nouvelle organisation de la maintenance	16
13.1.7. L'origine des téléinformations : l'évolution des équipements basse tension des postes	17
13.1.8. L'expérimentation des calculateurs de postes	18
13.1.9. Les prémices d'un nouveau palier technique et d'une nouvelle relation homme- machine	18
13.2. L'impact de l'évolution des équipements des dispatchings sur l'activité télécommunication	19
13.2.1. Le réseau SGEP (Système de Gestion Energétique Prévisionnelle)	19
13.2.2. La maintenance des calculateurs de traitement	20
13.2.3. L'évolution des systèmes de réglage	21
13.2.4. Rénovations et installations complémentaires	22
13.3. La téléconduite à la Production hydraulique	23
13.3.1. Les premiers postes de conduite	23
13.3.2. Le renvoi d'alarmes	25
13.3.3. L'apport des télécommunications	25
13.3.4. L'automatisation de l'usine de la Rance	26
13.3.5. Les Postes Hydrauliques de Vallées	27
13.4. Les réseaux d'alerte : plans de sauvegarde du réseau, la contribution des télécommunications	27
13.4.1. Le plan de sauvegarde en 1979	27
13.4.2. Le Réseau d'Alerte, de Sauvegarde en Situations Critiques (RASCQ) en 1984	28
13.4.3. Le Système d'Alerte et de Sauvegarde (SAS) en 1989	29
13.5. Le rôle des télécommunications dans les systèmes de protection des réseaux de transport	29
13.5.1. Le problème posé aux télécommunications et la réponse	30
13.5.2. La mise en œuvre sur le terrain	31
13.6. Conclusion	32
13.7. Annexe 1 : Compatibilité des équipements^{et}	33
13.7.1. Connexion de l'équipement aux lignes de transmission	33
13.7.2. Procédures de transmission	33
13.7.3. Protocole de transport entre "correspondants"	34
13.7.4. Standardisation des messages	34
13.7.5. Sécurité de la transmission	34
13.8. Annexe 2 : Echancier détaillé	34
13.9. Annexe 3 : Check list de maintenance d'un PC de TLC11M	35
13.10. Liste des figures	36

13. L'automatisation de la conduite du Système : du SDART à CASOAR

En ce début des années 1970 les technologies du domaine de l'électronique poursuivent leur rapide évolution. Les circuits intégrés se substituent aux composants discrets dans les équipements industriels, lesquels voient leurs encombrements se réduire, leurs performances s'améliorer, leurs possibilités se décupler. Par voie de conséquence l'offre sur le marché se renforce et devient très incitatrice pour une mise en œuvre accrue dans les différents secteurs de l'industrie.

Parallèlement à cette évolution technique, au sein de la filière télécommunication du Transport, la génération des pionniers, celle qui a contribué à son installation et à son développement, va devoir admettre la mise à terme naturelle de parcours professionnels qui, en tout état de cause, auront marqué les esprits et imprimé au sein d'EDF une perception particulière des télécommunications.

La concomitance de deux types d'événements, le renouvellement des hommes, la disponibilité de l'électronique rapide et des calculateurs industriels, dont certains entrevoient le rôle décisif à venir dans l'évolution de l'exploitation du système électrique, va permettre l'émergence d'une vision nouvelle quant à l'utilisation des moyens de télécommunications associés.

Le programme réussi des "Informations Codées" a montré au service des Mouvements d'Énergie l'importance de disposer, pour la conduite du système et en particulier pour sa fonction transport, d'informations précises, fiables et permanentes. Il a aussi prouvé la capacité des "hommes des télécommunications" à s'adapter, à déployer et à maintenir en bon état de fonctionnement sur l'ensemble du territoire national un tel réseau de collecte de l'information.

Dans ce contexte, la décision de création des Pupitres de Commandes Groupées (PCG) par le service du Transport, et l'accélération du programme de la télécommande qu'elle induit, conduit alors à s'interroger sur le concept d'une infrastructure unique de transmission pour répondre à l'ensemble des besoins en informations du système transport-production et cela d'autant plus que les constructeurs proposent alors des équipements multifonctions capables de les transporter, dans les deux sens et en toute sécurité :

« Je n'ai noté au passage qu'une simple allusion au problème technique de l'acheminement des informations et des ordres. Aussi m'a-t-il paru intéressant de souligner l'intérêt qu'il y aurait de concevoir une infrastructure des télécommunications unique répondant à l'ensemble des besoins exprimés, plutôt que de poursuivre comme c'est le cas à l'heure actuelle pour des raisons techniques et historiques dans la voie d'une séparation totale des réseaux de télé informations pour les dispatchings et de télécommande pour le Transport. »

Ainsi s'exprime Georges Richerme, chef du service Télécommunications du CRT Paris lors d'un congrès à Nice en 1971 consacré, à l'automatisation de l'exploitation des réseaux.

Ces réflexions, associées à bien d'autres notamment en matière d'organisation, donnent naissance au futur Schéma Directeur de l'Automatisation du Réseau de Transport (SDART) publié en juin 1973 comme en témoigne le rapport d'activité du service du Transport de cette même année.

« Le groupe de travail "Automatisation du Réseau" a achevé ses activités au cours de l'année 1973. Créé dans le cadre de la Commission Scientifique et Technique et réunissant des représentants de la DER, du service des Mouvements d'énergie et du Service du Transport, ce groupe a réfléchi sur l'évolution de la conduite des installations du Transport vers une centralisation plus poussée, en utilisant de façon raisonnable les moyens informatiques modernes, avec la création de Centres Régionaux de Conduite au niveau des dispatchings. Un document de synthèse, le SDART a été rédigé. »

Ce document "SDART" fixe les principes directeurs d'évolution de l'exploitation du réseau de Transport pour les vingt années à venir avec, une méthode d'action, un échéancier prévisionnel et l'enveloppe budgétaire estimée nécessaire. La description de ces principes directeurs et le rappel de leur mise en œuvre sur le terrain au cours des dix premières années de l'horizon annoncé, avec leur impact, à la fois sur : les organisations, les réseaux de télécommunications et les missions des hommes, font l'objet de la première partie du présent chapitre.

Une deuxième et la troisième partie traitent respectivement de la contribution des télécommunications à l'évolution des dispatchings et à l'évolution de la conduite de la production hydraulique pendant la période considérée. Le quatrième volet s'attache plus particulièrement au rôle des télécommunications en matière de sûreté et de sécurité du système électrique à la même époque.

13.1. Le palier SDART et la Téléconduite

13.1.1. Les principes directeurs

Le choix retenu est d'évoluer vers une exploitation centralisée du système électrique au niveau régional. Les moyens de commande se concentrent en regroupant au niveau du dispatching régional les fonctions de décision et d'exécution des actions de conduite des postes.

« Au niveau régional, le dispatching reçoit les moyens de téléconduite du réseau : informations et équipements. Le dispatching n'est donc pas un simple centre de décision, et devient un centre régional de conduite. (CRC) »¹.

Ainsi, au terme de ce schéma, outre les informations relatives à la conduite du système électrique, sa mission initiale, le dispatching devient destinataire des informations nécessaires à la surveillance du comportement des matériels eux-mêmes : organes de coupure, d'aiguillage, de transformation. Ces informations permettent de décider de la nécessité et de l'urgence d'une intervention. La prise en charge de l'incident par le personnel astreint à un service permanent devient immédiate. L'équipe d'intervention locale basée au siège du PCG est prévenue directement depuis le CRC. Les temps de réaction attendus globalement plus réduits, par rapport à l'organisation précédente, doivent favoriser l'amélioration de la continuité de la fourniture de l'énergie électrique. Si la liaison entre le CRC et le PCG devient défaillante, ce dernier reprend naturellement en secours son rôle dans la conduite et la surveillance des installations. Les opérations proprement dites d'entretien et d'intervention restent de la responsabilité des personnels des PCG.

13.1.2. La méthode d'action projetée

Le plan de développement prévoit une politique de déploiement coordonnée entre la mise en œuvre des équipements et les études afin d'aboutir à une organisation centralisée de la conduite du réseau électrique à l'horizon des années 1980- 1982. Au plan technique, il s'inscrit dans une perspective de palier technique, seules les opérations nécessitées par la préparation du palier suivant font l'objet d'expériences. Pour l'exploitant, ce plan maintient la continuité dans le mode d'exploitation des postes, en réduisant les disparités dues à l'utilisation d'équipements différents. Ainsi, l'opérateur du PCG, commande de la même manière les postes asservis équipés d'un système de télécommande, de téléconduite ou avec un ordinateur. Pour minimiser l'investissement, l'utilisation des équipements existants jusqu'à leur obsolescence est préconisée. Enfin, la cohérence avec les plans de développement propres à d'autres services d'EDF, tels que ceux des services des Mouvements d'énergie ou de la Production hydraulique est prise en compte.

a) Les grandes phases du développement prévues

Deux grandes périodes se dessinent et se distinguent principalement par la géographie et par le contenu des réalisations. Dans un premier temps la politique, déjà engagée, de passage en télécommande des postes asservis depuis les PCG se poursuit, mais en infléchissant les caractéristiques des matériels afin qu'ils répondent ultérieurement aux besoins de la conduite centralisée. Il est, parallèlement, procédé à des études et des expériences relatives à de nouveaux équipements, et en particulier, au ordinateur de poste. Cette première phase est appelée à durer cinq ans (1973-1978).

La deuxième période, couvrant les années 1978 à 1982, prévoit la mise en place de la structure des Centres Régionaux² de Conduite (CRC) avec la réalisation de liaisons inter-ordinateurs entre PCG et CRC et la télécommande des postes siège de PCG.

Au-delà de cette phase, les équipements de transmission du type Emetteur-Récepteur Cyclique et les systèmes électromécaniques de télécommande qui resteront en service devront être remplacés progressivement du fait de leur vétusté et des difficultés de dépannage par manque de pièces de rechange. (Voir en annexe2 l'échéancier détaillé).

b) Le budget prévisionnel escompté

La méthode d'évaluation détaillée s'appuie en matière de coûts sur des expérimentations conduites en particulier au CRTT Paris. Elle aboutit à une enveloppe financière globale de 230 MF (1973) n'intégrant pas les dépenses propres à l'installation des CRC aux sièges des dispatchings régionaux.

¹ Schéma directeur de l'automatisation du réseau de transport édition de juin* 1973 page 9.

² Cf. Chapitre 20 « Automatisation du Système : Téléconduite 2000 ».

13.1.3. L'architecture du réseau

Figure 01 : Système de conduite de la DPT :

L'architecture de l'ensemble découle naturellement du concept d'organisation centralisée de l'exploitation du réseau électrique au niveau régional prévu à terme par le schéma directeur.

Le nouveau système doit garantir, avec toute la fiabilité requise, l'acheminement dans les deux sens de l'ensemble des informations indispensables à l'information du dispatcheur, décideur de l'action à mener, mais également, intervenant direct sur les organes concernés du réseau de transport. Ainsi, tous les équipements qui sont développés et mis en œuvre dans ce nouveau palier sont conçus dans cet esprit. En l'absence de normalisation internationale sur les procédures d'échange entre équipements de téléconduite, la direction des Etudes et recherches met au point, au milieu des années 1960, une série de normes internes à EDF. Ces normes ont reçu la codification HNZ 66-S 11 et HNZ 66-S-13, propre à la DER, elles vont être utilisées pendant des décennies par toutes les directions d'EDF. Une description succincte du contenu de ces « normes HNZ » est donnée en annexe 1 du présent chapitre.

Vers les PCG convergent ou transitent les informations issues ou destinées aux postes asservis, transportées par les équipements de téléconduite (TCD) mixtes (signalisations et télémesures) qui vont se substituer progressivement aux matériels électromécaniques.

Au siège du PCG, sont sélectionnées et diffusées les informations intéressant le dispatching régional. C'est le rôle de l'ensemble de traitement (EDT), nouvel équipement qui collecte, concentre et restitue également sur une imprimante locale les événements issus des postes asservis via les équipements de téléconduite.

Au dispatching régional les calculateurs d'acquisition (CACQ) reçoivent et stockent les informations de l'ensemble des PCG de la région et les aiguillent vers les calculateurs de traitement et le synoptique local, mais aussi pour certaines, vers le dispatching national ou vers les dispatchings régionaux voisins.

Sur le plan national, les sept calculateurs d'acquisition situés dans les dispatchings régionaux, avec le système informatique du dispatching national et les liaisons de transmission associées, constituent le réseau dit "de transmission en temps réel" (TTR).

13.1.4. Les principaux matériels développés

Les matériels développés pour ce palier conservent les principes qui ont prévalu par le passé en matière de télécommande, tout particulièrement pour les mécanismes qui se rapportent à la sécurité de transmission des ordres de télécommande et pour l'interface avec l'exploitant. Ainsi, l'ergonomie du tableau synoptique reste identique à celle précédemment promue tant pour le traitement de la fonction télécommande que pour celui des signalisations. Cette exigence facilite la transition tout en prévenant les éventuelles erreurs de manœuvres.

a) La téléconduite (TCD)

Le premier élément du dispositif est l'équipement de téléconduite qui dérive des nouveaux équipements multifonctions proposés par les constructeurs déjà utilisés à la fin des années 1960 et durant les premières années 1970 par certaines régions, notamment pour répondre aux besoins de la Production hydraulique et à la Distribution en région parisienne.

Les premières réflexions sur ces matériels sont menées au niveau du Département Télécommunications par les électroniciens concepteurs et réalisateurs des Informations Codées. Mais, semble-t-il, des luttes de territoire, voire un désaccord sur la méthode, entre les tenants des systèmes à relais encore au pouvoir et les "modernes", partisans de l'électronique aux possibilités multiples, ralentissent la sortie d'une spécification exprimant les besoins en la matière. Comment expliquer ce qui semble être une absence d'arbitrage de la part de la hiérarchie nationale de la filière ? Pourquoi n'avoir pas profité du succès des Informations Codées pour poursuivre sur cette trajectoire l'exploration et la définition du palier des télécommandes électroniques multifonctions souhaitable et attendu pour l'exploitation du réseau de transport ? Est-ce un manque d'ambition, d'appréhension de l'avenir ou bien plus simplement la conséquence du passage d'une génération d'hommes à une autre, avec tous les soubresauts relationnels et les incertitudes qui en résultent ? La question est posée.

Pour les régions les plus dynamiques, cette situation transitoire laisse toute latitude à l'expression des idées et à la réalisation de nombreuses expérimentations qui ne manquent pas de se déployer avec plus ou moins de succès. Néanmoins, et ne serait-ce que cela, elles permettent de progresser dans la connaissance du comportement des équipements électroniques programmés dans un

environnement de perturbations d'origine électrique. A l'époque, parmi les plus en pointe, et moteur pour les régions dans ce domaine, se trouve être le futur responsable de la filière³.

Les caractéristiques fonctionnelles et techniques du futur équipement sont finalement décrites par un cahier des charges dont la première édition TCD_A/01 date de février 1974⁴. Il prend sa forme définitive en septembre 1978 avec la version N°2 TCD_A/02. Dès lors, tous les équipements doivent répondre à cette spécification qui marque clairement la volonté de palier exprimé par le schéma directeur.

Les innovations résident, entre autres, dans une harmonisation du traitement des informations sur synoptique, la restitution des événements datés en chronologie absolue ou relative⁵, si un calculateur est associé au poste de commande. Sur le plan de la transmission proprement dit, la surveillance de la qualité dans les deux sens du circuit de transmission utilisé marque un réel progrès. La protection des messages à l'aide de code de redondance apporte également une sécurité complémentaire. Pour les télémesures, l'équipement est en capacité d'acquérir cycliquement au rythme de 10 secondes des signaux issus de capteurs analogiques, numériques ou impulsions.

Prévues en version de base, toutes ces fonctions nouvelles pourront être implantées sur les liaisons au rythme des besoins par simple adjonction de cartes spécifiques. A l'issue d'une consultation nationale auprès des constructeurs susceptibles de répondre et de nombreux essais de mise au point et de qualification, seules deux sociétés, la Compagnie Européenne de Télétransmission (CETT) avec son système ETC50 et Jeumont Schneider (JS) avec le TLC11M, sont retenues pour équiper l'ensemble des installations d'EDF.

Que ce soit l'un ou l'autre des constructeurs, ces équipements sont bâtis autour de microprocesseurs contenant le programme qui commande des cartes périphériques spécialisées dans l'acquisition des télémesures et des télésignalisations (TM, TS) ou la restitution de télécommandes et de valeurs de consignes (TC, TVC). Le programme assure également la gestion des procédures de transmission entre poste de commande et poste asservi. Leurs performances techniques sont semblables et leurs capacités propres de raccordement sont voisines.

Figure 02 : Configuration d'un PA

Figure 03 : Configuration d'un PC

Le tableau ci dessous récapitule les possibilités standard de chaque équipement :

Constructeurs		Organes	
		ETC50	TLC11
Télécommande	TC (1)	248*	248*
Télé valeur de consigne	TVC	32	Inf à 512
Télé réglage cyclique	TRC	32	32 à
Télésignalisation		512	512
Télémesure analogique	TMA	64	256
Télémesure numérique	TMI	64	64
Télémesure spéciale	TSp	128	possible

* y compris la télécommande fictive

(1) télécommande avec signalisation double associée.

En fait, il existe une limitation physique due à la conception des armoires, notamment chez Jeumont Schneider qui ne peuvent recevoir physiquement qu'un nombre limité de cartes (TC, TS, TM) et les blocs d'alimentations.

L'utilisation de ces matériels sur le terrain marque une rupture importante dans les méthodes de travail des agents des services régionaux de télécommunications. En effet, la mixité des informations traitées par ces derniers, télémesures et télésignalisations, va inciter à des rapprochements dans les équipes. L'introduction de l'électronique et des calculateurs demande de nouvelles connaissances, mais exigent également une expérience de terrain, que possèdent les plus anciens travaillant sur les matériels électromécaniques. Si pour tirer au mieux partie de ces nouveaux équipements lors de

³ J. Duverny, alors chef centre adjoint au CRTT Paris.

⁴ Hervé Mancel ingénieur au département Automatisation des réseaux est un des artisans de sa rédaction. Il s'est également beaucoup impliqué, avec une équipe de techniciens, lors de la réception en usine des prototypes des premiers équipements de téléconduite ainsi que pour leur mise au point.

⁵ On parle de chronologie relative lorsque le calculateur EDT associé au PCG date l'événement à son arrivée au PCG. On dira que la chronologie est absolue lorsque ce même EDT reconstitue au PCG par un mécanisme approprié l'heure d'apparition de l'événement enregistrée au PA à partir d'un module horaire associé à cet événement et dont les caractéristiques sont transmises avec celui-ci.

mise en service, un rapprochement entre les connaissances nouvelles et l'expérience se révèle le meilleur compromis, la réalité est parfois plus difficile à vivre par les uns et par les autres, d'autant plus que des jeunes ingénieurs récemment recrutés s'impliquent naturellement plus facilement dans le démarrage de ces nouveaux matériels.

Par ailleurs, cette mise en œuvre nécessite une préparation du travail en amont du terrain, par exemple pour l'ETC 50, il faut décrire la liste des informations à transmettre et à traiter à l'aide de codes à graver dans des modules de mémoire morte. Cette opération s'effectue en laboratoire à l'aide d'un appareil spécial dont le coût et le maniement n'autorisent pas une large diffusion. Pour le TLC11, la programmation est un peu différente et apparemment plus simple et plus commode puisqu'il s'agit pour personnaliser la liaison de strapper à l'aide d'un fer à souder une mémoire à diodes. Néanmoins, la sérénité d'un laboratoire est toujours préférable à l'ambiance souvent très fébrile d'une salle télécommunications dans un poste, lors d'une mise en service. Cette notion de préparation du travail très en amont de la mise en service trouve toute sa justification lorsque les liaisons de téléconduite sont connectées côté PCG à un ensemble de traitement (voir ci-après), qui lui-même communique avec les calculateurs d'acquisition du dispatching régional. Déjà sont perceptibles les précautions que l'agent des télécommunications doit prendre pour intervenir sur des équipements qui font partie intégrante du réseau électrique et s'annoncent des évolutions qui deviennent indispensables pour préserver à l'avenir la qualité et l'intégrité des informations dans l'espace et dans le temps d'une telle chaîne en cours de construction.

b) L'ensemble de traitement (EDT)

Le déploiement de l'EDT se déroule en deux phases principales quant aux fonctionnalités mises à disposition de l'exploitant. La première consiste dans l'aide à l'exploitation du PCG avec restitution sur imprimante des événements survenus dans les postes asservis raccordés par des équipements de téléconduite. La seconde transforme, tout en conservant sa mission initiale, l'EDT en un nœud de communication au travers des liaisons, en aval, vers les calculateurs d'acquisition du dispatching régional et, en amont, vers les téléconduites et les équipements de postes en cours d'expérimentation.

La configuration informatique des premiers EDT est très modeste. Un ordinateur de type MITRA 15 de BULL, le FDE 15T, une télétype de service ASR 33 et son lecteur de ruban, puis une ou deux imprimantes, l'une en secours de l'autre, destinées à la présentation à l'exploitant des informations liées à l'exploitation du réseau.

Initialement le programme permettant la restitution des événements sur l'imprimante est fourni par les constructeurs des équipements de téléconduite.

Pour introduire ce programme dans le calculateur le lecteur de ruban associé à l'ASR 33 doit être utilisé. Ce chargement prend plusieurs minutes (au moins une bonne dizaine, mais les souvenirs s'estompent ...) avec grande chance de ne pas conclure l'opération sans erreur. Heureusement sur le ruban, il existe des points de reprise. Possibilité qui n'a pas échappé aux techniciens avertis, ce qui évite de reprendre la lecture au tout début de la bande perforée et ménage ainsi les nerfs des impatients. Néanmoins, la technologie progresse dans le domaine car bientôt les opérateurs disposent d'un lecteur de ruban plus rapide et plus sûr. Un peu plus tard, un pas supplémentaire vers plus de confort et de rapidité est accompli avec l'utilisation de cassettes magnétiques lues à partir d'une des imprimantes d'exploitation munie du lecteur approprié. Puis avec une nouvelle génération de calculateur MITRA 115 le floppy-disc ou disque souple apparaît en 1980.

A la fin de l'année 1976, la plupart des CRTT ont équipé un de leurs PCG d'un ensemble de traitement (EDT).

Le prototype du programme développé et mis au point par la Direction des Etudes et Recherches sur spécifications du département Automatisation des réseaux est installé sur site durant le premier semestre 1976. Il se substitue progressivement à celui initialement fourni par les constructeurs de matériel de téléconduite et s'impose notamment avec l'arrivée des premières liaisons entre EDT de PCG et ordinateur d'acquisition des dispatchings régionaux. Ainsi, ce programme déployé sur l'ensemble du territoire va unifier à la fois le traitement des informations et des procédures de transmission sur le réseau, mais aussi nécessiter une homogénéité dans l'adresse associée à chaque terme à transmettre vers le dispatching national ou vers les dispatchings régionaux voisins.

Un adressage national des informations est donc décidé. Il repose sur un mécanisme simple. En effet chaque information est repérée par une adresse unique constituée par le numéro du site, origine de l'information, le niveau de tension (400, 225 ou 63/90 kV) auquel elle appartient, l'entité électrique qui la génère et enfin son rang dans cette entité. Ces paramètres sont disponibles dans chaque

région et chacune d'elle est responsable et garante de l'adressage des informations issues de son territoire.

Si pour les tous premiers EDT mis en service, les techniciens des télécommunications se rendent aux Etudes et Recherches, près de Paris, à Clamart, pour préparer les programmes, avec l'amplification du déploiement et puis pour faire face aux exigences de rapidité d'intervention en cas de panne, les services Télécommunications des CRTT se dotent de moyens propres. Ainsi, chaque région s'équipe progressivement d'un centre de calcul dans lequel s'installent les équipements (calculateurs, lecteurs de cartes, imprimantes) permettant d'élaborer localement les programmes pour les EDT, mais aussi des liaisons de téléconduite, dites écoles, sur lesquelles sont testées les données avant les mises en service sur le site.

Ces équipements de laboratoire servent également de lot de dépannage pour des liaisons opérationnelles, et pour gérer de manière plus professionnelle à la fois la version de programmes et les données. Cette gestion et la préparation des données prennent une telle importance au cours du temps qu'une application spécifique est développée sous le nom de configurateur généralisé et qui voit le jour vers le milieu des années 1980.

Tant qu'au niveau du PCG, l'EDT reste limité au simple rôle de consignateur des changements d'état issus des différents postes asservis via les liaisons de téléconduite, son rôle n'est pas essentiel à la conduite du réseau et il n'est pas doublé. Le doublement des calculateurs sur ce site, avec toutes les dispositions associées de reprises de service inhérentes à ce mode de fonctionnement, intervient dès la mise en service des liaisons avec les CACQ.

Ainsi, en cas d'anomalie du calculateur actif, le service est repris automatiquement par le calculateur de secours qui se met à jour en effectuant un appel général de toutes les signalisations issues des postes raccordés. Pendant ce temps les télémessures, émises cycliquement, se remettent à jour naturellement. Si bien, qu'en moins d'une minute après la permutation de calculateur actif, la situation est redevenue normale. Il est bien entendu que les imprimantes et tous les autres équipements connectés à l'EDT actif sont également commutés automatiquement sur l'autre calculateur.

De même, dès 1975, il est décidé pour faire face à une défaillance de la liaison entre PCG et futur CRC, de pouvoir visualiser des télémessures concernant le dispatching au PCG. Un dispositif d'affichage constitué par un écran cathodique monochrome s'ajoute. Sur commande de l'opérateur du PCG, il affiche les télémessures présélectionnées. En cas de perte de la liaison PCG- CACQ, il est toujours possible d'informer le dispatching par téléphone en lisant les signalisations présentes sur le synoptique et les mesures affichées sur l'écran.

La programmation de l'EDT est conçue pour s'adapter à la conduite de 32 postes asservis (PA) au plus, quel que soit le moyen de conduite utilisé (téléconduite jusqu'à hauteur de 80%, les 20% restant de calculateur de postes). Par ailleurs, le tableau ci dessous précise par poste suivant la nature des informations les quantités maximales et moyennes les plus probables et les débits correspondants⁶ qui sont prises en compte pour dimensionner le système.

Types d'information	Nombre Maximum	Nombre Moyen	Débit Maximal
Télésignalisations : TS	2000	500	2,5/sec ⁷
Cyclique Télémessures : TM sur appel	128	> ou = 20	2,5/sec ⁸
	16	-	-
Télécomptages : TCG	30	-	-
Télécommandes : TC	600	150	-

⁶ AESTEL, Spécifications du programme de l'EDT de PCG HR-43 0773 LA/MB du 29 novembre 1997 page 3.

⁷ Le nombre maximal de TS pouvant survenir au cours d'une avalanche suite à un incident dans un poste sera approché par la formule $0,1n + \sqrt{n}$, n représentant le nombre de TS dans le poste. Pour un PCG on considère que l'événement produisant le plus grand nombre de TS correspond à une avalanche dans deux postes distincts.

⁸ On considère que le cycle de rapatriement des TM dure 10 s.

Télévaleur de consigne : TVC	32	> ou = 2	-
Télé réglage : TVC	Pour mémoire		-

Nota : le débit maximal des équipements de téléconduite raccordés à l'EDT est de 200 bits/seconde.

Le schéma suivant de la figure 4 explicite la structure matérielle à la fin des années 1970.

Figure 04 : Configuration d'un EDT

c) Les calculateurs d'acquisition (CACQ)

En liaison avec le service des Mouvements d'Energie les études réalisées au sein du département Automatisation du Réseau portent, au cours de l'année 1974, sur la définition fonctionnelle et technologique des calculateurs d'acquisition et du réseau de Transmission en Temps Réel.

Le rôle assigné aux calculateurs d'acquisition est double :

- Ils réalisent toutes les fonctions d'acquisition et de validation des informations issues des équipements de télécommunication qui leur sont raccordés. Ils traitent l'information et la restituent sous un format normalisé, indépendant de la nature de l'équipement d'origine. Ainsi, le calculateur aval du dispatching se trouve allégé de cette fonction d'adaptation. Pour les spécialistes du domaine, le CACQ joue le rôle de « calculateur frontal »
- Ils représentent les stations terminales d'un réseau spécialisé de transmission de données entre dispatchings régionaux ou entre dispatchings régionaux et dispatching national.

Un marché est conclu durant le premier semestre 1975 avec la société SESA pour la fourniture et la mise en place de ces équipements dans les différents dispatchings. Le premier CACQ est installé sur le site pilote de Lille vers fin 1976. Le système s'articule autour de deux calculateurs SOLAR 16/40 de la Télémécanique équipés de disques à têtes fixes comme support de sauvegarde. Le schéma qui suit décrit la configuration. Dans le système CACQ les calculateurs sont doublés, mais un seul calculateur est actif à un instant donné et gère tous les échanges.

Figure 05 : Configuration d'un CACQ

La mise au point est laborieuse car sont associés à ces calculateurs, des périphériques spécifiques et nombreux permettant de collecter les informations transportées par des équipements hétérogènes : Emetteurs Récepteurs Cycliques (ERC) ou les TLC11 pour les télémessures, les systèmes électromécaniques Systèmes IV ou V pour les téléseñalisations, les téléconduites mixtes du nouveau palier, et bien entendu des EDT de PCG et des calculateurs 90-40 du dispatching.

Une telle situation ne va pas dans le sens de la simplification des tâches de programmation d'autant plus qu'une connaissance minimale du fonctionnement de chacun ces équipements serait un plus pour faciliter le travail des concepteurs des programmes. Au plan purement matériel, au niveau des interconnexions du fait de cette hétérogénéité se pose de nombreux problèmes d'adaptation entre sorties des uns et entrée du CACQ. Les câblages doivent être soignés pour éviter les parasites, les distances entre équipements rigoureusement respectées et les impédances adaptées pour réduire les affaiblissements, celle de la liaison série à 48Kbits/s vers le calculateur 9040 en particulier. Pour les hommes des télécommunications de l'époque, il faut aussi souligner le contraste entre le silence troublant et énigmatique du SOLAR 16/40 qui exécute son programme et, auquel on ne s'adresse que via une télétype dans un langage mystérieux et peu convivial, et le cliquetis harmonieux et rassurant du déroulement d'un contrôle général sur un Système IV ou V ou le ballet scintillant des voyants caractérisant l'arrivée de chaque famille de télémessures qui éclairent tour à tour les faces avant des ERC. Beaucoup de nouvelles questions, d'essais, de mesures et de modifications de programmes se révèlent nécessaires pour parvenir à un fonctionnement correct et stable d'un l'ensemble au demeurant très disparate, réunissant et faisant communiquer différentes générations techniques d'équipements des plus modernes aux plus anciens, cependant toujours très utiles et essentiels à la mission.

Pour les ingénieurs et techniciens de SESA, même à cette époque, le voyage Lille- Paris et inverse en train est rapide et confortable. Heureusement, car après une journée de labeur dans les sous-sols du 6 de la rue Démazière, à se battre, à tenter de comprendre un système souvent récalcitrant, ne réagissant pas comme attendu sur le papier, un peu de détente est la bienvenue avant

de se remettre à l'ouvrage dans son bureau parisien en appréhendant les résultats de la dernière intervention quelques jours plus tard. De telles journées sont nombreuses avant d'aboutir, les comptes-rendus longuement discutés au téléphone, des manipulations faites et refaites plusieurs fois avant de se convaincre qu'il y a encore un problème et qu'il faut encore et toujours chercher, car le correctif récemment mis en œuvre ne couvre pas en totalité l'anomalie relevée.

La situation devient parfois tendue entre les acteurs, c'est la crispation, voire la crise, chacun, ayant de son côté les bons arguments pour rejeter sur l'autre les difficultés du moment et les retards accumulés. En fait et vu du terrain, il a fallu beaucoup de ténacité à tous pour parvenir à un fonctionnement correct et, probablement de nombreuses lettres désagréables et de circonstances entre les chefs... Certains parlent de l'existence de courriers virulents échangés à l'époque entre la direction du Transport et celle de SESA. D'autres se plaisent à dire « *Avec la réalisation du SDART, on découvre les aléas de l'informatique...* », et d'ajouter avec le recul et un peu d'ironie aujourd'hui « *...il fallait s'habituer aux décalage de plannings, on a connu mieux plus tard* »

La recette est, enfin, prononcée dans les conditions relevées dans rapport d'activités du service du Transport de 1977 :

« Les premiers calculateurs d'acquisition (CACQ) installés à Lille ont été recetés partiellement en décembre 1977 et assurent l'acquisition en provenance d'ERC, des Systèmes IV et V et mixtes de téléconduites. L'ensemble sera pleinement opérationnel d'ici quelques mois. Les autres sites suivront en visant l'achèvement pour le début du 2^{ème} semestre 1978. ».

Puis les installations se succèdent, Marseille, puis Toulouse. Cependant, malgré l'optimisme, néanmoins mesuré, du rapport d'activité de 1977, tous les dispatchings régionaux ne sont alimentés en téléinformation par le nouveau système CACQ qu'à partir du deuxième semestre 1981, soit près de quatre ans après la réception du site pilote.... « *Ce retard important s'explique en partie par des difficultés matérielles rencontrées sur les calculateurs⁹...* ». Pour l'anecdote, dans une région, pourtant disciplinée, du nord de la Loire, le chef du service Télécommunications excédé par ces désagréments fait peindre en « gris martelé EDF », couleur fétiche et emblématique d'un récent passé ô combien plus paisible les deux calculateurs SOLAR, noirs d'origine, pour conjurer le sort. L'histoire ne conclut pas à l'efficacité du remède ! Au-delà de la réaction d'humour agacé d'un chef de service régional, on peut noter que cette période restera néanmoins celle d'un épisode difficile de la carrière pour certains ingénieurs de régions chargés du déploiement.

d) Le réseau de Transmission en Temps Réel (TTR)

Ce réseau est simplement constitué par les sept calculateurs d'acquisition des dispatchings régionaux et le dispatching national. Il s'agit d'un réseau à commutation de paquets de longueur maximale égale à 128 octets. La transmission se fait en mode synchrone full duplex et les procédures de transmission sont conformes à l'avis X25 du CCITT.

Il s'organise autour d'un commutateur central constitué par un ensemble de deux calculateurs Solar 16-40 implanté au dispatching national relié en étoile par des lignes de transmission doublées aux CACQ régionaux. Il est conçu pour recevoir au total 16 stations pour tenir compte des liaisons possibles vers les dispatchings étrangers.

Les liaisons internes entre les calculateurs de traitement des dispatchings s'effectuent par des liaisons locales en bande base à 50 kbits/s. Entre le commutateur central et les calculateurs d'acquisition les liaisons empruntent des lignes PTT de qualité supérieure et fonctionnent à 9600 bits/s.

A noter que dans un premier temps ces liaisons se partagent entre réseau TTR et réseau télégraphique COMETE à raison de 7200 bits/s pour le premier et 2400 bits/s pour le second.

Figure 06 : Structure de principe du réseau TTR

Quand une information est acquise par un CACQ, celui-ci la diffuse à chacun des destinataires intéressés par le mécanisme suivant. En simplifiant, pour chaque destinataire le CACQ prépare un message qui contient éventuellement différents types d'informations intéressant ce même destinataire, en respectant des règles d'un processus d'élaboration bien codifié. Puis le message est émis, avec la mention du destinataire et de l'expéditeur, sur le réseau TTR. Le commutateur central le reçoit, reconnaît le destinataire et le retransmet, sans modification, vers le destinataire final. Afin de s'assurer du bon contrôle de l'ensemble de la transmission, le destinataire envoie, par un message

⁹ « la mise en place du système CACQ et TTR ne s'est pas réalisée dans les délais escomptés. Le système n'est pas encore opérationnel en raison notamment de problèmes de matériels sur les calculateurs » peut-on lire dans le rapport d'activités du Service du Transport de 1979

spécial constitué à cet effet, un accusé de réception vers l'émetteur en utilisant l'adresse de l'expéditeur mentionnée. L'expéditeur conserve en mémoire le paquet envoyé jusqu'à réception de cet accusé. Une répétition est nécessaire si l'accusé ne revient pas.

A noter, que les voies de transmission sont surveillées en permanence, la voie active par le trafic des informations utiles. Pour la voie de secours, un trafic de messages de service (des messages bulle pour les habitués) permet de garantir la permanence de cette ligne. Le commutateur central de par sa position privilégiée surveille en permanence l'état du réseau. Il diagnostique les défauts et les répercute vers les CACQ par le moyen d'une carte d'état du réseau qu'il leur transmet toutes les 10 secondes. C'est par cette carte qu'un expéditeur peut savoir qu'un destinataire est inaccessible, car sa liaison avec le commutateur central est indisponible.

e) Le dialogue EDT-CACQ

Entre EDT et CACQ, les liaisons sont doublées et la vitesse de transmission est ajustée suivant les besoins : 200 bits/s, 600 bits/s ou 1200 bits/s. Par souci d'économie, des modems spéciaux sont utilisés pour partager celles-ci entre la téléphonie de sécurité et la transmission des données.

Pour compléter et sans rentrer dans les détails l'encadré ci dessous donne quelques informations sur le mécanisme de fonctionnement de la transmission entre EDT et CACQ et la commutation des voies :

Pour transmettre les informations vers le CACQ, l'EDT procède ainsi : il range dans deux files d'attente, spécialisées l'ensemble des informations à destination du CACQ. Quand ce volume est suffisant (environ 50 octets d'informations) ou quand un temps suffisamment long s'est écoulé depuis le début de l'émission du message précédent, il prend une décision d'émission. Il compose un message (un bloc pour les spécialistes) en puisant en premier lieu dans la file d'attente dite prioritaire (télésignalisations, acquits de télécommande...), puis dans l'autre (télémesures) et le transmet en ligne. La procédure de transmission se charge de contrôler l'acheminement du message. Si celui-ci est correct, un acquit est retourné par le CACQ. Ce n'est qu'à cet instant que le message est détruit par l'EDT, sinon il est conservé en mémoire jusqu'à réception de l'acquit correspondant.

Si ce dernier n'est pas revenu au bout d'un certain temps (10 s), le message est réémis. S'il n'existe aucun message en attente, un message de remplissage spécial est composé et transmis entretenant ainsi un trafic permanent sur la ligne de transmission pour détecter les anomalies des voies de transmission et le cas échéant, basculer sur la voie de secours. En cas de fort trafic, une technique d'anticipation des acquits peut être mise en œuvre pour améliorer globalement le rendement de la voie de transmission. Dans le sens CACQ vers EDT, les mécanismes sont identiques. Seule la nature des informations véhiculées et leur volume différent, il s'agit essentiellement d'ordres de télécommande et de demandes de contrôle général.

Concernant la commutation des lignes de transmission, en fonctionnement normal le CACQ actif émet sur une ligne et reçoit sur la même. L'autre ligne est connectée au CACQ secours. De son côté, l'EDT actif émet en parallèle sur les deux lignes et reçoit les informations en provenance d'une seule ligne. Cette disposition technique permet au CACQ de secours de recevoir pratiquement toutes les informations, sans pour autant les traiter. En cas de commutation du CACQ ou de l'EDT, la nouvelle situation obtenue est symétrique de celle décrite. Pour une anomalie de ligne, la constatation de la difficulté par le CACQ actif ou l'EDT actif entraîne la commande de la commutation des lignes par l'un ou l'autre des calculateurs à l'une des extrémités. Néanmoins à l'expérience, le retour à la normale n'est pas toujours garanti lors de la première commutation et des basculements complémentaires peuvent suivre, si des réglages de temporisations entre CACQ et EDT ne sont pas ajustés au mieux par les techniciens.

D'une manière générale pour l'utilisateur final de l'information transportée par ce réseau, un quelconque incident tout au long de cette chaîne de transmission (soit entre PA et PCG, ou PCG dispatching régional et enfin, entre dispatchings régionaux ou dispatching national) se traduit par une invalidité de celle-ci pendant la durée de l'anomalie. Le retour à une situation normale et la levée de l'invalidité qui en résulte, est confirmé par l'achèvement d'une procédure automatique de contrôle général réussie sur le maillon concerné. Dans chaque site, des voyants d'aide à l'exploitation sur des platines de visualisation et des messages de services permettent aux utilisateurs de connaître en permanence la disponibilité du réseau.

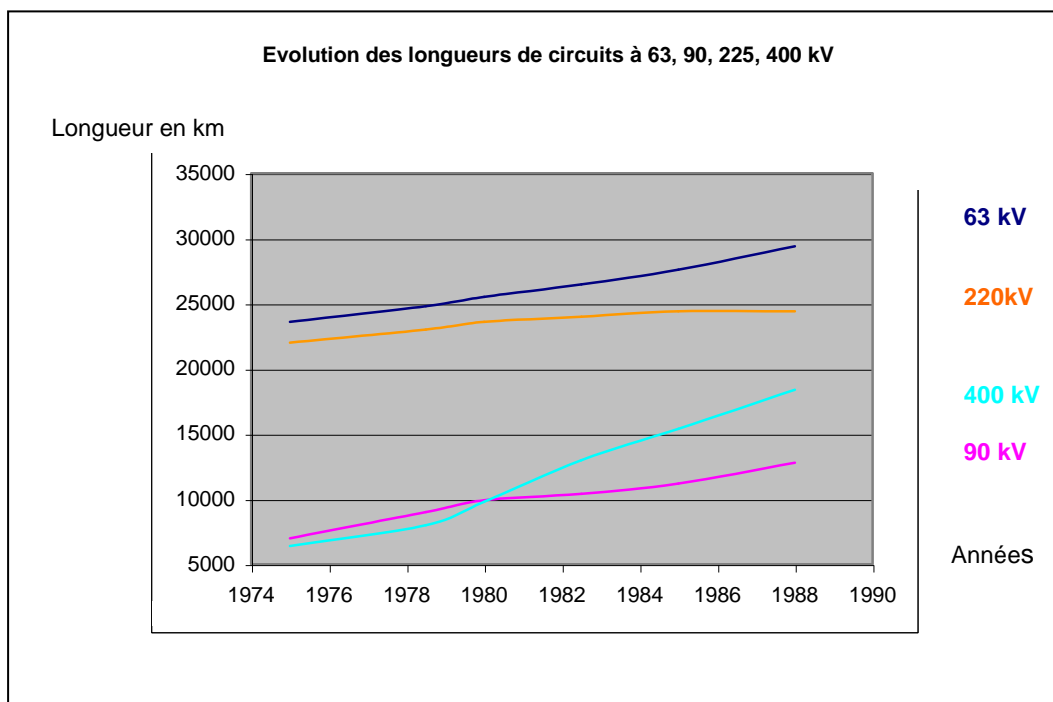
f) La mise en œuvre au quotidien dans les régions

Durant cette période, doivent cohabiter sur le terrain, à la fois les matériels du palier précédent dont il faut poursuivre l'exploitation et le nouveau qu'il convient maintenant de mettre en œuvre notamment avec la construction des nouveaux ouvrages. Le développement du réseau de transport se poursuit, en effet, parallèlement à la mise en place du programme nucléaire pour le 400kV et, consécutivement à la multiplication des postes sources HT/MT engagée en 1980 par volonté

d'améliorer la qualité de service, pour ce qui concerne les lignes 63 et 90kV. La figure 7 ci dessous témoigne de cette très importante progression.¹⁰

¹⁰ René André- Jean Ravel, « *Transport d'énergie et télécommunications 40 ans d'histoire d'un grand service* », page 96.
Page 11 sur 36

Figure 07 : Evolution des longueurs de circuits à 63, 90, 225, 400 kV



Le rapport annuel du service du Transport de l'année 1974, dans ses commentaires d'ensemble affiche un optimisme résolu quant à la réalisation des installations des PCG et justifie les choix techniques des solutions retenues.

(...) Par ailleurs, le développement d'un nouveau palier technique du matériel de téléconduite du réseau s'est poursuivi. L'automatisation de la conduite des installations depuis les Pupitres de Commandes Groupées sera entièrement achevée au cours des trois prochaines années, conformément aux prévisions du SDART. Le choix délibérément prudent d'utiliser, pour cette étape, des équipements de télécommande spécialisés et de réserver pour un palier technique ultérieur l'emploi généralisé de calculateurs industriels banalisés après qu'une expérimentation très poussée a pu être effectuée, s'avère judicieux. Tout en réservant l'avenir, il a permis de faire appel sans risque à des techniques évoluées, dans des conditions économique très compétitives.

La réalité est un peu différente car il faudra un peu plus de temps que prévu pour achever l'automatisation. Pour certains responsables régionaux « *le SDART, c'est d'abord l'affaire des services centraux* ». Il faut attendre en fait le lancement proprement dit des travaux de déploiement pour que les CRTT s'emparent du sujet et s'impliquent dans le projet. La mise en œuvre de l'architecture préconisée s'étale en fait sur une dizaine d'années, en intégrant développement du réseau et la réorganisation de son exploitation. Les équipes télécommunications des unités y jouent un rôle déterminant, même si à l'époque le haut état-major du service du Transport aurait voulu voir d'autres spécialistes, plus proches de l'électrotechnique, s'investir beaucoup plus dans cette opération d'automatisation. Mais pragmatisme oblige, sur le terrain il faut tirer le meilleur parti des moyens dont on dispose.

Des plans sont établis par chaque région en fonction des ouvrages nouveaux à implanter sur leur territoire, des extensions qui en résultent dans les sites existants et de la volonté des chefs de CRTT de s'inscrire dans ce nouveau schéma d'exploitation du réseau électrique, en menant à bien les réorganisations géographiques nécessaires pour la localisation des PCG et leur gréement en moyens et en personnel. Dans les postes neufs 400kV, s'installent obligatoirement les équipements du palier SDART et les informations destinées au dispatching transitent soit par le PCG ou dans certains cas y aboutissent directement par une liaison spécifique de téléconduite. Pour les adjonctions de cellules de lignes ou de transformateurs dans les postes existants, une interrogation au cas par cas est de mise pour le choix de l'option à retenir en matière de téléconduite. Soit, c'est le remplacement des systèmes anciens si des nouvelles modifications de structure sont prévisibles dans un avenir proche, soit, il est procédé à leur extension si cela reste possible. Par exemple, pour les ERC dans une note du 21 septembre 1973 intitulée, Informations pour les dispatchings sur la période 1975-1976, le service du Transport demande aux régions leurs besoins pour conclure auprès des fournisseurs la

dernière commande de matériels de ce type et donne, tout en faisant un point de la situation, des instructions quant à leur emploi :

Les informations de télémesures sont actuellement fournies aux calculateurs 90.40 des dispatchings par des équipements EMETTEURS-RECEPTEURS CYCLIQUES (ERC). Les informations de télésignalisation sont fournies par l'emploi conjugué d'ERC et d'équipements arithmétiques. Une extension du nombre des informations présentées sous cette forme ne pose pas, en principe, de problème d'acquisition, du moins en ce qui concerne les programmes. Il apparaît par contre impossible d'envisager l'acquisition des informations présentées par les nouveaux EQUIPEMENTS DE TELECONDUITE avant la mise en service des CALCULATEURS FRONTAUX D'ACQUISITION (fin 1976).

L'ERC reste donc jusqu'en fin 1976 le moyen principal permettant de fournir aux dispatchings les extensions demandées.

Des liaisons ERC devront donc être établies :

-soit directement entre postes et dispatching,

-soit entre PCG et dispatching, l'ERC assurant la retransmission de certaines informations fournies par les équipements de téléconduite aboutissant au PCG.

Le parc actuel des ERC étant totalement affecté, le principe de passer commande d'une nouvelle série de ces équipements et des coffrets annexes nécessaires (CCD, CO DTS) a été retenu.

Cette commande sera irrévocablement la dernière pour les équipements de cette nature. Il convient d'en estimer l'étendue avec soin et dans un esprit de modération.

Les délais de livraison seront de l'ordre d'un an, ce qui fixerait au début de 1975 les premières livraisons. Compte tenu du fait que l'ensemble des besoins 1975/1976 sera groupé en un marché unique pour chaque constructeur, nous vous demandons de nous faire parvenir un état des matériels que vous jugez indispensables....

Concernant les télémesures, la généralisation des capteurs analogiques en 1976 devenus plus performants condamne à terme les mesures impulsionnelles¹¹ et la construction de cartes d'adaptation à inclure dans les ERC en prolonge l'emploi. Ainsi, le remplacement de ces matériels est différé pour quelques années partout où il est possible de les maintenir.

Au rythme de la restructuration de l'exploitation du réseau de transport autour des PCG et de la construction de nouveaux ouvrages, l'architecture décrite par le SDART se concrétise branche après branche et, progressivement efface inexorablement suivant une planification précise associée à une coordination méthodique entre intervenants pour les liens vers le dispatching en particulier, les anciennes liaisons ERC et autres de télésignalisations. Le tableau ci dessous montre l'évolution des installations et la courbe fig.8 marque une accélération importante de la progression des postes télécommandés sur la fin de la période¹².

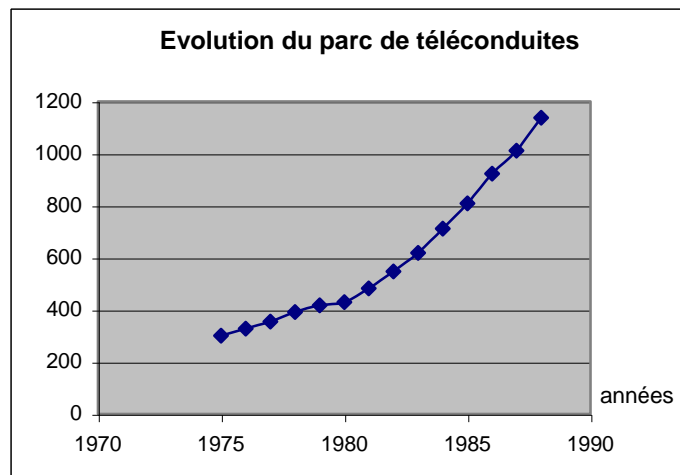
Mode de conduite	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
par télécommande	301	327	354	391	417	430	482	547	618	712	809	923	1011	1137
par téléalarme	33	39	35	37	37	44	43	45	45	41	40	38	34	34
Total	334	356	389	428	454	474	525	592	663	753	849	961	1045	1171
Total EDT	-	proto	Np	64	70	96	118	140	171	232	235	240	246	240

Np : non publié

¹¹ Ces mesures sont issues de capteurs délivrant un nombre d'impulsions proportionnel à la valeur de la grandeur à mesurer et comptabiliser par des compteurs lus au rythme régulier de 10 secondes (Cf. chapitre 7 « Vers l'automatisation de la conduite du système électrique et la télé exploitation généralisée des réseaux »)

¹² D'après les rapports annuels du service du Transport pour les années 1975 à 1985

Figure 08 : Evolution du parc de téléconduites



Dès le début des années 1980, dans un souci d'économie et de meilleure utilisation des moyens, EDF incite les constructeurs à mettre sur le marché des matériels de téléconduite de faible capacité pouvant se raccorder aux EDT et particulièrement bien adaptés à la télécommande des ouvrages appartenant aux réseaux 63 ou 90kV. A titre d'exemple, le PAS 20, proposé par les sociétés CETT et TECHNIPHONE, est capable de traiter jusqu'à 32 télécommandes, 64 signalisations simples et 8 télémesures analogiques. Quelques différences sont cependant à noter par rapport aux matériels précédemment développés : lors de leur acquisition, les signalisations ne sont pas datées. C'est à l'arrivée au PCG et par l'intermédiaire de l'EDT que l'heure leur est associée et affichée. De même, la possibilité de doublement de la voie de transmission n'est pas prévue. Ce dernier choix, confronté au terrain, se révèle un désastre. Lors des premières installations sous l'instance des exploitants qui ne veulent plus être dérangés de manière intempestive par les problèmes liés à la qualité des transmissions sur lesquels ils sont impuissants, ces systèmes évoluent très rapidement. Des palliatifs sont proposés : utilisation du réseau commuté ou tout simplement doublement des voies de transmission. Au milieu des années 1980, la société CETT propose également un équipement de substitution à son équipement ETC50 : l'ECP80 (Equipement Calculateur de Poste série 80), matériel plus moderne qui couvre, suivant les options retenues, les besoins en matière de téléconduite et de consignation d'état. Quant à la société Jeumont Schneider elle abandonne le domaine du contrôle commande pour se consacrer à la téléphonie.

Pour mener à bien cette opération de déploiement du SDART dans son ensemble, une formation spécifique, sur l'informatique industrielle, destinée à la mise à niveau des personnels est créée. Elle est complétée au niveau pratique par les stages chez les constructeurs. Jusqu'à la fin des années 1970, ce cursus obligé mobilise de nombreux agents sur des périodes importantes. Le stage théorique d'initiation à l'informatique confié alors à la société Compagnie Industrielle pour l'Informatique (CII) compte une douzaine de semaines de cours et s'étale sur plus d'un semestre. Quant à la formation sur la téléconduite, elle réclame cinq semaines par type de matériels. Mais pouvait-il en être autrement du fait de la nouveauté technologique et du caractère stratégique du projet ?

13.1.5. Un nouveau besoin : la configuration des données

Avec le développement du réseau, une difficulté nouvelle mise en évidence par la coordination des équipes impliquées lors des mises en service se profile, il s'agit de la gestion des téléinformations. En effet, chaque équipement possède son propre système de configuration de données. Pour les promoteurs du SDART¹³, il n'est pas question d'imposer aux fournisseurs une

¹³ Jean Kowal Interview du 18 juin 1999 à Paris, par les auteurs.

Jean Kowal (ingénieur de l'Ecole Polytechnique (1960) et de l'Ecole Supérieure des Télécommunications (1965) est entré à EDF à la direction des Etudes et Recherches, comme ingénieur-chercheur. Il rejoint le service du Transport en 1971 et participe aux premières réflexions sur le Schéma d'Automatisation des Réseaux (SDART). A la création du DAR il est en charge de la Division Systèmes, puis adjoint à Michel Holleville, alors chef du DAR, auquel il succède en 1978. Il est nommé chef du CERT en 1985 après avoir assuré la responsabilité d'adjoint au CRTT Est en 1984. En 1996, il devient Délégué chargé du Contrôle Commande et des Télécommunications au pôle Système Electrique et Production Régionale. Puis en 1998 il devient responsable du domaine des relations Internationales et activités nouvelles. Dégagé de ses activités à EDF en 2001, il prend la charge de Secrétaire Général du Conseil international des grands réseaux électriques (CIGRE).

quelconque contrainte dans ce sens. Chacun conserve sa propre logique interne pour traiter les données et les transmettre sous une codification la plus banale possible. Par contre, afin de conserver une cohérence d'ensemble au sein d'EDF, il est nécessaire d'unifier la gestion de ces données au plan national. Ainsi, progressivement va se concrétiser le concept de configurateur généralisé. Il est complètement défini et commandé pour réalisation en 1986. Il est livré en 1988 sur le site pilote du CRTT Alpes puis déployé dans les autres CRTT. De manière imagée, il s'agit d'un entrepôt d'informations qui va contenir toutes les données d'une région avec pour chacune d'entre elles la description de ses caractéristiques : nature, libellé d'impression, traitement à l'arrivée, adresse nationale, etc.... Par des commandes adaptées, chaque information peut être regroupée dans des listes qui caractérisent les événements issus des entités physiques (cellules lignes, transformateurs,..) constitutives des postes électriques. Depuis cette réserve régionale de données pour chaque équipement appartenant à la chaîne de transmission, les informations sont extraites, reprises et traitées par les différents configurateurs spécifiques. Au départ, toutes ces manipulations sont manuelles. Des cartes perforées sont générés par le configurateur généralisé, puis relues et traitées par le configurateur du CACQ ou de l'EDT pour élaborer la nouvelle base de données qui sera chargée dans les équipements opérationnels par l'intermédiaire d'un support adapté (lecteur de ruban, disque souple, etc....).Au cours du temps, ces manipulations s'automatisent et les transferts s'exécutent par transmission de données entre les différents configurateurs.

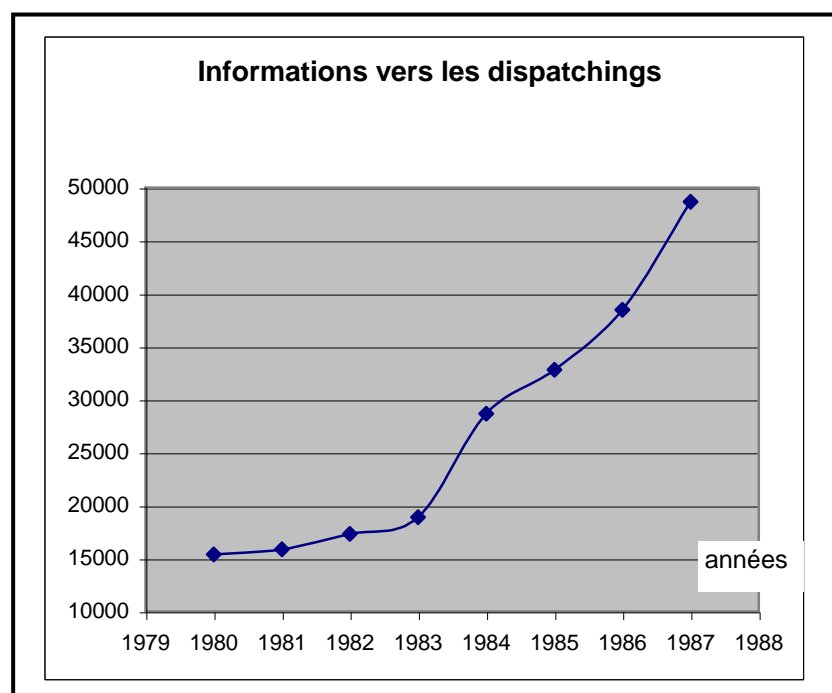
Figure.09 : Schéma de chaîne de configuration à fin 1990

Outre la nécessité d'une préparation soignée du travail et d'une coordination serrée entre les différents acteurs intervenants sur la chaîne de transmission tant pour les mises en service d'installations nouvelles que pour les interventions de maintenance ou de dépannage, une autre préoccupation apparaît au fur et mesure que l'ensemble du dispositif s'étoffe : Comment s'organiser pour contrôler le bon fonctionnement de l'ensemble et garantir la qualité de l'information transportée pour les principaux utilisateurs ? D'autant plus que le nombre des informations s'accroît de manière vertigineuse à partir 1983. En particulier celles destinées aux dispatchings comme le montrent le tableau suivant et la courbe Fig.10 :

Années	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Informations vers les dispatchings	6086*	6648*	7222*	Np	Np	15380	15885	17330	18040	28663	32821	38470	48679

* télémesures seulement
Np : non publié

Figure 10 : Informations vers les dispatchings



13.1.6. Une nouvelle organisation de la maintenance

Un collecteur d'alarmes « télécommunications » raccordé aux CACQ est mis en place dans chaque région. Il restitue des informations sur l'état de chaque liaison constituant le réseau. Leur dépouillement permet de s'assurer du bon fonctionnement de celui-ci ou d'identifier rapidement le maillon défaillant. Les premiers équipent les dispatchings de Saint Quentin en Yvelines et de Toulouse en 1985. Une organisation de la maintenance centrée sur l'équipe d'agents des Télécommunications située au dispatching, détectrice des anomalies et proche de l'utilisateur le plus concerné, s'articule dans chaque région. La disponibilité du réseau devient un indicateur de suivi et de performance pour les différentes équipes concernées. Progressivement, des statistiques mensuelles sont établies et publiées dans toutes les régions, puis collectées au plan national. Elles mesurent la qualité de l'information pour les utilisateurs et donnent des éléments d'appréciation sur la réactivité et le professionnalisme des équipes télécommunications d'intervention.

Pour les techniciens, cette période marque aussi un virage très important dans les méthodes de dépannage. L'essentiel, sur le terrain, consiste à diagnostiquer la carte (ou le sous-ensemble) en défaut, à la (ou le) remplacer par celle (ou celui) contenu(e) dans les lots de maintenance des équipements de téléconduite, de l'EDT ou du CACQ et la (ou le) retourner, la plupart du temps, chez le constructeur pour réparation. Cette manière de procéder est longtemps considérée comme dévalorisante par les plus anciens de la filière, malgré la complexité parfois de l'exercice : identifier de manière certaine et dans les meilleurs délais le module en défaut. Les lots de maintenance, les check listes de dépannage (voir en annexe 3 la check liste du TLC11), les programmes de tests et analyseurs de messages divers prennent inexorablement le pas sur les outils (fer à souder, pinces à cambrier, cales, etc....) et sur les appareils de mesures traditionnels (oscilloscopes, fréquencemètres....).

Dès le début des années 1980, la maintenance des logiciels EDT, CACQ et des divers configureurs devient une réelle préoccupation pour les responsables nationaux, d'autant plus que les régions ont besoin d'un solide appui, car impuissantes pour en traiter les anomalies. La disponibilité de ce nouveau système d'exploitation du réseau électrique est très dépendante du bon fonctionnement de l'ensemble de ces logiciels. La DER se désengage de la maintenance des programmes de l'EDT, sauf si des évolutions lourdes deviennent nécessaires, auquel cas une équipe temporaire serait remise sur pied. Quant au logiciel des CACQ, le coût proposé par SESA pour sa maintenance est jugé excessif. Face à cette situation, la création d'un département de Maintenance des Logiciels (DML)¹⁴ est décidée en 1981 par Jean Kowal alors chef du département Automatisation des Réseaux, promoteur et acteur déterminant de la mise en place du SDART. Si au départ, la mission du DML reste principalement centrée sur la réalisation de la maintenance curative, très rapidement elle déborde vers la maintenance évolutive pour satisfaire à l'implantation de nouvelles fonctions sur les CACQ comme sur les EDT et parfaire les outils de configuration. D'autres applications liées à l'exploitation du dispatching, comme l'animateur de tableau synoptique, entrent aussi dans son portefeuille d'activités. Par ailleurs, les changements de gamme d'ordinateurs avec leurs conséquences sur la pérennité des matériels, comme l'atteinte des limites de capacités nécessitent de fréquents portages des applications existantes sur de nouvelles machines. Ces opérations toujours délicates sont confiées à cette entité qui les assure jusqu'en 1992. L'évolution de l'effectif, de quatre personnes à sa création à 18 personnes à sa réorganisation, traduit l'importance de cette activité de maintenance des logiciels et la pénétration de l'informatique dans les équipements utilisés pour la conduite du réseau électrique. Au cours de cette période, en s'appuyant sur ses connaissances acquises dans les transmissions de données destinées à l'activité de téléconduite, le DML élargit également son champ de compétence vers les transmissions de données administratives en prenant en charge le raccordement des unités de la DPT sur le nouveau réseau d'entreprise RETINA (Voir chapitre 21, Les transmissions de données après 1980, une évolution structurante).

Pour le dépannage des modules, cartes et sous-ensembles électroniques, des contrats nationaux d'assistance sont signés à la fin des années 1980 avec les différents constructeurs de matériels. La gestion et le suivi de ces contrats sont confiés à un service régional dans le cadre d'une opération liée à une démarche qualité appelée « CRTT gestionnaire ». Ainsi, chaque région responsable d'une catégorie de matériel, par le biais d'un circuit de fiches navettes associées à chaque élément défectueux transmis au constructeur, est informée en amont du diagnostic ayant conduit à son remplacement et en aval des dispositions prises pour sa réparation. Ainsi, ce partage

¹⁴ Jean-Pierre Monteil en assurera l'animation jusqu'à sa dissolution en 1992, dans le cadre de la réorganisation des services centraux de la direction de la Production et du Transport.

d'expérience permet la progression de la fiabilité des matériels et l'amélioration des méthodes de diagnostic, le tout concourant à l'augmentation de la disponibilité du réseau de téléconduite. A titre d'exemple, le CRTT Alpes gère le contrat avec BULL pour les calculateurs, EDT, CACQ et autres, le CRTT Est le contrat Jeumont Schneider pour les autocommutateurs électroniques de sécurité.

13.1.7. L'origine des téléinformations : l'évolution des équipements basse tension des postes

Les installations à basse tension (BT) des postes sont également impactées au cours de cette période. Plusieurs facteurs induisent cette évolution. Le rapport annuel du service du Transport de 1974 en témoigne ainsi :

(...) Une importante évolution est en cours avec l'introduction des techniques de l'électronique et de l'informatique industrielle dans la réalisation des équipements de protection et de conduite du réseau. L'apparition des groupes nucléaires de grande puissance unitaire implique, pour assurer la stabilité de fonctionnement de l'ensemble Production-Transport, la mise en œuvre sur le réseau 400 kV d'un plan de protection sensiblement plus performant que celui qui existe aujourd'hui. Les lourds travaux correspondant essentiellement au remplacement de tous les réducteurs de mesure¹⁵ sur le réseau 400 kV et à l'installation de protections statiques en substitution des protections électromécaniques existantes, ont été entrepris en 1974. L'opération s'étalera sur 4 années.

Ce nouveau mode d'exploitation des ouvrages implique l'élaboration d'un plus grand nombre d'informations. Des répertoires élaborés par les services centraux de la DPT expriment les besoins respectifs des différents niveaux d'exploitation (définition de la nature, du nombre et du traitement des informations). Ainsi, une brochure dite saumon, traduit dès octobre 1972 les demandes des dispatchings, puis une brochure nommée blanche précise un peu plus tard, en 1973, les besoins des PCG. Paradoxalement, cette nécessaire formalisation des besoins, ne simplifie pas dans un premier temps le travail des services qui installent les équipements BT, origine des informations. En effet, les évolutions et par conséquent, la publication des documents correspondants n'est pas forcément synchrone et, sur le terrain les mises en service des installations ne vont pas sans inconvénient. Pour de nombreux chantiers, il faut rependre au tout dernier moment les configurations des équipements de la chaîne de téléconduite pour s'adapter à la situation réelle et non à celle prévue par les plans initiaux. En fait, le terrain est toujours en retard d'une version.... Finalement les besoins se stabilisent, la coordination s'améliore. En 1975, une brochure dite violette, explicite, notamment pour le réseau 400kV, de manière exhaustive mais sans pour autant se substituer aux deux précédentes, les besoins des différents intervenants dans la conduite du réseau.

Sur le plan des réalisations sur le terrain, le système "grille"¹⁶ disparaît au profit d'un type de filerie normalisée dit Ariane. Le plan de protection 1975 décidé en 1973 (voir également ci-après § 13.5) prévoit l'utilisation de deux protections de distance, la principale de type électronique, à fonctionnement rapide, associée à une protection électromécanique de secours. Son déploiement est contrarié en 1976 dès les premières mises en services par diverses défaillances sur ces nouveaux équipements. Des modifications sont apportées et les résultats escomptés sont atteints puisque 80% des défauts sont éliminés conformément aux prévisions.¹⁷ Ce plan est remanié pour améliorer la fiabilité et tenir compte de l'évolution de la structure du réseau électrique qui se développe et se complexifie. Ainsi, le plan de protection 1986 conserve la redondance des protections, mais associe des protections dont les principes de détection des défauts différent, par exemple les protections différentielles dont le fonctionnement nécessite l'échange très rapide d'information entre les extrémités de la ligne à protéger et la mise en œuvre de faisceaux hertziens.

Les consignateurs d'état, plus faciles d'utilisation avec la restitution des informations sur imprimante et de capacité très supérieure (2400 signalisations) aux enregistreurs de manœuvres et de signalisations se généralisent à partir de 1976.

L'introduction de l'électronique nécessite également un plus grand soin dans la réalisation des connexions. Tous les câbles de liaison ou d'alimentation comportent un écran conducteur dont la mise à la terre aux deux extrémités doit être soigneusement exécutée, afin de réduire les tensions induites, dangereuses pour les matériels électroniques.

Par ailleurs, l'industrialisation de la construction des installations BT dans les postes visant à une réduction des coûts se caractérise par des nouvelles méthodes et pratiques sur le terrain. Les

¹⁵ Ces dispositifs de mesure font le lien entre la haute tension et la basse tension et leur précision est déterminante.

¹⁶ Voir Chapitre 7 « Vers l'automatisation de la conduite du système électrique et la téléexploitation généralisée des réseaux ».

¹⁷ René André- Jean Ravel « Transport d'énergie et télécommunications 40 ans d'histoire d'un grand service », page 423.

armoires dites d'interface précâblées en usine accueillent les câbles à 112 quartes provenant de chaque bâtiment de relaying et qui transportent polarités et informations nécessaires au traitement des signalisations et à l'élaboration des différentes fonctions de sécurité (alarme sonore, surveillance des alimentations, etc.). Très rapidement, ces armoires sont intégrées à l'arrière du tableau synoptique dans la salle de commande. Sous l'impulsion du centre d'Équipement du réseau de transport (CERT), un palier technique, qui reprend notamment une idée de table de câblage initialement développée au CRTT Est, aboutit à partir de 1975, à une nouvelle génération baptisée BRISEIS.

Au cours du temps ces équipements, également, évoluent en fonction de la technologie (matériels de protection standard, alimentation en 48 V, etc....) puisqu'on relève successivement les paliers baptisés CYNTHIA à partir de 1984, puis DAPHNE en 1987 avec la première réalisation au poste 400/225kV de Carros.

13.1.8. L'expérimentation des calculateurs de postes

En 1973 débute au poste 400/225kV de Mézerolles sur le territoire du CRTT Paris la première expérimentation, au service du Transport¹⁸, d'utilisation d'un ordinateur industriel. Trois fonctions essentielles peuvent être confiées à un ordinateur de poste : la téléconduite, l'enregistrement chronologique des événements et les automatismes. La réunion de ces fonctions dans un même équipement laisse espérer des économies appréciables sur l'achat des matériels.

À Mézerolles le ordinateur réalise la consignation d'états et certains automatismes locaux comme les réenclencheurs et les protections à manque de tension sur la partie 225kV. En outre il dialogue à distance avec un ordinateur de même type implanté à Clamart à la Direction des Etudes et Recherches et muni uniquement d'une télétype pour imprimer les événements survenus à Mézerolles et envoyer les ordres qui aboutissent sur des organes fictifs.

La transmission point-à-point s'effectue en mode synchrone à 200bits/s. Les paquets d'informations échangées ont une longueur constante de 100 bits protégés par un octet de code cyclique. Il s'agit là d'un compromis entre le nombre d'informations transportées et le temps nécessaire pour le faire. Par ailleurs, ce ordinateur est remis à l'heure à partir du ordinateur de Clamart par la ligne de transmission. Le temps de transmission est mesuré automatiquement lors de la mise en route ou à chaque coupure de la ligne avec une précision pouvant atteindre plus ou moins une milliseconde

L'expérience est riche en enseignements. Installé avec les règles habituelles liées aux matériels électroniques, le ordinateur ne se révèle pas plus sensible que tout autre équipement de même technologie. Par contre les dispositifs de sécurité internes au ordinateur (parité mémoire, chien de garde, etc.) se montrent insuffisants pour détecter les dysfonctionnements liés au programme lui-même et oblige à introduire des contrôles supplémentaires pour tester périodiquement l'exécution des programmes appelés, déceler les erreurs éventuelles dans la gestion des différentes tables de données ou l'altération des formats des informations échangées entre les programmes.¹⁹

Trois prototypes de ordinateurs de poste sont commandés en 1975 à différents constructeurs pour être installés aux postes de Méry sur Seine, Sarrebourg et Pontchâteau. Ils doivent couvrir les trois fonctions déjà citées. Diverses difficultés, autant techniques, qu'organisationnelles et qu'humaines condamnent ces nouvelles expériences. Le ordinateur de Méry est déposé en 1982 quant aux deux autres, l'un est installé en consigne d'états, l'autre n'est pas, semble-t-il, mis en place.

13.1.9 .Les prémices d'un nouveau palier technique et d'une nouvelle relation homme-machine

Sur la fin de la période 1975-1985, la rénovation de postes siège de PCG est engagée. La solution retenue consiste à les traiter comme ces postes télécommandés classiques moyennant quelques adaptations, notamment pour ce qui concerne les renvois d'alarmes dans les logements des agents d'astreinte.

Ainsi, outre la modernisation des relayages de tranche, une liaison de téléconduite est installée dans les mêmes conditions que pour un poste asservi. Elle alimente localement le tableau synoptique et communique avec l'EDT. Au cours de ce même programme, de nombreuses salles de commande

¹⁸ Il se déroule à la même époque une expérience semblable dans un ouvrage HT/MT de la Distribution dans la région parisienne à Itteville.

¹⁹ Automates câblés et programmables, systèmes de téléconduite : travaux et expériences EDF RGE—Tome 85-N°1—Janvier 1976.

de PCG sont rénovées en s'attachant à obtenir un aménagement ergonomique des différents outils constituant le poste de travail mis à la disposition des exploitants.

Fin 1984, les résultats d'une réflexion sur l'organisation des PCG à l'horizon 1990 sont publiés par le service du Transport. Les chefs de CRTT sont engagés à préparer dans les meilleurs délais l'ultime évolution de l'exploitation du réseau électrique initialisée par le SDART, en intégrant en particulier la réduction de la fonction « conduite » que devrait impliquer la création des CRC²⁰ et l'évolution des méthodes et outils de conduite et d'entretien des installations.

Dans ce contexte, en 1985, les études pour le développement d'une console à écran cathodique pour la téléconduite des postes depuis les PCG sont initialisées avec pour objectif de mettre en service quelques prototypes industriels en 1987. En fait, un premier ensemble de deux consoles de conduite, nouvel outil de PCG pour la conduite et la surveillance des installations, est mis en service début août 1988 au PCG de Grisolles sur le territoire du CRTT Sud-est, puis une vingtaine de sites est équipée à partir de 1989. Cette expérience qui reste au demeurant localisée annonce le prochain palier de téléconduite avec l'utilisation d'écrans graphiques qui se substitueront progressivement aux tableaux synoptiques pour exécuter les manœuvres sur le réseau²¹.

Une autre innovation est également à souligner. Elle concerne la mise au point et le début du déploiement d'un automate programmé, l'automate de contrôle de manœuvre des sectionneurs, (ACMS) implanté soit sur les téléconduites du type ECP80, soit sur les consoles de conduite ou enfin sur les EDT. Ce logiciel contrôle, avant d'autoriser la manœuvre en télécommande d'un sectionneur que les disjoncteurs, auxquels il est associé, sont bien ouverts et permet ainsi de se prémunir du risque d'accident par ouverture d'un sectionneur en charge.

13.2. L'impact de l'évolution des équipements des dispatchings sur l'activité télécommunication

La mise œuvre du SDART conduit à une évolution vers la conduite centralisée des installations et impose également une automatisation toujours plus poussée des moyens mis à la disposition des dispatcheurs pour qu'ils puissent tirer le meilleur parti de toutes les composantes du système électrique. Pour parvenir à cet objectif des progrès sont à réaliser aux différents plans :

- de l'organisation avec une clarification du rôle de différents acteurs,
- de la prévision par la recherche d'une optimisation de l'utilisation du réseau et des moyens de production en fonction de la demande,
- de la réactivité face aux aléas, par une amélioration de la connaissance de l'état du réseau associé à des moyens d'action quasi immédiat et en temps réel
- enfin de l'analyse du passé dont les enseignements doivent permettre d'améliorer la qualité de l'ensemble du service.

Pour ces différents projets, les équipes télécommunications des CRTT sont sollicitées et leurs expertises mises à contribution tant pour les réalisations que pour les opérations de maintenance. La participation des équipes régionales dans la rénovation ou le déménagement des dispatchings est déterminante. Durant cette période tous les dispatchings ont subi des rénovations plus ou moins importantes. Trois ont changé de site (Paris, Toulouse, Nantes) et pour les autres des situations spécifiques (rénovation des salles de commandes, extension des locaux) ont conduit à la mise en place d'installations provisoires pour garantir la continuité de l'exploitation. Pour les services régionaux des Télécommunications, la plupart de ces travaux sont à exécuter sans coupure. Ce qui demande une importante préparation et une coordination du travail et une disponibilité accrue pendant les phases cruciales de réalisation. Une grande tension est alors naturellement perceptible chez tous les acteurs, dispatcheurs comme techniciens des télécommunications

13.2.1. Le réseau SGEP (Système de Gestion Energétique Prévisionnelle)

Figure 11 : Schéma synoptique du réseau SGEP

Non proprement dit un véritable réseau, c'est une application de gestion prévisionnelle²² qui s'appuie pour l'essentiel sur le réseau à vocation scientifique et technique, Mercure, décrit au chapitre 17, « Transmissions de données : de nouveaux horizons ? »

²⁰ Cf. Chapitre 20 « Automatisation du Système : Téléconduite 2000 ».

²¹ Cf. Chapitre 20 « Automatisation du Système : Téléconduite 2000 ».

²² Globalement dans le SGEP on distingue plusieurs cycles de prévision:

- Le cycle moyen terme : relatif aux années n+1 à n+ 5, il concerne la recherche des contraintes de réseaux, la définition des règles d'exploitation, aux prévisions d'emploi des moyens de production et par conséquent à l'approvisionnement des combustibles.

- Le cycle annuel : relatif au planning d'entretien, aux contraintes de réseaux, aux besoins en combustibles....

Conçue en 1972 et progressivement déployée partir de 1975 sur les sites, chaque dispatching dispose d'un terminal «lourd » constitué par un calculateur Mitra 15 relié :

- d'une part localement au calculateur CII-90-40 par une jonction dite «passerelle»
- et d'autre part au travers du réseau Mercure aux ordinateurs de traitement (IBM370-68) de la Direction des Etudes et Recherches implantés sur le site de Clamart.

Par ailleurs, deux consoles écran-clavier complètent la configuration. Elles autorisent l'accès direct en mode conversationnel aux calculateurs de traitement. Chaque région peut ainsi faire appel aux puissantes ressources informatiques du centre de Clamart pour exécuter les prévisions de gestion du réseau dépendant de sa zone d'action.

La contribution des équipes télécommunications est relativement modeste, travaux de câblage, préparation des voies de transmission, mise en service des modems dans un premier temps, puis maintenance matérielle des équipements terminaux et des circuits de transmission.

13.2.2. La maintenance des calculateurs de traitement

a) La reprise de la maintenance des CII 90-40

Les calculateurs de traitement 90-40²³ 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 dans 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.

A 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 Kilo mots 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 Gesvrine 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 été interrompu.

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

Le remplacement des 90-40 par les systèmes SIRC²⁴ 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

- Le cycle hebdomadaire : définissant la politique des moyens de production sous contraintes réseaux...

- Le cycle journalier : fournissant le plan optimal des programmes des moyens de production du jour suivant...

C'est au moyen de modèles mathématiques alimentés par des données périodiquement relevées sur l'ensemble du système électrique qu'à partir de nombreuses simulations les programmes d'utilisation optimale des moyens de production sont déterminés en fonction des contraintes induites sur le réseau de transport.

²³ Cf. Chapitre 7 « Vers l'automatisation de la conduite du système électrique et la téléexploitation généralisée des réseaux. »

²⁴ Un SIRC est constitué d'un ensemble doublé de mini calculateurs, 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 1024 kmots de 16 bits

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 SYSDIC²⁵.

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

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'énergie²⁶ 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).

13.2.3. L'évolution des systèmes de réglage

a) Le réglage secondaire de la tension²⁷

La tension, comme la fréquence, constitue l'un des paramètres communs aux différents acteurs du réseau électrique, producteurs, réseaux de transport et 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 journalièrement 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 micro- réseau de la direction des Etudes 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.

En 1978 le département Automatisation des Réseaux se charge de l'étude, de la définition des équipements nécessaires et des marchés d'approvisionnement correspondants. Le déploiement débute en 1979 et s'achève en 1984.

Le territoire est découpé en plusieurs zones de réglage. Sur le terrain, il s'agit en fait de construire pour chaque zone de réglage retenue par le service des Mouvements d'énergie un asservissement comprenant deux boucles de régulation, l'une implantée au dispatching régional et l'autre locale au niveau de chaque groupe de production participant au réglage. Ainsi, au dispatching un automate élabore un niveau significatif de l'écart de tension mesuré à un point pilote par rapport à une valeur de consigne et lié à la production de puissance réactive de chaque groupe destinataire de ce niveau. Pour chaque groupe de production un récepteur délivre le niveau à injecter dans la boucle de régulation locale.

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.

²⁵ Le SYDIC 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.

²⁶ Convention SME-ST sur « le système d'information des dispatchings » du 12 juillet 1985 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.

²⁷ CIGRE session de 1972 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 RAVEL.

Outre les travaux d'ingénierie pour la mise en place des équipements, les équipes télécommunications régionales interviennent pour la transmission du niveau et des télémesures de tension issues des points pilotes, ainsi que la réalisation des essais et la maintenance des constituants du système et des circuits de transmission.

Figure 12 : Télé réglage secondaire de tension

b) Le réglage secondaire de la fréquence

Au cours de la période 1975-1985, le niveau de télé réglage (Voir Chapitre 1 Naissance d'une fonction : conduite à distance et exploitation « à la voix » du système électrique) quitte son réseau de voies transmissions originel pour transiter par le réseau TTR. Dans chaque dispatching régional, il est restitué par les CACQ au travers de convertisseurs numériques analogiques qui alimentent les platines locales.

13.2.4. Rénovations et installations complémentaires

a) La visualisation des informations

La mise en place progressive des liaisons EDT- CACQ, la création de nouveaux ouvrages de transport, et les nouveaux besoins d'informations concourent à l'inadaptation des moyens de visualisation, en particulier de ceux des télésignalisations sur synoptique au dispatching régional. Ainsi, l'animateur de tableau synoptique va se substituer aux équipements du palier INFCO. Il s'agit d'un calculateur de type SOLAR 16-40, adressant des paniers de cartes à relais alimentant les lampes ou les diodes électroluminescentes sur le panneau synoptique dans la salle de commande. Il est relié aux CACQ par l'intermédiaire d'une liaison de type télétype à boucle de courant à 4800 bits/s. Avec un système de configuration spécifique, une logique d'affichage choisie parmi une dizaine de possibilités est retenue pour chaque information à visualiser en fonction des besoins des dispatcheurs. Cet équipement, conçu par SESA, peut également restituer des télémesures issues des CACQ pour les afficher ou les enregistrer au travers d'une interface adaptée appelée : ATMAN : Animateur de Télémesures Analogiques et Numériques

b) La télécommande directe d'ouvrage de production

Durant cette période une série d'ouvrages de production va être directement télécommandée depuis les dispatchings régionaux. Il s'agit de centrales de production hydraulique, comme Revin ou Vieux-Pré dans l'Est ou des turbines à gaz dans l'Ouest, Brennilis, Dirinon, etc.... Les équipements mis en œuvre sont analogues à ceux utilisés sur le réseau de transport avec les fonctionnalités adaptées comme celle de la transmission de valeurs de consigne.

c) La modernisation des installations téléphoniques

Les dispatchings comportent, en plus de l'autocommutateur de sécurité, des pupitres d'exploitation permettant de superviser en permanence l'état des liaisons du réseau de sécurité qui leur sont raccordées. Via ces pupitres, les dispatcheurs peuvent également appeler directement leur correspondant sur ces circuits sans passer par l'autocommutateur de sécurité. Par ce truchement, ils bénéficient d'une priorité locale (parfois même à distance) et ont la possibilité en cas d'urgence d'entrer en tiers sur les lignes et circuits occupés, avec toutefois un signal d'intervention superposé. Par ailleurs, en cas de panne totale de l'autocommutateur (ce qui est relativement rare), ils peuvent néanmoins continuer à poursuivre leur mission. Le pupitre autorise également d'effectuer exceptionnellement une ou deux interconnexions entre lignes inter automatiques. Du fait des facilités de passage d'un circuit sur l'autre, un seul combiné téléphonique est équipé par position d'opérateur. Des boutons-lampes de prise de ligne à indicatif préétabli (émission automatique du numéro d'appel sans manœuvre de cadran ou de clavier) équipent la plupart des pupitres, ce qui facilite l'exploitation. Ces matériels se modernisent avec l'évolution technologique : électronique, puis informatique. De nouveaux pupitres téléphoniques construits au début des années 1985 font profiter les dispatchings des dernières nouveautés en la matière. Le semi-autocommutateur CPM 128 de Techniphone qui utilise un réseau local pour véhiculer les informations entre les pupitres répartis dans la salle de commande et l'unité centrale située dans les salles techniques proches de l'arrivée des lignes téléphoniques illustre cette évolution.

d) Les dispatchings de repli²⁸

Pour pallier une indisponibilité prolongée d'un dispatching régional à la suite d'un événement grave comme par exemple un incendie, il est décidé de réaliser des dispatchings régionaux de repli (DRR) dont les principes et moyens d'exploitation sont décrits dans une note de doctrine de 1985.

²⁸ Eléments extraits de la Note du service du Transport DAR D651/87-71 du 27 juillet 1987 mise à jour le 28/01/1988
Page 22 sur 36

Cette exploitation depuis le DRR repose sur l'utilisation d'un tableau synoptique réduit et du minimum requis en moyens de téléconduite et de téléphonie.

Dans ce but, le DRR dispose de moyens techniques implantés à demeure. L'installation doit, par ailleurs être conçue pour recevoir en différé des équipements complémentaires afin d'enrichir les moyens d'exploitation en cas de repli prolongé.

C'est ainsi que sont installés à demeure les différents équipements :

- Un CACQ non doublé avec sa périphérie comprenant :
 - une platine de relance automatique,
 - les moyens de connexion aux deux voies des EDT, l'une passant à demeure par le site de repli, l'autre pouvant y être rapatriée de manière différée,
 - Les moyens de connexion au réseau TTR,
 - Un animateur de tableau synoptique de configuration identique à celui du dispatching principal.
- Un tableau synoptique réduit, sous-ensemble de celui du dispatching principal
- Une platine de recopie du Niveau du réglage Fréquence/Puissance et les émetteurs associés.
- Les équipements de téléphonie semblables à ceux du dispatching principal, soit :
 - un autocommutateur raccordé au réseau téléphonique de sécurité HF (Matériel Jeumont Schneider JISTEL 128),
 - un semi-autocommutateur avec autant de poste opérateurs que sur le site principal (Matériel Techniphone CPM128).

Pour accueillir en cas de nécessité, des matériels complémentaires, les sources d'alimentation sont dimensionnées pour répondre à cette hypothèse. De même, tous les câbles d'alimentations et de liaisons sont préalablement installés pour réduire les délais de mise à disposition.

Cette nouvelle installation fait l'objet d'essais périodiques pour garantir le bon fonctionnement du dispositif.

Figure.13 : Equipements du dispatching de repli

Figure 14 : Dispatching de repli, basculement du réseau téléphonique de sécurité

13.3. La téléconduite à la Production hydraulique

13.3.1. Les premiers postes de conduite

Au cours de la période 1974/1985, les automatisations intégrales des centrales hydrauliques, avec suppression des services de quart, se poursuivent et bénéficient de l'arrivée des calculateurs pour traiter les cas complexes. Le premier ordinateur T2000 de Télémécanique est mis en place par le GRPH Rhône pour la conduite de l'usine de Seyssel et le service de quart est supprimé en avril 1972. Parallèlement, le développement par le service du Transport de nouveaux équipements de téléconduite, à base de microprocesseurs : ETC 50 de CETT et TLC11M de Jeumont Schneider, permet la mise en place des premiers postes centralisés de conduite :

- Postes de Surveillance Hydraulique (PSH), pour l'exploitation des usines de basse chute
 - Pour le Rhin : **Poste de Sécurité du Rhin (PSR)** à Kembs en 1977,
 - Pour le Rhône : **PSH de Châteauneuf-du-Rhône** en 1978.
 - Plus tard, le **poste de conduite centralisée de Génissiat** est mis en service pour les usines du Haut Rhône (1983).

Le Poste de Sécurité du Rhin (PSR)²⁹ a pour mission fondamentale d'assurer le contrôle permanent de la régularité d'écoulement du fleuve : continuité du débit et respect des niveaux d'eau, conformément aux obligations des concessions des chutes et notamment la sécurité des riverains et de la navigation sur cette voie d'eau internationale. Il est possible, à la demande des Mouvements d'énergie, d'exécuter des "éclusées" permettant un certain transfert d'énergie d'heures creuses en heures pleines. Dans les années 80, pour faire face à l'insuffisance de la bande de réglage, un terme de télé-régulation puissance-fréquence a même été superposé en régime normal, cette disposition sera supprimée, quelques années plus tard, à cause des oscillations de niveau qui se produisent, dans certaines configurations de faible débit, à la sortie des dernières usines. Le PSR est mis en service à partir de 1976 dans les locaux de l'usine de Kembs. Il est, à l'origine, constitué d'un ordinateur T 2000/20 de Télémécanique, doublé en 1982 par un autre de même type pour assurer la redondance du système. Un des ordinateurs est actif tandis que l'autre le surveille et peut devenir actif à sa place en cas de besoin.

Les ordinateurs sont reliés aux automatismes, en général de type électromécanique, de chaque usine par l'intermédiaire d'équipements ETC 50 de CETT et de liaisons utilisant les câbles privés

²⁹ Philippe Laurençon, "La téléconduite des usines du Rhin", *La Houille Blanche*, n° 2-1991, pp 123-128.

posés le long du Rhin. Il fonctionnera jusqu'en 1990, date de son remplacement par l'actuel PHV Rhin.

Photo 15 : PSR de Kembs (extrait de l'Histoire du SPH)

- Postes de Commande Hydraulique (PCH), pour la télécommande des usines importantes avec réserve (usines de lac), pour satisfaire les besoins du réseau :
 - La création d'un **poste de commande hydraulique à Brive** pour télécommander les usines de la Truyère et de la Dordogne est décidée en 1971. Sa mise en service s'est échelonnée jusqu'en 1978, au rythme des automatisations. La télécommande concerne 22 groupes pour une puissance de 2850 MW. Comme ce PCH de Brive n'est pas équipé de calculateurs de supervision, les traitements comme celui du téléajustage sont implantés dans les équipements de téléconduite. Son remplacement est prévu à partir de 2001.
 - Le **poste de commande hydraulique de Lyon** est alors le poste le plus important. Installé dans la salle du dispatching de Lyon, il prend en charge les usines des Alpes du Nord, regroupant la conduite de 14 usines et fournissant 2970 MW. Il utilise un ordinateur Mitra 15-35 (doublé pour assurer la continuité du service) jouant le rôle de supervision et d'aide à l'opérateur. Mis en service de 1976 à 1978, il reste opérationnel jusqu'en 2000, où il est remplacé par un Poste Hydraulique de Vallées de seconde génération.

Photo 16 : PCH de Lyon (extrait de l'Histoire du SPH)

Pour ces premiers postes, les liaisons avec le dispatching restent téléphoniques ou directes comme à Lyon, tandis que les liaisons entre les usines et les postes de conduite s'effectuent en mode asynchrone à des vitesses comprises entre 50 et 200 bauds, la situation demeure à l'économie des voies de transmission.

Toutes ces opérations sont menées avec la contribution des services Télécommunications des CRTT qui assurent la mise en place des liaisons de télétransmission et des systèmes de téléconduite pour le compte des GRPH. En général, les relations sont bonnes, voire excellentes comme à Lyon et à Brive.

Cependant, le monopole interne du Transport dans les télécommunications est parfois ressenti comme aussi rigide que celui pratiqué alors par les PTT et quelques frictions locales ont lieu, notamment pour les premiers équipements de téléconduite (ETC 50 de CETT) du PSR de Kembs. Finalement le GRPH Rhin installe et assure la maintenance de ces premiers équipements ETC 50, jamais reconnus par le service du Transport. Les services centraux de l'Hydraulique et du Transport, convaincus de l'intérêt de cette coopération, doivent alors intervenir pour calmer les esprits !

L'étude et la réalisation du Poste Commun (Hydraulique et Transport) de Commande (PCC) de Sainte-Tulle sont effectuées à la fin des années 70. Il est mis en service en 1981, pour remplacer les deux tableaux centralisés de conduite des basse et moyenne Durance. Réalisé en commun entre le GRPH Méditerranée, pilote du projet, et le CRTT Sud Est, ce PCC assure à la fois les fonctions de PCH et celles d'un Poste de Commandes Groupées pour les postes de transport accolés.

Le PCC de Sainte-Tulle apporte une valorisation très importante pour le système électrique de la chaîne de la Durance : 1950 MW, c'est à dire l'équivalent de deux tranches nucléaires peut ainsi être mobilisé en quelques minutes sur demande du dispatching.

La réalisation du PCC de Sainte-Tulle est conduite à partir des principes suivants :

- Découpage de la chaîne Durance-Verdon en une série de 8 files, constituées chacune d'une usine « tête de file » située à l'aval immédiat d'un réservoir, même de faible capacité et "d'usines de file" reliées à la précédente par un ouvrage sans capacité intermédiaire utilisable,
- Hiérarchisation des fonctions :
 - * Action élémentaire générée par l'automate dans chaque usine qui turbine les débits selon des diagrammes fixés, en choisissant le nombre de groupes nécessaires,
 - * Coordination de la conduite synchrone de l'ensemble des files et surveillance des retenues intermédiaires assurées par le système de conduite centralisé qui pilote les automates locaux,
 - * Supervision assurée par le chef de quart du PCC qui peut, à tout instant, contrôler le système et intervenir si nécessaire.

Photo 17 : PCC de Ste Tulle, décomposition des tâches d'un PA

- **Manœuvre des organes de raccordement** (disjoncteurs et sectionneurs) au réseau de transport depuis le PCC,
- **Architecture informatique** organisée autour de dix huit postes asservis (PA) calculateurs, reliés aux deux calculateurs du PCC par deux voies distinctes. Les calculateurs du PCC échangent des

informations avec le dispatching de Marseille par une liaison doublée de type Poste de Commande Groupée (PCG-CACQ).

En marche diagrammée le turbinage de la Durance et du Verdon est calqué demi-heure par demi-heure sur la consommation nationale ou régionale et peut superposer le télé réglage fréquence-puissance venant du dispatching national. Ce système fonctionne depuis vingt ans, transformant la Durance et le Verdon en une immense centrale de lac depuis Serre-Ponçon et Ste Croix.

La nouvelle loi de réglementation du secteur électrique français, votée en 2000, et qui implique la séparation des activités de production et de transport conduit à la sortie du PCC des fonctions de télécommande des postes de la Durance, dès lors reprises par un nouveau PCG créé à Sainte-Tulle par Réseau de Transport d'Electricité (RTE)

Photo 18 : PCC de Sainte-Tulle (extrait de l'Histoire du SPH)

13.3.2. Le renvoi d'alarmes

L'automatisation des centrales hydrauliques et leur exploitation depuis un poste centralisé, amènent une configuration de l'exploitation différente de la précédente : désormais les domiciles des agents sont éloignés des centrales hydrauliques, il n'est plus possible de transmettre par des liaisons directes les alarmes aux domiciles des agents d'astreinte. La période 1974/1980 est celle de l'apparition d'un nouveau système de renvoi d'alarmes parlées, étudié par le département Télécommunications du Transport pour le compte de la Production hydraulique : le Diffuseur d'Alarmes Parlées Hydraulique, plus connu sous le nom de DAPH.

Le DAPH comporte un boîtier mural, installé à la centrale tête du groupement d'exploitation, les domiciles sont reliés à cette centrale uniquement par des lignes téléphoniques, généralement louées au PTT et ces lignes passent en coupure dans le boîtier DAPH. Toutes les alarmes et défauts centralisés à la centrale tête du groupement provoquent l'appel téléphonique de l'agent d'astreinte qui, après avoir décroché, entend, en clair, l'annonce du défaut correspondant. Les messages correspondant à chaque alarme sont enregistrés sur un magnétophone électromécanique à 23 pistes. Outre ces 23 alarmes parlées, l'appareil prévoit de nombreux cas d'exploitation, résumés sur le synoptique ci-joint :

Figure 19 : schéma synoptique général du DAPH

- Deux niveaux d'astreinte peuvent être sollicités : le surveillant puis le second niveau d'astreinte de la centrale. En cas d'absence de réponse de ces deux niveaux, une alarme générale est déclenchée qui sonne tous les postes téléphoniques reliés au DAPH,
- L'acquit automatique des alarmes dites "silencieuses" qui ne nécessitent pas le déplacement d'un agent,
- L'interrogation à distance, par téléphone, pour connaître les alarmes présentes, par le DAPH qui s'assure ainsi de la permanence des circuits entre la centrale et les domiciles. En cas d'interruption, le boîtier de surveillance émet une sonnerie au domicile de l'agent pour lui signaler le défaut de la liaison,
- La temporisation variable d'une alarme de "temps de trajet", armée par téléphone lorsque l'agent s'éloigne pour une intervention, par exemple au départ de son domicile ou de la centrale tête de groupement vers une centrale satellite,
- La transmission des alarmes par le réseau radio EDF.

Les débuts du DAPH à la Production hydraulique sont laborieux, aussi bien pour des problèmes techniques que de modes d'emploi : certains exploitants ont parfois préféré aller coucher à la centrale de tête de groupement plutôt que de subir les reproches familiaux causés par les appels intempestifs de "ce maudit DAPH", comme ils le nomment au cours de leurs communications téléphoniques pleines de reproches aux "parisiens" qui l'ont inventé ! Avec le temps, les problèmes du DAPH sont résolus, avec aussi l'aide des progrès techniques, le magnétophone à pistes ayant été remplacé par un appareil statique, dénommé DAP.

A partir de 1983, pour résoudre le problème du renvoi des communications téléphoniques, le diffuseur d'alarmes parlées est complété par un Automate de Transfert Téléphonique sur Lignes Analogique (ATTALA), fourni par le même fournisseur, Degréane, que les DAP.

13.3.3. L'apport des télécommunications

L'arrivée de l'informatique industrielle permet de réaliser des fonctions d'automatisation plus complexes, notamment pour la conduite des évacuateurs de crue des aménagements de basse chute.

La collecte d'informations à l'amont, au moyen d'équipements de transmission de petite capacité sur voies téléphoniques, apporte une amélioration dans l'application des consignes de crue. Les

principales réalisations vont concerner les barrages du Rhône, du Rhin et de Malause/Golfech situé au confluent du Tarn et de la Garonne.

Figure 20 : Golfech

Figure 21 : Golfech : schéma général de la configuration

En 1968, un décret interministériel, suite à la rupture, en décembre 1959, du barrage de Malpasset (maître d'ouvrage : département du Var), prescrit les mesures pour assurer la sécurité des populations à l'aval des grands barrages. La mise en œuvre de ces plans d'alerte en cas de rupture des barrages de plus de 20 m de hauteur, se traduit par la mise en place de 1970 à 1975 de dispositifs d'alerte d'une part des autorités (pour prendre les dispositions de sauvegarde), et d'autre part des populations (sirènes dans la zone dite "du premier quart d'heure", en cas de rupture imminente ou effective). A ce jour, ces dispositifs n'ont heureusement pas eu à fonctionner, sauf pour les essais périodiques. Des locaux de surveillance utilisés en cas d'alerte, avec vue dominante sur le barrage, sont aménagés dans une zone hors d'atteinte en cas de rupture de l'ouvrage. Les sirènes sont déclenchées, par des liaisons spécialisées non accessibles à l'onde de submersion, depuis ces locaux de surveillance qui sont également équipés d'une liaison directe avec la Préfecture pour l'alerte aux autorités. La mise en place de ces dispositions est réalisée conjointement par les services de la Production hydraulique et du Transport pour les télécommunications. Du point de vue des télécommunications, cet exemple résume par lui-même les besoins spécifiques du domaine hydraulique :

- Environnement rural,
- Isolement des installations,
- Déficience ou absence du réseau téléphonique public.

Figure 22 : Sirène d'alarme et armoire de commande (extrait de l'Histoire du SPH)

13.3.4. 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 Electricité 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.

sur site a lieu en octobre 1987, la réception provisoire un an plus tard et, après un fonctionnement satisfaisant en parallèle avec le service de quart, ce dernier est supprimé le 18 juillet 1988.

Le système de conduite de l'usine³⁰ est constitué selon une architecture décentralisée, 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.

Figure 23 : Synoptique du système de conduite de La Rance

L'optimisation du fonctionnement de la Rance est effectuée sur les ordinateurs du centre de calcul de la Direction des Etudes 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.

Figure 24 : Usine marémotrice de la Rance (photothèque EDF et photo J. Lecouturier)

Après la création du Réseau de Transport d'Electricité (RTE) en 2000, l'exploitation de l'usine de la Rance est revenue chez le producteur EDF, les automatismes de conduite mis en place en 1987 ont été conservés, même si les principes d'exploitation eux-mêmes ont pu évoluer en fonction du marché de l'électricité.

30 J. Lecouturier and M. Rodier, Tidal power station experience at La Rance, IEE winter power meeting, New York, February 3-7 1991.

13.3.5. Les Postes Hydrauliques de Vallées

À partir du retour d'expérience sur le fonctionnement des postes de conduite et de surveillance en service et plus particulièrement le PCC de Sainte-Tulle, le SPH adopte en 1982 les principes généraux pour les futurs postes de conduite, dénommés Postes Hydrauliques de Vallées (PHV) :

- Un PHV constitue une synthèse entre les PCH et les PSH précédents,
- Les PHV sont en priorité conçus pour assurer la marche des centrales téléconduites, quelques centrales téléprogrammées peuvent y être raccordées pour accroître leur souplesse,
- La conduite des postes est, par principe du domaine du service du Transport,
- La gestion pour les besoins du système électrique est toujours de la responsabilité des dispatchings,
- Les groupements d'usines sont avertis des incidents par un système d'alarme indépendant.

Figure 25 : Système Régional de conduite de la DPT

Sur le plan technique, les options suivantes sont retenues :

- Une standardisation de la structure, des matériels et des logiciels de base, est nécessaire pour éviter des études préalables lourdes et répétitives,
- La hiérarchisation des équipements : calculateurs locaux coordonnés par un système central bi-calculateur.

Figure 26 : Schéma de la structure redondante d'un PHV

Dans le cadre de sa mission de nœud d'information, le PHV est aussi chargé de la centralisation des données hydrométéorologiques destinées aux calculs d'apports en eau. À cette fin, chaque PHV est relié au système "SCHTROUMPH"³¹, développé et installé par la division Technique générale du service de la Production hydraulique. Ce système utilise parfois des liaisons par satellite (Argos ou Météosat) pour rapatrier les informations isolées.

Les équipements de téléconduite des PCH et des PSH sont donc supprimés et les procédures de transmission (HNZ 66 développée par la DER) sont implantées directement dans les calculateurs de conduite. Leur développement est piloté par les hydrauliciens. Les prestations des services Télécommunications des CRTT sont alors limitées à la fourniture des supports de liaison du réseau de sécurité et à la qualification de l'interface avec le CACQ du dispatching.

Les premières réalisations mettant en œuvre ces principes, ont vu le jour entre 1990 et 1992 :

- Le PHV de Kembs qui remplace le précédent PSR.
- Le PHV de Bourg d'Oisans qui commande principalement Grand'Maison,
- Le PHV du Pouget qui commande et surveille la chaîne du Tarn,
- Le PHV de St Michel de Maurienne qui commande la chaîne de l'Arc.

Il faut également signaler la mise en service de deux postes de conduite n'appartenant pas à cette génération :

- Le Poste de Surveillance de Pizançon pour la Basse Isère,
- Le Poste de commande de Sabart, qui regroupe la télécommande des centrales des Pyrénées (Pragnères, Gèdre, Orlu, l'Hospitalet-Mérens, Portillon...).

Figure 27 : PHV de Saint Michel de Maurienne (extrait de l'histoire du SPH)

13.4. Les réseaux d'alerte : plans de sauvegarde du réseau, la contribution des télécommunications

Au cours des années 1960 le département Télécommunications a été sollicité pour concevoir un système de transmission capable de transmettre avec grande sécurité des ordres de délestage de la clientèle dans des situations critiques pour la stabilité du système électrique (Voir chapitre 7, Vers l'automatisation de la conduite du système électrique et la téléexploitation généralisée des réseaux.). Une expérimentation a lieu en Bretagne au début des années 1970, mais elle ne sera pas généralisée.

13.4.1. Le plan de sauvegarde en 1979

A la suite de l'incident du 19 décembre 1978 qui aboutit à l'écroulement du réseau électrique et à la paralysie quasi totale du pays pendant plusieurs heures, il est décidé, pour tenter d'éviter le renouvellement de ce type d'incident généralisé, de mettre en œuvre un dispositif dit "plan de

³¹ Système de Collecte Horaire et de Traitement de Réseau par Ordinateur Utilisé pour la modification et la Prévion de l'Hydraulicité.

sauvegarde". La filière Télécommunications du Transport est chargée en urgence de concevoir et de déployer pour l'hiver 1979-1980 un système de transmission d'ordres simples permettant d'alerter depuis le dispatching national via les dispatchings régionaux tous les acteurs du réseau : centres de production, PCG, centres de Distribution. Le système doit être simple et mis en place rapidement. Des récepteurs d'ordres sont ainsi installés dans ces points stratégiques et suivant l'ordre reçu une ou plusieurs manœuvres doivent être exécutées conformément à des consignes préalablement établies entre les différents acteurs. A l'origine pour la première campagne quatre ordres sont retenus :

- ◆ blocage régleur des transformateurs³²,
- ◆ baisse de la tension de 5%,
- ◆ délestage seuil 1 (20% de la puissance),
- ◆ délestage seuil 2 (40% de la puissance).

Le boîtier récepteur comporte, la possibilité d'un cinquième ordre et une position d'essai pour s'assurer par des essais du bon fonctionnement de l'ensemble. Il délivre une information significative (allumage de voyant et boucle d'alarme) de l'arrivée d'un ordre ou d'un défaut affectant la transmission (absence de signal sur le circuit de transmission ou défaut de redondance). Le mode de transmission employé consiste à envoyer un signal permanent modulé en fréquence et protégé par un code détecteur d'erreur garantissant la sécurité de transmission requise pour chaque ordre. Dans ce premier système unidirectionnel la réception d'un ordre ne nécessite pas, de la part de l'opérateur local, un acquit de confirmation destiné à l'émetteur de l'ordre.

Cette absence d'acquit en retour et le nombre limité d'ordre offert par ce dispositif conduisent à son remplacement par des matériels plus performants, en accord avec l'amélioration corrélative du concept de sauvegarde du réseau. Avec ce premier plan de sauvegarde il s'agit en effet plus d'actions curatives à exercer sur le réseau électrique, allant parfois pour les plus radicales jusqu'à la coupure de certaines catégories de clients, que de prévenir véritablement de telles situations.

13.4.2. Le Réseau d'Alerte, de Sauvegarde en Situations Critiques (RASCQ) en 1984

Les améliorations portent, avec la mise en œuvre du Réseau d'Alerte, de Sauvegarde en Situations Critiques (RASCQ), plus sur la prévention afin de retarder autant que possible à la solution extrême de délestage. Plusieurs actions sont entreprises. Pour les centrales de production thermiques, nucléaires et hydrauliques, ce plan prévoit aussi, outre des ordres, la transmission depuis leur dispatching régional de rattachement d'informations sur la situation du réseau électrique et des consignes correspondantes en termes de production.

Parmi les informations et les ordres on relève entre autres :

- ◆ appel urgent,
- ◆ situation critique,
- ◆ incident généralisé,
- ◆ passage à puissance maximale,
- ◆ alerte générale,
- ◆ délestage imminent,
- ◆ atteinte du service d'exploitation minimum lors de grève.

Le matériel utilisé dérive des systèmes de télétransmission de petite capacité PAS20³³ connus des services Télécommunications pour lequel un logiciel approprié RASCQ est conçu et déployé sur des équipements ce type, installés dans toutes les centrales de production impliquées. Chaque ordre ou information fait l'objet d'un acquit depuis un boîtier disposé sur le pupitre de commande de chaque centrale et consigné en retour sur imprimante au dispatching.

Pour les clients le souhaitant et dont le processus industriel le permet, EDF offre l'établissement du tarif particulier appelé EJP (Effacement Jour de Pointe) pour un effacement d'une partie de leur consommation pendant un nombre de jours prévus et annoncés à l'avance durant la période allant du 1^{er} novembre de l'année N au 31 mars de l'année N+1, en contre partie de conditions tarifaires nouvelles. Entre ces clients nationaux et les sièges des dispatchings régionaux un réseau de télécommunications est établi pour acheminer l'ensemble des ordres relatifs à la mise en œuvre de cette fonctionnalité. Des liaisons analogues sont également installées entre dispatchings régionaux et Centres de Distribution qui relaient les ordres aux clients relevant de leur champ compétence.

³² Les régleurs sont des dispositifs qui permettent de maintenir automatiquement, à une valeur comprise dans une plage de variation acceptable, la tension sur le réseau HT par action sur les transformateurs THT/HT. Cette régulation s'effectue en jouant sur le rapport de transformation de ces transformateurs. En cas d'incident, sur le réseau électrique le régleur est bloqué dans une position prédéterminée à l'avance, dès réception de l'ordre interdisant ainsi toute évolution de la tension.

³³ Cf. Chapitre 7 « Vers l'automatisation de la conduite du système électrique et la télé exploitation généralisé des réseaux ».

Comme pour la fonction RASCQ un logiciel spécifique EJP est développé et implémenté sur des équipements PAS20 installés dans les sites concernés.

La maintenance de ces réseaux nécessite de la part des services une attention particulière, en effet les voies de transmission ne sont pas doublées. Durant la période hivernale de mise en œuvre, une bonne réactivité des équipes s'impose pour pallier toute défaillance tant sur les matériels que sur les circuits de transmission. Par ailleurs, chaque année au début d'une nouvelle campagne, pour garantir le bon fonctionnement de bout en bout de l'ensemble de ces différentes chaînes, des essais de requalification de ces dispositifs sont coordonnés par les services Télécommunications régionaux en collaboration avec tous les acteurs concernés.

13.4.3. Le Système d'Alerte et de Sauvegarde (SAS) en 1989

L'hétérogénéité et l'obsolescence des matériels conduisent au remplacement de ces premiers réseaux (voir chapitre 20, « Automatisation du Système : Téléconduite2000 ») par un réseau hiérarchisé d'ordinateurs reliant dispatching national, dispatching régional, centres de distribution, centres de production nucléaires, thermiques et hydrauliques, PCG et clients.

13.5. Le rôle des télécommunications dans les systèmes de protection des réseaux de transport

La protection des systèmes électriques concerne tous les équipements mis en œuvre : centrales de production, postes et liaisons (lignes aériennes, câbles). Au-delà de la sûreté et de la qualité de la fourniture d'énergie, il s'agit ici de la sécurité des personnes et de la sauvegarde de l'intégrité des composants des systèmes. Pour situer le rôle qui va être celui des télécommunications dans l'élimination des défauts affectant plus précisément les lignes aériennes, on rappelle ci-après quelques éléments simples relatif à la protection des réseaux.

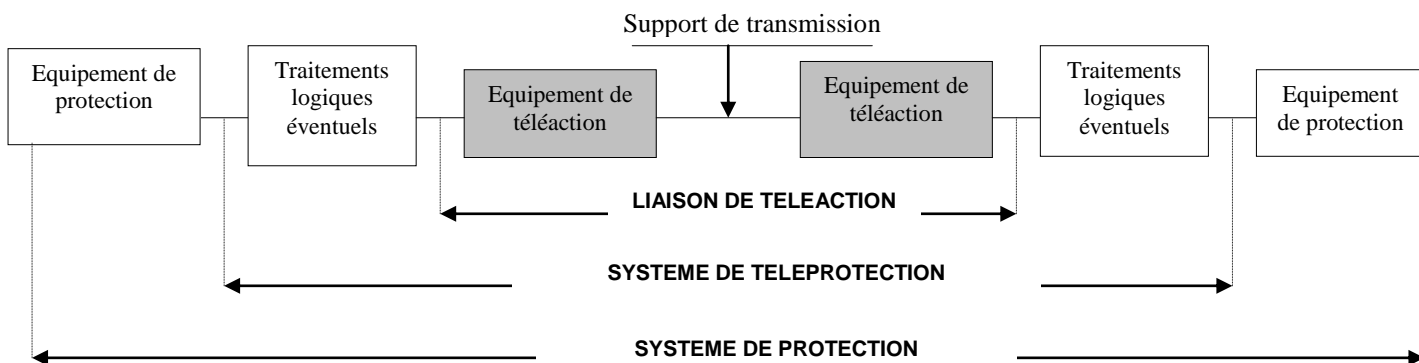
Quelques considérations sur la protection du réseau

Le court circuit dans les réseaux électriques est toujours le point d'aboutissement final de phénomènes d'origine diverse, défaillances électriques, mécaniques ou perturbations atmosphériques. Il perturbe gravement leur fonctionnement en compromettant la stabilité de groupes générateurs et en surchargeant fortement les lignes de transport par des transits de courant très élevés. Outre, les dégâts considérables qu'il provoque sur les matériels, il peut dans certains cas devenir dangereux pour l'environnement et les personnes se trouvant à proximité.

C'est le rôle des équipements de protection de détecter, reconnaître et localiser les courts-circuits et donner aux disjoncteurs encadrant, et à eux seuls, les ordres d'ouverture correspondant afin de séparer l'ouvrage concerné du reste du réseau. Cette condition de sélectivité des déclenchements est essentielle pour garantir la qualité de service attendue par les utilisateurs du réseau électrique. Par ailleurs, plus la séquence d'élimination du défaut est rapide meilleur est le système de protection. La détection et la localisation des courts-circuits s'effectuent à partir des mesures de courants, de tensions et de phases. La localisation, en particulier, est basée sur la mesure d'impédance associée à la détection du sens d'écoulement de l'énergie. La sélectivité nécessaire, quant à elle, est obtenue en temporisant les ordres envoyés aux disjoncteurs. Ces temporisations sont d'autant plus longues que le défaut localisé est loin des disjoncteurs concernés. Les spécialistes parlent de déclenchement en premier stade ou deuxième, voire troisième stade.

Le schéma ci dessous visualise et précise le rôle des télécommunications dans le système de protection.

Figure 28 : Schéma de principe d'une téléprotection



Les équipements de télécommunications interviennent dans le processus global de protection pour transmettre des informations ou des ordres. Leur mise en oeuvre dépend de la nature de la fonction de protection à réaliser. Ainsi, on distingue :

- L'accélération de stade : sur une ligne électrique la protection qui détecte la première le défaut envoie un ordre d'accélération de stade, via la liaison de téléaction, à la protection située à l'autre extrémité de manière à hâter son propre fonctionnement.
- Le télédéclenchement : l'opération consiste à commander à distance l'ouverture d'un disjoncteur par une protection. Cette situation se rencontre souvent sur les lignes courtes de raccordement d'une centrale de production au poste électrique d'interconnexion. Ainsi, lors d'un incident du côté de la centrale, il faut ouvrir très rapidement le disjoncteur situé à l'extrémité « poste » pour conserver la stabilité du groupe.
- Le téléverrouillage : il s'agit, contrairement au télédéclenchement, de transmettre un ordre pour éviter l'ouverture d'un disjoncteur qui serait sollicité si cet ordre ne lui parvenait pas.

Pour ces trois fonctions, l'ordre d'exécution doit être transmis de façon très sûre. Si les ordres intempestifs doivent, bien entendu, être à proscrire, ils sont à exclure totalement pour les télédéclenchements. Concernant le temps de transmission propre à chacune d'elle, le tableau ci-dessous récapitule les exigences contenues dans le cahier des charges de mai 1983

Fonction de la téléprotection	Version de la téléaction	Temps de transmission		Sécurité
		nominal	maximum	
Accélération de stade	rapide	13 ms	25 ms	*
Téléverrouillage	rapide	13 ms	25 ms	**
Télédéclenchement dit « rapide » « lent »	semi-rapide	30 ms	50 ms	***
	lente	100 ms	200 ms	***

Au fil de leurs évolutions les réseaux de transport font l'objet de plans de protection successifs. Le plan de protection de 1986 impose l'installation nouvelles protections pour les lignes à 400kV. Il s'agit de protections différentielles dont le fonctionnement est basé sur la comparaison permanente à un instant donné des courants instantanés mesurés à chacune des extrémités de la ligne. Si la différence des courants entre les deux extrémités de la ligne n'est pas nulle, l'ordre d'ouverture est transmis aux disjoncteurs. Outre une bonne qualité de transmission, même pendant le défaut, le délai de transmission doit rester inférieur à 5 ms et constant (variations inférieures à 0,5 ms).

13.5.1. Le problème posé aux télécommunications et la réponse

Ces quelques points sur la technique de protection du réseau électrique étant posés, quel est le rôle des télécommunications dans le processus ? En résumé, il faut gagner du temps et transmettre avec sécurité à l'ensemble des disjoncteurs concernés l'ordre d'ouverture dans les plus brefs délais dans un environnement perturbé peu favorable aux transmissions. Tel est le problème posé !

Les téléprotections doivent concilier deux conditions antagonistes : celles de la rapidité et de la sécurité. D'où la nécessité d'un compromis entre ces exigences incompatibles. En effet, si l'utilisateur désire une sécurité absolue, il est possible d'effectuer des échanges comme dans le cas des télécommandes, pour protéger le message d'ordre. Mais pour garantir la rapidité d'acheminement il convient également de disposer de voies de transmission capables d'admettre des vitesses de modulation élevées (de l'ordre de 2400 bauds). Le coût de ces liaisons sera longtemps jugé prohibitif pour transmettre quelques ordres par an, d'autant qu'il n'est pas possible de partager ces circuits avec d'autres applications du fait de la largeur de bande de fréquence nécessaire à cette fonction.

La recherche de ce compromis rapidité/sécurité sera source de bien des incompréhensions entre les techniciens du Contrôle Electrique et ceux des Télécommunications, les uns centrés sur leur préoccupation principale, la protection du réseau, les autres par la hantise, ne pas délivrer d'ordres intempestifs.

Un premier cahier des charges explicite en 1967 les besoins en la matière ; sur ces spécifications sont construites les premières téléactions HF à canal bruit (voir ci-après) qui équipent les lignes à 400 kV. En 1969, une trentaine de liaisons de ce type est en service sur le réseau.

Au début des années 1980, ce cahier des charges est revisité³⁴ pour s'adapter à l'évolution technique et répondre aux contraintes liées aux performances nouvelles attendues par les utilisateurs du réseau électrique concernant la continuité de la fourniture d'énergie.

³⁴ En mai 1983 est publié par le département Télécommunications le cahier des charges VTR/TAC 02.

Globalement, trois paliers techniques caractérisés par les progrès de la technologie concrétisent au cours de cette période la réponse du service des Télécommunications à la satisfaction de ce compromis rapidité-sécurité.

a) L'utilisation de la modulation à déplacement de fréquence

L'utilisation de la modulation par déplacement de fréquence dans la transmission des ordres a déjà permis une amélioration, notamment, en combinant pour valider l'information et délivrer l'ordre :

- la présence d'un signal de commande à une fréquence F_c ,
- et la disparition correspondante d'un signal de veille à la fréquence F_v transmis en période de repos.

b) La mesure permanente du bruit sur la voie de transmission – le canal bruit

Les progrès réalisés dans la sélectivité des filtres et dans la rapidité des circuits électroniques permettent d'aboutir à un compromis technico-économique acceptable. Celui-ci consiste à utiliser une voie de transmission à vitesse modérée, 50 ou 200 bauds, avec une mesure permanente du rapport signal/bruit³⁵ à la réception, combinée à la modulation par déplacement de fréquence des signaux à transmettre. Si ce rapport reste voisin ou supérieur à un seuil déterminé (10dB), l'ordre reçu par le récepteur est bon avec une probabilité d'erreur extrêmement faible. Si au contraire, ce rapport est dégradé, le récepteur se verrouille de façon à éviter la délivrance de tout ordre intempestif. Ce procédé est toujours utilisé.

Nota : A la fin des années 1970, un constructeur de la région lyonnaise, TECHNIPHONE, propose un équipement utilisant la technique du codage de l'information.

c) L'utilisation de voies de transmission à large bande de fréquence pour les différentielles.

Avec la mise en service des protections différentielles de ligne le besoin d'échange rapide et fiable d'informations, mais également des temps de transit constant entre chaque extrémité de la ligne implique l'utilisation de circuits à large bande de fréquence.

d) Les supports de transmission utilisés

Plusieurs types d'équipements de téléaction sont développés à partir des spécifications du département des Télécommunications pour emprunter soit :

- des supports de transmission basse fréquence (circuits PTT, câble pilote³⁶, câble de garde à circuits incorporés),
- des liaisons par courants porteurs dédiées à cette fonction. Les accélérations de stade destinées au réseau 400kV ou au réseau 255kV proche³⁷ empruntent des liaisons HF interphase qui garantissent une meilleure sécurité de transmission³⁸.
- soit encore pour les protections différentielles les faisceaux hertziens, les câbles de garde à fibre optique ou les câbles pilotes à fibre optique ou à quartes sont seuls aptes à tenir les exigences de transmission imposées par ce type de protection. (Voir également, chapitre 14 «Evolution des supports de transmissions des électriciens et concept de "réseau de sécurité"»)

13.5.2. La mise en œuvre sur le terrain

Pour certaines applications de téléprotections, les équipements d'extrémité et les circuits de transmission sont doublés pour garantir les qualités de fiabilité et de sécurité requises par le réseau de transport. Cette configuration se rencontre principalement dans le dispositif de protection des câbles souterrain de transport d'énergie où supports de transmission sans mode commun au niveau des itinéraires combinent l'utilisation d'un câble pilote et d'une liaison PTT. Des dispositions analogues sont prises pour la protection des groupes de production raccordés par une ligne courte au poste d'interconnexion.

Ainsi, le même ordre est émis simultanément par les deux liaisons de téléaction utilisant chacune un support de transmission différent. En réception, les ordres reçus issus des deux téléactions par combinaison logique sont associés. Le résultat de cette combinaison active la protection.

³⁵ Ce rapport signal/bruit (S/N) est significatif de la qualité d'une liaison de transmission, d'autant qu'en période d'incident électrique sur le réseau électrique les circuits de transmission sont fortement perturbés par ce phénomène (induction, élévation de potentiel).

³⁶ Il s'agit de câbles de télécommunication posés en même temps que les câbles de transport d'énergie et destinés à acheminer les signaux permettant de garantir leur protection.

³⁷ On appelle réseau 225kV proche le réseau 225kV dont les dysfonctionnement peuvent avoir un impact sur la stabilité des groupes nucléaires raccordés au réseau 400kV.

³⁸ Cf. Chapitre 3 « Les voies de transmissions des électriciens. »

Si l'option retenue porte sur une logique « OU », le premier ordre reçu déclenche le processus de protection, au contraire si une logique « ET »³⁹ est choisie, son activation implique la présence de l'ordre issu de chacune des liaisons de téléaction. Intuitivement, dans le premier cas, on favorise plus la rapidité et la probabilité d'exécution, tandis que dans le deuxième, on accentue la sécurité au détriment de la probabilité d'exécution.

La mise en œuvre de ces logiques, bien que facile à formuler, se révèle très délicate sur le terrain et source d'incompréhension entre les hommes des transmissions et ceux des protections qui aboutiront parfois à des incidents graves comme à l'usine de Revin en août 1988 (incendie et destruction d'un groupe de production de 180 MW). En fait, une fonction « OU » est en place alors que les exploitants sur le terrain attendent une fonction « ET » pour la commande d'enclenchement des disjoncteurs de couplage des groupes situés au poste. A la suite d'une défaillance d'une des téléactions, cette disposition conduit à la fermeture intempestive du disjoncteur du groupe 4, alors qu'il était en phase d'arrêt, avec les freins serrés. Après cet incident, des disjoncteurs de couplage des groupes sont installés à l'usine.

Avec le plan de protection 86, les protections différentielles vont également susciter des problèmes de frontière dans leur mise en œuvre. Ces équipements de protections intègrent les étages de transmission. Leur raccordement aux faisceaux hertziens, qui relève de la responsabilité télécommunications, posera au départ quelques problèmes de compréhension et de coordination.

L'importance de ces équipements et de leur mise en œuvre pour la sûreté du réseau électrique conduit à la fin des années 80 à une première démarche formalisée dans les services en vue d'améliorer la qualité des interventions en insistant sur la préparation du travail et la nécessité de s'appuyer sur des méthodes d'intervention écrites et validées.

L'évolution technologique, avec plus précisément les progrès accomplis dans la réalisation d'algorithmes de codage très performants en matière de protection de l'information, permet la mise au point d'équipements numériques dont les caractéristiques de transmission garantissent la sécurité et la rapidité exigées.

L'évolution technologique impacte également les limites de prestations des services télécommunications. En effet si les téléactions classiques (accélération de stade, télédéclenchement, téléverrouillage) relèvent de la compétence des Télécommunications en liaison avec les techniciens du Contrôle électrique, pour les différentielles de ligne le Contrôle électrique est maître d'œuvre à part entière, les Télécommunications livrant uniquement le support de transmission et assurant la maintenance.

13.6. Conclusion

La rapidité d'évolution des techniques -le passage de l'électronique programmée à une informatique toujours plus intégrée, associée à la détermination et à l'enthousiasme des acteurs de l'époque, permet qu'en une petite dizaine d'années, l'espoir exprimé en 1971 par G. Richerme, voir l'unification des infrastructures de télécommunications répondant à la fois aux besoins du Transport et des Mouvements d'énergie, soit réalisé.

L'observation des mutations techniques nourrit alors une autre ambition, celle de la centralisation la plus achevée possible des moyens de conduite du système électrique et de l'exploitation de ses constituants : moyens de production et moyens de transports.

Le projet de Centre Régional de Conduite conçu comme l'aboutissement du SDART ou le projet CASOAR tel que décrit dans le journal de la DER en 1987 en sont l'expression :

« Afin d'améliorer la conduite en temps réel, EDF a engagé la réalisation du projet CASOAR (Commande Automatique du Système production-transport Optimisé en Actif compte tenu du Réseau), qui a pour objectif d'ajuster automatiquement à tout instant les productions actives à la consommation et aux échanges convenus avec les pays voisins. Il s'agit, en fait, de remplacer le système de commande automatique qui assure à la fois le suivi de la charge et le réglage fréquence-puissance. Ainsi, le dispatcheur n'aura plus à déterminer la puissance de chaque groupe qui sera calculée à l'optimum économique. Les consignes de puissance active envoyées aux unités de production correspondent à l'optimum économique tout en respectant les contraintes de sécurité du réseau de transport.....Le nouveau système de commande de production devrait être mis en place en 1992 »

³⁹ Dans cette logique ET on peut également combiner pour activer la protection: (ordre TAC1 et ordre TAC2) OU (ordre TAC1 et alarme TAC2) OU (ordre TAC2 et alarme TAC1) pour prendre en compte la panne éventuelle d'une des liaisons de téléaction, même si le risque d'ordre intempestif est plus élevé.

Propre aux certitudes caractéristiques de cette période des années 1970-1980, si cette ambition peut se concrétiser dans le domaine de la production hydraulique avec comme exemple le PCC de Sainte-Tulle, ce ne sera pas le cas, ni pour le CRC, ni pour le projet CASOAR. Le réalisme des années 1990 devra les remettre en cause⁴⁰ définitivement pour l'une et partiellement pour l'autre.

13.7. Annexe 1 : Compatibilité des équipements⁴¹ et ⁴²

La compatibilité recherchée est celle des équipements vis-à-vis du réseau de téléconduite : un équipement est dit "compatible" avec ce réseau, si l'insertion de cet équipement ne demande aucune modification des équipements du réseau déjà installés. Compte tenu de l'évolution des équipements, le réseau de téléconduite devient un réseau de transmission de données entre calculateurs, ceux-ci étant reliés entre eux par des automates d'échange. Chaque automate contient, d'une part une station de transmission chargée du transfert des informations entre deux nœuds connectés et, d'autre part des logiciels d'application spécifiques de la téléconduite. Deux équipements sont compatibles entre eux si les spécifications des logiciels d'application sont équivalentes et si les stations de transmission obéissent aux mêmes règles. Les choix effectués pour assurer la compatibilité au niveau des stations de transmission sont donnés ci-après.

13.7.1. Connexion de l'équipement aux lignes de transmission

L'interface entre les équipements du type mini-calculateurs et les modems est normalisée de fait par les avis V24 ou V35 du CCITT. Bien que la standardisation des interfaces entre ordinateur et dispositifs d'entrée/sortie ou entre ordinateur et périphériques par exemple apparaisse souhaitable, ces niveaux de normalisation internes aux nœuds de communication n'ont pas été retenus. En effet, en l'absence d'une normalisation internationale ou même nationale, une telle standardisation ne peut alors conduire qu'à un matériel spécifique à EDF, enlevant ainsi une grande partie de l'intérêt économique et industriel lié à l'emploi de calculateurs.

13.7.2. Procédures de transmission⁴³

Les procédures de transmission sont chargées d'assurer le transfert des informations entre deux stations connectées par une liaison. Dans le cas de la téléconduite, ce transfert doit être effectué en respectant les conditions suivantes :

- L'ordre de restitution des messages au destinataire doit respecter celui de remise de l'expéditeur,
- La probabilité d'erreur ou de perte d'information non détectée doit être très faible (10^{-9} ou moins),
- Le délai de restitution doit être court (de 0,5 à 1 s), ce qui impose en même temps une efficacité élevée de la procédure dans la transmission de blocs d'information de faible longueur (60 à 100 bits).

L'analyse des procédures de transmission et des modes de liaison a montré que deux types de procédures sont à définir :

- Une procédure de type maître-maître adaptée aux liaisons symétriques où chaque nœud peut prendre l'initiative d'un échange,
- Une procédure de type maître-esclave adaptée aux liaisons dans lesquelles une station esclave ne peut que répondre aux interrogations d'une station maître (cas des calculateurs de poste).

En ce qui concerne les procédures, celles de la famille HDLC, normalisée par l'ISO et le CCITT (projet d'avis X25), sont celles qui répondent le mieux aux critères ci-dessus.

Cependant l'étude menée à EDF a montré qu'il est possible de distinguer trois grandes fonctions dans une procédure de transmission :

- L'entretien de l'échange, le séquençement des messages et la récupération des défauts de transmission,
- Le calcul et la vérification d'un code de redondance,
- La synchronisation bit et trame.

⁴⁰ Cf. Chapitre 20 «Automatisation du système : Téléconduite 2000. »

⁴¹ Raymond Abella et Guy Simonnet, "Conduite en temps réel du réseau EDF Structure du réseau de téléinformation et de télécommande", CIGRE session de 1980, Rapport de session 35-07, pp 6-7

⁴² R.Abella, R.Gonnet et J.Kowal, "Téléconduite du réseau électrique français par un réseau d'ordinateurs interconnectés", EDF. Bulletin de la DER-série B Réseaux électriques, matériels électriques n°2, 1978, pp 31-32.

⁴³ Norme EDF. – "Normalisation des procédures de téléconduite : HN2 66-S 11 et HN2 66-S-13.

Ainsi, le même automate d'échange, constituant la partie la plus délicate à mettre au point d'une procédure, peut être utilisé sur des liaisons asynchrones ou synchrones et ceci, quel que soit le type de coupleur. Une telle procédure peut donc être mise en œuvre à tous les niveaux du réseau en utilisant le matériel de couplage standard le moins coûteux pour les vitesses en jeu.

Les spécifications d'un noyau de procédure de transmission ont donc pu être définies, identiques pour tous les modes de transmission rencontrés sur le réseau de téléconduite. Ce noyau, conforme aux normes internationales citées ci-dessus a été normalisé à EDF dans les documents de la direction des Etudes et recherches : HNZ 66-S 11 et 13 Pour accroître leur diffusion vers les équipements de taille très réduite du réseau de téléconduite, un niveau de procédure simplifié a été défini dans chaque type.

Ce niveau simplifié, compatible avec le niveau normal, ne comporte plus certains mécanismes de transmission entre deux stations de téléconduite.

A partir des années 1980, alors qu'il n'existe pas encore de normes, EDF dispose donc d'une gamme de normes organisée selon le type d'automate d'échange et le niveau, normal ou simplifié, qui devaient garantir la compatibilité des mécanismes de transmission entre deux stations de téléconduite. Ces normes EDF ont été appliquées par les différents services : Transport-Mouvement d'énergie, Distribution et Production hydraulique, jusqu'en 2000 et même au-delà, puisqu'elles coexistent encore aujourd'hui avec les équipements du réseau ARTERE (cf. quatrième partie).

Malheureusement, il reste toujours dans ce type d'applications des paramètres en option dont le choix a souvent été laissé à l'initiative des développeurs de chaque SSII, aussi, au final, les versions logicielles de ces procédures HNZ ainsi développées par ces différents services n'inter opèrent pas sans un effort de mise au point, parfois laborieux.

Sur le plan de la normalisation internationale, EDF n'a pas réussi à faire passer ses normes HNZ pour la téléconduite puisque, sous l'influence des constructeurs allemands, la procédure ISO 870.5, pourtant moins performante, lui a été préférée pour la norme internationale parue plus de dix années après.

13.7.3. Protocole de transport entre "correspondants"

Au niveau d'une même région, un protocole de transport entre les stations qui correspondent n'est pas nécessaire, puisque les liaisons sont directes, sans intermédiaire assurant un traitement des informations. En revanche, les liaisons interrégionales entre deux calculateurs d'acquisition (CACQ) passe toujours par le commutateur national (TTR) aussi, un protocole de transport entre les correspondants est mis en œuvre pour contrôler la liaison de bout en bout. Le domaine d'application de ce protocole étant limité à un seul niveau du réseau, il n'a pas été envisagé de normalisation.

13.7.4. Standardisation des messages

Une standardisation des messages a été recherchée pour tous les niveaux pour minimiser les logiciels de transcodage qui résulteraient des différences entre les syntaxes d'une même information. La procédure de transmission reste transparente vis-à-vis des messages transités, la création de messages est toujours possible puisqu'elle ne nécessite que la mise en place des logiciels de l'application correspondante, sans interférer avec les logiciels de la procédure de transmission.

13.7.5. Sécurité de la transmission

La sécurité de la transmission repose d'une part, sur la détection de trames erronées par vérification d'un code cyclique et d'autre part, sur les mécanismes de la procédure de transmission eux-mêmes : séquençement des trames et acquit.

L'exigence d'un haut niveau de sécurité de transmission de la téléconduite a été au centre de nombreux débats au sein des organismes de normalisation internationale, à la CEI notamment (comité 57), dans les années 80. Ainsi, la trame synchrone "HDLC", largement utilisée dans les réseaux de transmission de type X25, était-elle critiquée pour une utilisation industrielle, puisque des perturbations électromagnétiques affectant les supports de transmission risquaient de provoquer des anomalies de découpage des trames. Le mode "asynchrone à coupure de porteuse" choisi par EDF dans la procédure HNZ a permis d'installer les automates d'échange sur des supports bon marché à faible débit, tout en évitant ce risque de désynchronisation des trames cependant, ce procédé ne s'est pas développé au-delà de l'utilisation spécifique de la téléconduite en France.

13.8. Annexe 2 : Echancier détaillé

Figure 29 : Principales opérations de développement

13.9. Annexe 3 : Check list de maintenance d'un PC de TLC11M

Figure 30 : TLC11M, check list PC

13.10. Liste des figures

Chapitre 13	1
13. L'automatisation de la conduite du Système : du SDART à CASOAR	2
13.1. Le palier SDART et la Téléconduite	3
Figure 01 : Système de conduite de la DPT :	4
Figure 02 : Configuration d'un PA	5
Figure 03 : Configuration d'un PC	5
Figure 04 : Configuration d'un EDT	8
Figure 05 : Configuration d'un CACQ	8
Figure 06 : Structure de principe du réseau TTR	9
Figure 07 : Evolution des longueurs de circuits à 63, 90, 225, 400 kV	12
Figure 08 : Evolution du parc de téléconduites	14
Figure.09 : Schéma de chaîne de configuration à fin 1990	15
Figure 10 : Informations vers les dispatchings	15
13.2. L'impact de l'évolution des équipements des dispatchings sur l'activité télécommunication	19
Figure 11 : Schéma synoptique du réseau SGEP	19
Figure 12 : Téléréglage secondaire de tension	22
Figure.13 : Equipements du dispatching de repli	23
Figure 14 : Dispatching de repli, basculement du réseau téléphonique de sécurité	23
13.3. La téléconduite à la Production hydraulique	23
Photo 15 : PSR de Kembs (<i>extrait de l'Histoire du SPH</i>)	24
Photo 16 : PCH de Lyon (<i>extrait de l'Histoire du SPH</i>)	24
Photo 17 : PCC de Ste Tulle, décomposition des tâches d'un PA	24
Photo 18 : PCC de Sainte-Tulle (<i>extrait de l'Histoire du SPH</i>)	25
Figure 19 : schéma synoptique général du DAPH	25
Figure 20 : Golfech	26
Figure 21 : Golfech : schéma général de la configuration	26
Figure 22 : Sirène d'alarme et armoire de commande (<i>extrait de l'Histoire du SPH</i>)	26
Figure 23 : Synoptique du système de conduite de La Rance	26
Figure 24 : Usine marémotrice de la Rance (<i>photothèque EDF et photo J. Lecouturier</i>)	26
Figure 25 : Système Régional de conduite de la DPT	27
Figure 26 : Schéma de la structure redondante d'un PHV	27
Figure 27 : PHV de Saint Michel de Maurienne (<i>extrait de l'histoire du SPH</i>)	27
13.4. Les réseaux d'alerte : plans de sauvegarde du réseau, la contribution des télécommunications	27
13.5. Le rôle des télécommunications dans les systèmes de protection des réseaux de transport	29
Figure 28 : Schéma de principe d'une téléprotection	29
13.6. Conclusion	32
13.7. Annexe 1 : Compatibilité des équipements^{et}	33
13.8. Annexe 2 : Echancier détaillé	34
Figure 29 : Principales opérations de développement	34
13.9. Annexe 3 : Check list de maintenance d'un PC de TLC11M	35
Figure 30 : TLC11M, check list PC	35
13.10. Liste des figures	36