

CIGRÉ

Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension

112, boulevard Haussmann - 75008 Paris

Session de 1974 - 21-29 Août

**32-14**

## DÉVELOPPEMENT DE LA CONDUITE AUTOMATIQUE DU RÉSEAU DE TRANSPORT A ELECTRICITÉ DE FRANCE

par

J.P. BARRET

Electricité de France  
Direction des Etudes et Recherches

J. KOWAL

Electricité de France  
Direction Production Transport

C. NOE

Electricité de France  
Direction Production Transport

(France)

### RESUME

*Dans une première partie, le rapport présente l'organisation générale de la conduite des installations de l'ensemble Production-Transport et les perspectives d'évolution pour la prochaine décennie. Les principales phases de cette évolution et les moyens de leur réalisation sont exposés rapidement.*

*Dans une seconde partie, les conditions des expériences, relatives à l'utilisation des calculateurs dans les postes, sont décrites.*

**Automatisation, Conduite, Haute tension, Réseau**

### RAPPORT

### INTRODUCTION

La conduite de l'ensemble Production-Transport peut être considérée comme un système bouclé, c'est-à-dire un ensemble de prises d'informations, de décisions et d'actions permettant d'assurer, à chaque instant, la fourniture d'énergie électrique dans les meilleures conditions de sécurité, d'économie, de qualité du produit.

Le sujet traité dans ce rapport se limite à la conduite en temps réel du réseau, c'est-à-dire à la mise en oeuvre effective des moyens matériels disponibles pour assurer l'alimentation de la clientèle, dans les conditions définies ci-dessus, compte tenu des aléas de consommation et des incidents qui peuvent affecter les éléments du réseau. Il ne sera donc pas fait mention ici, des problèmes de planification de la construction des ouvrages ni de leur gestion prévisionnelle qui sont cependant des fonctions essentielles de l'exploitation de l'ensemble Production-Transport.

Dans la première partie du rapport on trouve successivement :

- la description de la situation en 1973, ses moyens techniques, ses qualités, ses limites.
- les grands axes de l'évolution envisagée par Electricité de France, à l'horizon 1985, les moyens mis en oeuvre et les conditions de passage de la situation actuelle à la future.

La seconde partie du rapport décrit une des expériences qui sont engagées par Electricité de France dans la perspective de l'organisation finale, en particulier en ce qui concerne les possibilités d'utilisation des calculateurs dans les postes asservis.

## 1ère PARTIE

### SITUATION ACTUELLE ET PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION

#### 1 – ORGANISATION ACTUELLE DE LA CONDUITE DE L'ENSEMBLE PRODUCTION-TRANSPORT –

L'organisation fonctionnelle de la conduite de l'ensemble Production-Transport présente les niveaux de décision et d'action différenciés suivants : Dispatching National, Dispatchings Régionaux, Pupitres de Commandes Groupées, Postes et Centrales, dont les fonctions seront précisées ci-après.

1.1. Présentation du système de conduite en temps réel – A l'heure actuelle, la conduite en temps réel est assurée par :

- les automates de protection et de reprise du service, installés dans les centres de production et dans les postes, dont le rôle est de détecter les anomalies de fonctionnement des éléments du réseau, d'assurer la sauvegarde du matériel et le cas échéant de permettre la restauration du service. Ces automates utilisent les informations disponibles localement.
- les dispositifs de réglage de la fréquence, de la tension, des puissances échangées avec les réseaux voisins qui sont installés soit dans les centres de production, soit dans les dispatchings.
- le personnel de conduite réparti dans les dispatchings, les centres de production et les postes du réseau. Il réalise les programmes élaborés par la gestion prévisionnelle, il prend des décisions à partir d'informations fournies en temps réel sur l'état du réseau et réalise les actions correspondantes afin de faire face aux aléas d'exploitation.

C'est cette dernière partie de la conduite qui fera l'objet de l'évolution la plus importante dans les prochaines années et pour cette raison nous la décrirons plus en détail ci-après.

1.2. Le système de conduite non automatique du réseau – C'est une partie du système global de conduite dont le rôle est de réaliser à chaque instant l'équilibre entre la consommation et la production en respectant les contraintes de qualité et de coût quelles que soient les perturbations dont le réseau est le siège.

On peut considérer que le personnel de conduite est un maillon de la chaîne d'asservissement qui lie la demande (consommation) à la fourniture (production). Pour cela des éléments de prise d'information, de décision, d'exécution sont nécessaires.

- *Information*

Les informations (mesures, états) caractérisant la situation du réseau sont prélevées au niveau des postes et des centres de production. Elles sont transmises aux centres de décision que sont les dispatchings régionaux et national. A ce niveau, elles sont traitées par des équipements informatiques qui en présentent une synthèse pour aider les opérateurs dans la prise de décision.

• *Décision*

Pour la partie non automatisée de la conduite, il existe deux niveaux de décision, le dispatching national d'une part, le dispatching régional d'autre part. En principe les attributions des deux niveaux sont bien différenciées.

- le dispatching national, outre son rôle de gestion prévisionnelle élabore les schémas d'exploitation du réseau de grand transport et coordonne les actions sur l'ensemble du réseau.
- le dispatching régional est responsable d'une partie du réseau, correspondant à son domaine d'action, dans laquelle il est chargé des manoeuvres.

Pratiquement, le maillage des réseaux à 225 kV et 400 kV fait qu'il existe des interactions entre les zones d'action régionale et entre les deux niveaux de tension. Les interventions sur ces réseaux imposent donc une concertation entre dispatchings national et régionaux. Par contre, le débouclage des réseaux à 63 et 90 kV garantit l'autonomie de décision du dispatching régional en ce qui les concerne.

• *Exécution*

– *La fonction* – Les décisions prises au niveau des dispatchings sont transmises téléphoniquement au personnel d'exploitation des postes et des centrales qui est chargé d'en assurer l'exécution compte tenu des possibilités locales.

A Electricité de France l'organisation, actuellement en cours de mise en place, correspond à une orientation décidée vers 1965 (Fig. 1).

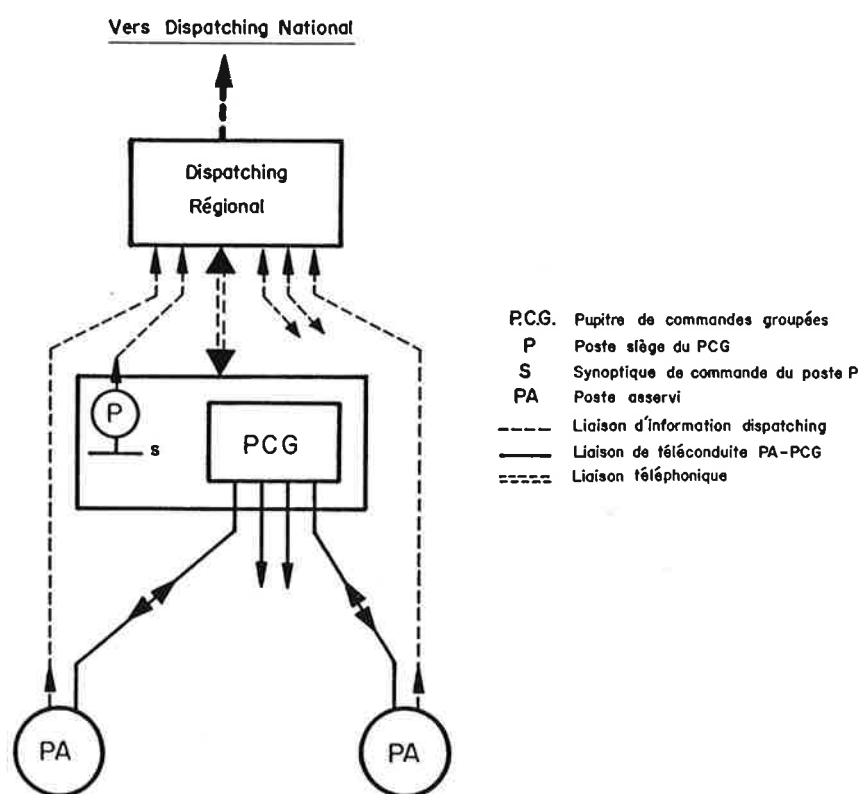


Figure 1 – Organisation actuelle du système de conduite des postes.

Le réseau de transport comprend environ 1500 postes. On estime que dans 550 d'entre eux, il est nécessaire de disposer de possibilités d'interventions rapides incompatibles avec le délai de déplacement d'un agent. Ces postes sont conduits (ou le seront dans un proche avenir) à partir de pupitres de commandes groupées (P.C.G.) situés dans des postes importants. Dans ces postes, le personnel d'astreinte assure d'une part par télécommande la conduite des postes asservis (P.A.), d'autre part la conduite locale du poste siège du P.C.G. – Il est prévu en 1975 une centaine de P.C.G., soit une moyenne de regroupement de 5 à 6 postes. Pour cela, toutes les informations nécessaires à la conduite et à la surveillance

des postes asservis sont transmises au P.C.G. — Pour être complet il faut souligner que l'agent du P.C.G. n'a aucune initiative en matière de conduite du réseau ; seules quelques situations particulières, bien définies, donnent lieu à des consignes autonomes.

En ce qui concerne les centrales hydrauliques, une quarantaine doivent pouvoir répondre rapidement aux ordres émis par les dispatchings. Actuellement on regroupe la conduite de ces usines dans des Postes de Commandes Hydrauliques.

Les usines thermiques et nucléaires ont un personnel de quart chargé de leur conduite. Il n'est pas envisagé de modifier cette organisation.

— *Les moyens matériels* — Une caractéristique essentielle du système actuel est l'existence de deux systèmes de transmission indépendants. Le premier, destiné aux informations nécessaires au dispatching, est constitué en majeure partie d'équipements du type Emetteur Récepteur Cyclique (E.R.C.). Le second, destiné à la téléconduite des postes, est constitué, à l'heure actuelle, d'équipements de télétransmission perfectionnés qui peuvent transmettre des mesures, des signalisations, des valeurs de consigne, des commandes.

Au P.C.G. l'interface entre l'opérateur et l'équipement de téléconduite est un tableau synoptique qui permet de visualiser l'état du poste asservi.

Une imprimante située au P.C.G. commune à tous les postes asservis, fournit une chronologie absolue des événements et donne des informations complémentaires qui encombreraient le synoptique.

**1.3. Conclusion sur l'organisation actuelle — Evolution du contexte opérationnel** — Le regroupement des postes, pour lesquels des possibilités d'intervention rapide sont nécessaires, permet de limiter les contraintes d'astreinte et de surveillance aux postes de commande gardiennés. Bien entendu cela entraîne un accroissement de la charge de l'opérateur de P.C.G. —

Il faut remarquer que l'implantation des P.C.G. ne permet pas de réduire le temps d'exécution des manoeuvres qui reste compris entre 5 et 15 minutes.

L'idée, antérieurement admise en matière de conduite du réseau, de la séparation des activités de décision des activités de manoeuvre et de surveillance des matériels, a subi une évolution profonde. Aujourd'hui, les dispatchers peuvent exécuter directement des actions sur les ouvrages du réseau tels que : télécommande des moyens de production, notamment de centrales hydrauliques en vue de la reconstitution du réseau après un manque généralisé de tension, et mise en action du plan de délestage en cas de défaillance de production.

L'extension des fonctions de réglage et de téléaction requiert un système de conduite plus performant.

## 2 — EVOLUTION DE L'ORGANISATION DE LA CONDUITE DU RESEAU

**2.1. Les directions d'évolution** — Les axes principaux de cette évolution sont les suivants :

- Amélioration des conditions de prise de décision,
- Accélération de l'exécution des décisions,
- Utilisation maximale des techniques nouvelles notamment des moyens informatiques.

**2.1.1. Amélioration de la prise de décision** — En premier lieu une meilleure qualité de l'information sera obtenue par le développement d'un réseau de transmission de données en temps réel entre les dispatchings national et régionaux. Par ailleurs les responsabilités des différents niveaux de décision seront bien délimitées, les moyens d'aide à la décision seront perfectionnés.

- Hiérarchisation du système de conduite.

A l'heure actuelle il existe une interaction entre les divers dispatchings. Dans l'avenir les responsabilités seront mieux délimitées :

— le poste restera le niveau élémentaire de décision. Il conservera les fonctions qui sont les siennes aujourd'hui notamment les automatismes.

— le dispatching régional sera le second niveau. Il conduira de façon autonome le réseau régional.

— le dispatching national gèrera le réseau d'importance nationale et les liaisons internationales.

Cette architecture d'organisation sera d'autant plus efficace que les réseaux régionaux seront débouclés, ce qui est fort probable. On envisage, à l'heure actuelle, une spécialisation des réseaux : un réseau national de transport et d'interconnexion à 400 kV ou plus et des réseaux régionaux de répartition de l'énergie à 225 kV.

- Développement des moyens d'aide à la décision.

Il a été jugé indispensable de donner aux opérateurs des dispatchings les moyens d'apprécier objectivement l'état du réseau et sa vulnérabilité en cas d'incident. Dans ce but divers outils mathématiques sous forme de programmes destinés à être utilisés en temps réel seront mis à leur disposition : estimation d'état, évaluation de la sécurité, calcul des puissances de court-circuit, calcul de stabilité. Ces divers moyens nécessiteront pour être efficaces, de disposer d'informations plus complètes et plus fiables.

**2.1.2. Accélération de l'exécution des actions de conduite — La centralisation des commandes —** Dans le système de conduite envisagé, la conduite des installations du réseau de transport sera faite depuis le dispatching régional où l'on disposera des moyens nécessaires à la télécommande qui existent aujourd'hui dans les P.C.G., le dispatching national pouvant télécommander certaines installations majeures de l'ensemble Production-Transport. La surveillance des installations du réseau de transport et la décision d'intervention appartiennent au niveau régional, l'organisation et l'exécution des interventions restant au niveau local.

En ce qui concerne la production hydraulique, seules certaines usines importantes seront télécommandées depuis les centres régionaux, la surveillance des installations restant locale.

Le dispatching régional, qui est responsable de la conduite d'un réseau régional, deviendra un Centre Régional de Conduite (C.R.C.).

Le P.C.G. perdra ses fonctions de commande et de surveillance des installations au profit du C.R.C. (ou du dispatching national). Il conservera un rôle fondamental de concentration et de transmission des informations entre les postes asservis et le centre régional de conduite. Il disposera ainsi des éléments nécessaires à une reprise en secours manuel de la conduite et de la surveillance en cas de défaillance de la liaison PCG-CRC. Il assurera alors un fonctionnement en régime dégradé du système permettant de continuer l'exploitation dans des conditions acceptables.

Dans une telle organisation le temps d'exécution d'une manoeuvre sera de l'ordre de la minute.

**2.1.3. Utilisation des techniques nouvelles — Généralisation des moyens informatiques —** La tendance actuelle est celle d'une diminution constante à performances croissantes du coût des matériels informatiques. Cette évolution va de pair avec l'amélioration de la maîtrise de l'utilisation de ces matériels.

Les principaux points d'impact de ces techniques dans le domaine de la conduite des réseaux sont les suivants :

— au niveau des dispatchings, les possibilités de traitement sont accrues et des progrès importants sont faits dans le dialogue homme-machine. Ces améliorations autorisent la création des centres régionaux de conduite à partir desquels pourront être émises des commandes de fonctions complexes comportant plusieurs ordres unitaires sans accroître la charge des dispatchers.

— au niveau des postes asservis, on peut envisager d'utiliser de petits calculateurs industriels pour réaliser les fonctions de télécommande, acquisition et transmission des signalisations, consignateur d'état ainsi que certains automatismes, ce calculateur étant relié au calculateur situé au poste de commande. Ce point particulier sera détaillé dans la seconde partie de ce rapport.

— les liaisons intercalculateurs dont la liaison PA-PCG est un exemple, vont se généraliser. Elles relieront les PCG aux CRC et les CRC au dispatching national.

2.2. Tableau prospectif de l'organisation du système de conduite du réseau à très haute tension à l'horizon 1985 – Une représentation simple de l'organisation d'ensemble est donnée figure 2 dont la légende précise les fonctions de chaque niveau.

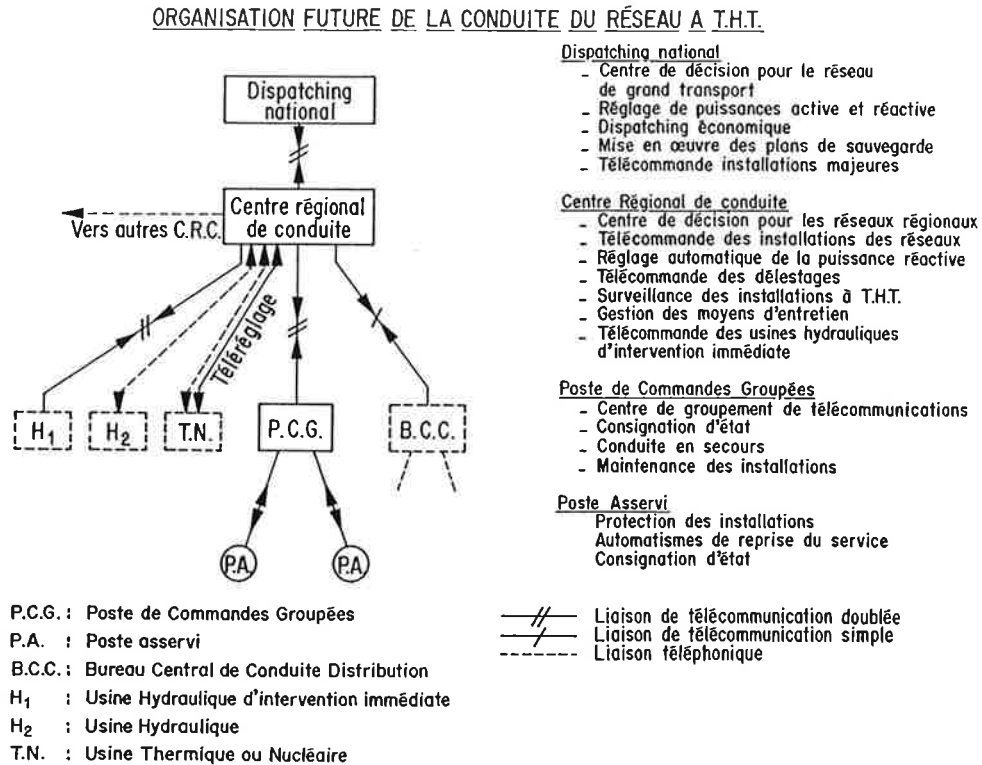


Figure 2 – Organisation envisagée du système de conduite de l'ensemble Production-Transport.

Il faut remarquer qu'il ne subsistera plus qu'un seul système de transmission des informations au lieu des deux systèmes distincts existant actuellement (système dispatching, système télécommande).

– Les liaisons PA-PCG (50/200 b/s) transiteront les informations en provenance ou à destination des C.R.C. – Elles relieront soit des équipements de téléconduite classiques, soit des calculateurs.

– Les liaisons PCG–CRC (1200/2400 b/s) transiteront les informations en provenance de l'ensemble des postes de la zone d'action du PCG. Elles seront constituées de liaisons intercalculateurs entre le calculateur PCG et un calculateur frontal de CRC qui recevra et rediffusera toutes les informations collectées dans les postes, soit vers les calculateurs de traitement du CRC, soit vers ceux du dispatching national (2400/4800 b/s).

### 3. LES PHASES DE L'EVOLUTION

3.1 Le plan de développement – L'évolution vers la situation future décrite précédemment ne peut être que progressive. Elle implique des études complexes, des investissements élevés. Il apparaît que la transformation des dispatchings en Centres Régionaux de Conduite est un des points clés de cette évolution. Elle devrait se réaliser vers 1980, date à laquelle il y aura lieu de renouveler les calculateurs actuellement utilisés dans les dispatchings.

En fonction de cet objectif une politique globale d'étude et d'équipement a été arrêtée qui peut être résumée de la manière suivante :

• En première étape, on procèdera à l'installation d'équipements pour compléter ou améliorer le système actuel et on commencera les études préparatoires de la phase suivante :

– le réseau de transmission d'informations entre les dispatchings régionaux et le dispatching national sera mis en place. Pour cela des calculateurs frontaux d'acquisition seront installés dans les dispatchings régionaux.

– le dispatching national sera équipé d'un nouvel ensemble informatique et d'aides à la décision perfectionnés.

– la politique de télécommande des postes actuellement en cours, sera poursuivie à l'aide d'équipements de téléconduite capables de transmettre les signalisations, les mesures, les commandes, qui s'intégreront ultérieurement dans le système de liaison PA-CRC à travers le PCG.

– des études et des opérations expérimentales seront commencées concernant l'utilisation des calculateurs dans les postes. Des prototypes seront installés vers 1975 et fonctionneront dans les conditions normales d'exploitation.

– les études des CRC débiteront vers cette époque.

• La deuxième phase 1978-1982 est plus spécifique de la concentration des moyens de conduite au niveau des C.R.C. –

La conduite des postes asservis qui s'effectuait à partir des PCG, la conduite des postes sièges des PCG qui s'effectuait localement, seront reprises par les CRC. Durant cette étape, la conduite des usines hydrauliques importantes sera ramenée dans les CRC. C'est également vers cette époque que les calculateurs de traitement des CRC seront remplacés. Ces transformations seront facilitées par la présence des calculateurs frontaux qui par prétraitement de l'information présenteront les données sous une forme homogène indépendante de leur origine.

**3.2. Le point actuel** – A l'heure actuelle, deux des opérations de développement décrites ci-dessus sont engagées : la restructuration du système de transmission entre dispatchings et l'étude des calculateurs de poste asservi.

La première opération fait appel à des techniques informatiques évoluées qui sortent du cadre de cet exposé. L'étude des possibilités d'utilisation des calculateurs dans les postes est assez avancée. Les besoins ont été exprimés de façon précise et un équipement expérimental a été placé dans un poste. La seconde partie du rapport traite de ce sujet.

## **2ème PARTIE**

### **UTILISATION DES CALCULATEURS DANS LES POSTES ASSERVIS**

#### **1. POURQUOI ENVISAGER L'UTILISATION DE CALCULATEURS DANS LES POSTES ASSERVIS**

On constate que les constructeurs de matériel de télécontrôle incluent dans leurs nouveaux équipements des éléments qui sont de véritables calculateurs. On peut ainsi bénéficier de la souplesse de la programmation et, le cas échéant, de la sécurité des programmes stockés en mémoire morte. En tenant compte du fait que les constructeurs ont résolu le problème de la gestion d'une ligne de transmission, on peut alors envisager d'assurer par un calculateur au niveau d'un poste asservi, non seulement l'acquisition et la transmission des informations ainsi que la télécommande des actionneurs, mais aussi la fonction de consigne d'état et certains automatismes locaux.

Dans ce contexte, il a été décidé de procéder à une expérimentation, dont les résultats permettront de préciser les spécifications d'un prototype industriel. C'est cette phase expérimentale que nous nous proposons de décrire ci-après.

## 2. PHASE EXPERIMENTALE

2.1. Objectifs recherchés – L'expérience a pour but d'évaluer les possibilités d'utilisation d'un équipement organisé autour d'un ordinateur pour assurer la téléconduite d'un poste à très haute tension à partir d'un Centre de Commande.

Ses objectifs principaux sont :

– étude du comportement d'un équipement incluant un ordinateur industriel dans l'ambiance électromagnétique d'un poste à T.H.T. notamment des mémoires vives pour lesquelles certaines craintes ont été formulées. Ainsi, pourront être précisés les niveaux des perturbations admissibles et les précautions minimales à envisager pour la mise en oeuvre de ce type de matériel.

– définition de l'équipement d'un poste. Sur ce plan l'expérimentation doit permettre de déterminer :

- les organisations possibles de l'équipement et de la programmation,
- l'évaluation du volume de mémoire ou du temps de calcul en fonction de la taille du poste,
- l'intérêt de certaines procédures de transmission.

Par ailleurs, cet ensemble expérimental constitue un banc d'essai de matériel ou de méthodes. Dans cette perspective, il a été recherché une grande souplesse en programmant sur le ordinateur la majorité des fonctions de façon à diminuer l'importance des logiques câblées annexes sans rechercher un optimum de répartition des tâches.

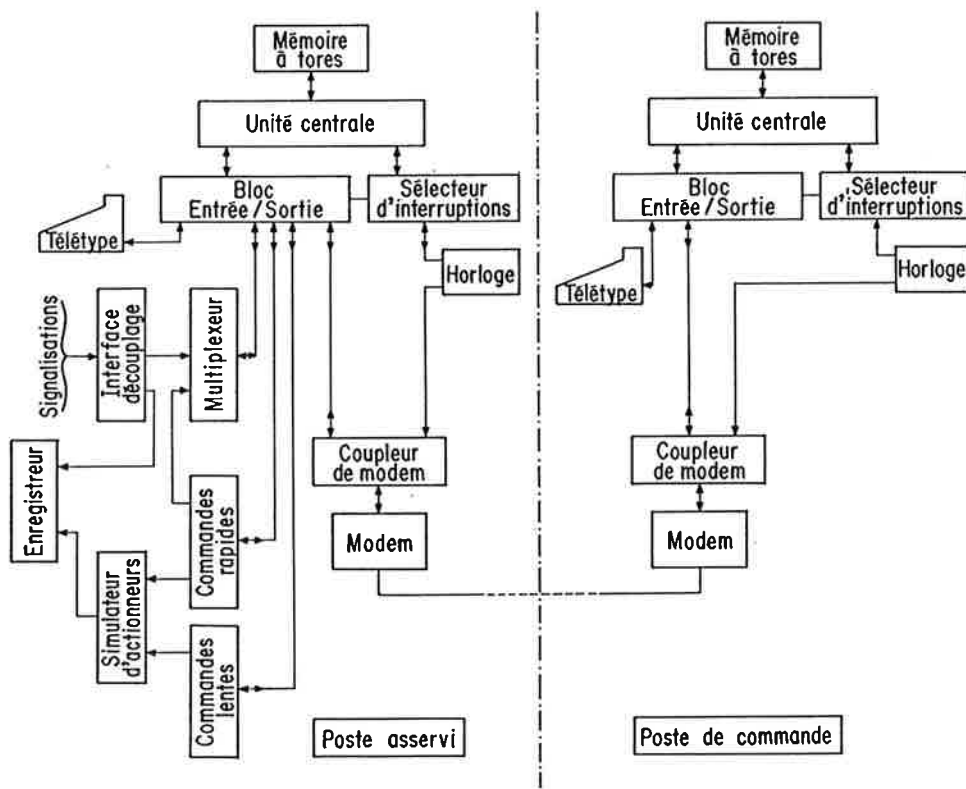


Figure 3 – Ensemble expérimental de téléconduite d'un poste.

2.2. Ensemble expérimental – L'ensemble expérimental du poste asservi (PA) assure les fonctions de téléconduite proprement dite, de consignateur d'état et d'automatismes centralisés au niveau de ce poste. Il fonctionne en boucle ouverte c'est-à-dire que recevant les informations issues du poste, il n'en commande pas effectivement les actionneurs qui sont simulés.

Cet ensemble est relié à un poste de commande simplifié qui reçoit des informations du poste asservi et émet vers celui-ci les ordres de télécommande.



### 2.2.1. Fonctions réalisées au niveau du poste asservi

#### *Fonction téléconduite*

L'entrée des informations est limitée aux signalisations. Toutefois, le cas échéant, un équipement d'acquisition de mesures analogiques ou impulsionnelles pourrait être ajouté.

Deux ensembles de commandes ont été prévus :

- un ensemble de commandes dites “lentes” :

Il exécute des ordres unitaires (commande séquentielle d'appareils pour l'exécution d'une manoeuvre par exemple),

- un ensemble de commandes dites “rapides” :

Il permet l'exécution simultanée de plusieurs ordres nécessitée par certains automatismes qui peuvent être réalisés par l'équipement (protection de jeu de barres, protection contre les défaillances de disjoncteur, etc...). Ce type de commandes est plus coûteux que le précédent.

#### *Fonction consignateur d'état*

Les diverses signalisations sont imprimées sur un télétype situé au poste asservi ainsi que l'heure de leur apparition avec une définition de 10 ms.

#### *Fonction automatismes centralisés*

Etant donné que le système n'a aucune action réelle sur les éléments du poste, cette fonction ne peut être appliquée qu'à des automatismes fonctionnant en boucle ouverte pour éviter des situations aberrantes. Dans une première étape seule une information relative aux défaillances des disjoncteurs sera élaborée.

2.2.2. Fonctions réalisées au poste de commande – Dans cette expérience le poste de commande est très simplifié il réalise les fonctions suivantes :

#### *Fonction télécommande*

Les ordres de télécommande sont émis vers le poste asservi soit manuellement, soit automatiquement.

#### *Fonction enregistreur d'événements*

Les diverses signalisations issues du poste asservi relatives soit à l'état du poste, soit au fonctionnement de l'équipement sont inscrites au poste de commande ainsi que l'émission des ordres de commande.

Toutes ces informations sont inscrites avec l'heure de leur apparition.

2.2.3. Description de l'équipement du poste asservi – Pour réaliser les fonctions décrites ci-dessus, le matériel utilisé comprend essentiellement :

- un multiplexeur d'entrée des signalisations tout ou rien prévu pour 326 entrées dont seules 264 sont utilisables, les autres servant au fonctionnement du système.
- un ensemble de 16 commandes rapides.
- un ensemble de 16 commandes lentes.
- une horloge 8 kHz.
- un télétype utilisé pour le dialogue avec le calculateur et l'impression des messages.
- un calculateur industriel équipé d'une mémoire à tores de 8 K dont 6 K sont utilisés en première étape, d'un bloc entrées/sorties programmées, de 7 niveaux d'interruptions prioritaires.
- un coupleur de modem et un modem à 200 bauds.

Nous décrirons ci-après comment est utilisé cet équipement en nous limitant aux points principaux :

#### *Acquisition des états tout ou rien*

Les signalisations sont découplées par relais à l'entrée de l'équipement d'acquisition. Celui-ci se limite à un multiplexeur. Le filtrage et la détection des changements d'état sont réalisés par le calculateur.

L'ensemble a été conçu pour présenter une grande sécurité de prise en compte des états tout ou rien.

La scrutation complète des voies est effectuée toutes les 10 ms par le multiplexeur. Celui-ci a été choisi du type matriciel pour sa simplicité de mise en oeuvre et la facilité de contrôle de son fonctionnement qui permet de valider rapidement les informations prises en compte en vue de leur utilisation dans des automatismes rapides.

Un état est validé après confirmation de sa nouvelle valeur pendant deux cycles de scrutation consécutifs. Cette double scrutation des états avant confirmation, réalise un filtrage des rebondissements des contacts des relais de découplage et évite l'utilisation d'un filtre électrique.

Le contrôle de l'acquisition porte sur :

- l'exploration des voies,
- les lignes d'entrée dans le calculateur
- les alimentations.

#### *Commandes*

Nous avons vu précédemment que deux ensembles de commande ont été prévus.

- Ensemble de commandes dites "lentes" - Conçu suivant le principe des systèmes existants, il ne peut assurer le passage que d'un ordre à la fois. Dans l'expérimentation la durée d'un cycle de commande correspondant à la durée de l'ordre sur l'actionneur a été fixé à 0,5 s. L'utilisation de relais à automaintien permettrait de ramener ce temps à 150 ms.

Le fonctionnement est le suivant : dans une première phase, un relais, sélectionnant la ligne de sortie correspondant à l'action ordonnée, est positionné. Son adresse, codée par un multiplexeur simplifié, est envoyée au calculateur. S'il y a concordance avec l'adresse de sélection et si aucun défaut n'est constaté, l'ordre d'exécution est donné. L'ordre étant unitaire, il suffit de s'assurer ensuite qu'un seul relais reste excité sans coupure jusqu'à la fin de l'ordre. Ce contrôle est assuré par deux circuits à seuils surveillant le courant d'alimentation des relais.

- Ensemble de commandes dites "rapides" - Il permet l'exécution simultanée de plusieurs ordres. Pour des raisons de sécurité il utilise également le principe de sélection puis exécution. La multiplicité des commandes a conduit à mémoriser individuellement les ordres de sélection et d'exécution. Les adresses des ordres sont contrôlées par le calculateur par entrée de celles-ci dans le multiplexeur servant à l'acquisition des signalisations.

Pour les deux types de commandes, des précautions ont été prises pour éviter toute commande erronée à la mise sous tension de l'équipement ou sur défaut affectant les alimentations ou le calculateur.

#### *Transmission*

A titre expérimental, il a été utilisé une liaison du type synchrone qui permet d'obtenir un débit d'informations plus important que le type asynchrone.

Le message transmis comprend 100 bits au total parmi lesquels 8 octets sont utilisables pour transmettre l'information. Un octet sert au contrôle du message par utilisation d'un code cyclique dont le polynôme générateur est de degré 8. Ce code qui permet d'obtenir une distance de Hamming minimale de 4 présente une efficacité pratiquement équivalente à celle de la procédure du double aller et retour utilisée de manière classique (\*), à la condition que l'équipement terminal puisse se contrôler avec la même sécurité que l'équipement émetteur. Le contrôle du code est effectué par le calculateur.

#### *Programmation*

La programmation est réalisée avec un triple souci de sécurité, de rapidité et de modularité. La recherche de la réduction de l'encombrement mémoire ne constitue pas dans cette application l'objectif essentiel. En effet nous avons vu précédemment que nous avons cherché à programmer le maximum de fonctions de manière à conserver une grande souplesse. Cette expérimentation en donnant une meilleure

-----  
 (\*) Une étude approfondie de l'efficacité d'un code détecteur d'erreurs, qui a été effectuée par le Service Informatique et Mathématiques Appliquées de la Direction des Etudes et Recherches, sera bientôt publiée.

évaluation des temps d'occupation de la machine doit nous fournir des critères pour rechercher l'optimum de répartition des travaux effectués par le calculateur ou des logiques externes compte tenu des possibilités des matériels offerts par les constructeurs.

#### *Sécurité*

L'exécution des instructions et des programmes est contrôlée par des dispositions internes au calculateur (chien de garde, contrôle de parité mémoire, alarme alimentation, etc...) cependant pour pallier certaines insuffisances de ces contrôles, des vérifications supplémentaires ont été prévues (contrôle des temps d'exécution de certains programmes, "check-sum" des programmes situés en mémoire).

#### *Modularité*

La modification d'une fonction existante ou l'addition d'une fonction nouvelle, le traitement d'informations supplémentaires dû à l'extension du poste par exemple, n'entraînent de modifications que sur une partie du programme.

#### *Rapidité*

Le système est géré de façon classique par un moniteur programmé qui détermine les modalités d'exécution des priorités engagées et des disponibilités des ressources. Les moniteurs standards disponibles sur le marché présentent trop de possibilités pour notre application, ce superflu étant payé en temps de calcul, aussi avons-nous utilisé les principes des moniteurs existants en les modifiant pour accélérer l'exécution.

#### *Alimentation*

L'équipement est alimenté par 220 V alternatif, soit par un onduleur à partir de la batterie 48 V du poste, soit par un groupe tournant à partir de l'alimentation 220/380 V secourue du poste.

#### *Environnement*

Le matériel est installé dans la salle des équipements de télécommunication. Aucune climatisation n'a été prévue. Le calculateur proprement dit peut fonctionner à des températures comprises entre 10 et 40° C. Les autres matériels sauf les périphériques électromécaniques sont essayés entre 0 et 60°. Aucun blindage particulier n'a été prévu, des essais d'équipement semblable dans des conditions d'environnement similaires n'ayant pas montré de sensibilité particulière aux perturbations dues aux manoeuvres d'appareils de coupure.

2.2.4. — Description de l'équipement du poste de commande — Le matériel utilisé au poste de commande est le suivant :

- un coupleur de modem et un modem à 200 bauds.
- un télétype,
- un calculateur de même configuration que celui du poste asservi.

Cet équipement est organisé pour réaliser les fonctions de consignateur d'état, émission des ordres de commandes et gestion de la ligne de transmission, de manière analogue à ce qui est fait au poste asservi.

2.3 Conduite de l'expérience — Afin de tirer le maximum d'informations possibles de cette expérimentation des commandes fictives seront envoyées périodiquement à partir du poste de commande. Ces commandes seront enregistrées pour contrôler le fonctionnement du système au poste asservi et au poste de commande.

Par ailleurs, tous les défauts y compris les défauts transitoires détectés par l'équipement de traitement seront imprimés avec les données locales permettant de connaître le contexte de leur apparition tant au poste asservi qu'au poste de commande.

Afin de vérifier les dispositifs de protection divers défauts seront créés au niveau des composants. Par ailleurs pour rendre compte de l'influence des perturbations pouvant survenir dans un poste à T.H.T. les essais suivants seront effectués : manoeuvres de sectionneurs et de disjoncteurs, défauts à la terre proches du poste.

## CONCLUSION

Le souci d'assurer dans les meilleures conditions de sécurité, de qualité et de coût du produit, la fourniture d'énergie électrique, entraîne l'amélioration de la pertinence des décisions prises par les responsables de la conduite du réseau et l'augmentation de la rapidité des actions correspondantes. C'est ce qui a conduit Electricité de France à perfectionner ses moyens de conduite. Les trois grands axes de ce développement sont :

- la transmission en temps réel des informations nécessaires à la prise de décision vers les Centres de Conduite,
- les moyens informatiques d'aide à la décision traitant ces informations,
- la mise en oeuvre de télécommandes sûres et rapides des ouvrages du réseau à partir des Centres de Conduite.

Déjà à l'heure actuelle, la conduite des postes nécessitant des possibilités d'intervention rapide, est assurée à partir de Pupitres de Commandes Groupées situés dans des postes importants. Ces postes, gardiennés, sont avec les services de quart des centres de production les seuls interlocuteurs des dispatchings.

Dans la structure finale prévue, qui prendra une dizaine d'années pour se mettre en place, on distingue trois niveaux hiérarchiques : le Poste ou la Centrale, le Centre Régional de Conduite, le Dispatching National.

Les deux derniers niveaux constituent les Centres de Conduite où sont prises les décisions et exécutées les actions relatives à la gestion de l'ensemble Production-Transport. Dans cette structure les Pupitres de Commandes Groupées deviennent de simples points de regroupement du réseau de téléinformation en conservant toutefois la possibilité de reprise en secours, à ce niveau, de la conduite des installations en régime dégradé.

L'organisation envisagée ne peut se substituer brutalement à la structure existante pour des raisons techniques et économiques évidentes. Elle doit s'intégrer progressivement au système en place sans perturber l'exploitation des réseaux.

Par ailleurs, étant donné l'importance de l'enjeu, il est nécessaire de posséder une parfaite maîtrise des équipements qui devront présenter des qualités exceptionnelles de sécurité. C'est dans cet esprit que des opérations expérimentales ont été engagées concernant en particulier l'utilisation de calculateurs dans les postes à très haute tension.

Les progrès incessants des techniques informatiques pour le traitement et la transmission des informations qui se traduisent par l'amélioration à coût égal des performances et de la qualité des matériels permettent de penser que les objectifs décrits dans ce rapport seront atteints.

## BIBLIOGRAPHIE

- BARRET J.P., CORBERY H., ESCLANGON Ph., MAURY F., NOE C. – Evolution de la conduite du réseau de transport d'énergie. (Rapport S.F.E. Congrès de Lyon Octobre 1969).
- BARRET J.P., CARPENTIER L., CORBERY H., KOHN S., NOE C. – Automatisation des réseaux de transport d'énergie. (Rapport C.I.G.R.E. 34-07 Session 1970).
- MURRAY B., HUGUES G. – An approach to on-line substation control. (Rapport PSCC IV Grenoble Septembre 1972).
- GOEMINNE P., VAN MIEGROET P., WAH J.P. – Surveillance et conduite automatisée des réseaux. (Rapport PSCC IV Grenoble Septembre 1972).