

LES TÉLÉCOMMUNICATIONS DANS LES RÉSEAUX E.D.F. ET G.D.F.

Par M. PAIMBOEUF

Chef du Service " Télécommunications " à E.D.F.

MARS 1969

LES TELECOMMUNICATIONS DANS LE RESEAU D'E.D.F.

Par M. PAIMBOEUF

Chef du Service "TELECOMMUNICATIONS" à E.D.F.

L'ensemble du réseau d' E.D.F. comporte un grand nombre de lignes et d'ouvrages. L'entretien de ces ouvrages nécessite certaines manoeuvres : mise hors service d'une ligne par ouverture des disjoncteurs et des sectionneurs, raccordement d'une ligne ou d'un transformateur sur tel ou tel jeu de barres, mise sous tension d'une ligne ou d'un ensemble de lignes, etc ... Ces manoeuvres doivent s'effectuer suivant des consignes extrêmement précises qui impliquent un accord complet entre les différents points intéressés. Il est donc indispensable de disposer de liaisons téléphoniques sûres entre ces points. Les règlements administratifs imposent d'ailleurs une liaison téléphonique directe entre les deux extrémités d'une ligne à haute tension. L'exécution de ces manoeuvres nécessite également la connaissance d'un certain nombre de paramètres éloignés (puissance, fréquence, etc..) qui doivent ainsi être transmis depuis le point de mesure jusqu'à l'agent qui exécute la manoeuvre.

D'autre part, l'exploitation de l'ensemble du réseau, dont la charge incombe au Service des Mouvements d'Energie, est effectuée par un nombre réduit de personnes situées au Centre des Dispatchings Régionaux qui sont eux-mêmes supervisés par un Dispatching National à PARIS.

Les Ingénieurs de service dans ces Dispatchings doivent à chaque instant être renseignés sur la situation exacte du réseau : puissance transitée par les lignes, charge des transformateurs, situation des usines, réserves thermiques et hydrauliques, fréquence et tension de points particuliers, etc ... Ils ont, d'autre part, à faire exécuter un certain nombre de manoeuvres à des usines ou des postes parfois très éloignés et à communiquer aux usines leur programme journalier.

Des problèmes comparables se posent pour l'exploitation du réseau de GAZ DE FRANCE dont les "feeders" sillonnent maintenant tout le territoire français. Les Dispatchings GAZ ont besoin eux aussi de communications téléphoniques rapides et de renseignements concernant les débits et les pressions aux points importants de leur réseau.

Au niveau de la Distribution, que ce soit GAZ ou ELECTRICITE, la complexité de l'exploitation et le désir d'une qualité de service toujours meilleure, implique la connaissance d'un grand nombre de paramètres : positions d'organes et mesures.

On conçoit que cette organisation implique un très grand nombre de liaisons à distance : d'une part, des circuits téléphoniques et, d'autre part, des circuits permettant la transmission des informations nécessaires à l'exploitation : télémesures (puissances, tensions, phases, fréquences, pressions, débits, etc ...), télésignalisations, télécommandes, téléprotections, etc ...

Enfin, des liaisons radio sont utilisées pour assurer les communications avec les véhicules.

Nous examinerons rapidement, dans cet exposé, d'une part, les "Voies de transmission" utilisées, et, d'autre part, les différents types d'information transmis sur ces voies de transmission.

- LES VOIES DE TRANSMISSION -

Les différentes voies de transmission utilisées par ELECTRICITE DE FRANCE sont de trois types principaux :

- les circuits loués aux P.T.T.
- les liaisons à courants porteurs sur ligne d'énergie
- les faisceaux hertziens.

Il faut noter qu'il existe également des circuits privés en câbles principalement dans les grandes villes et également dans des cas particuliers (par exemple les centrales hydrauliques du RHIN sont raccordées entre elles par un câble B.F. avec paire symétrique équilibrée H.F.).

I - 1 CIRCUITS P.T.T. -

De nombreux circuits sont loués à l'Administration des Postes et Télécommunications. Ils sont utilisés soit pour le réseau téléphonique de sécurité, soit pour réaliser des liaisons à courte, moyenne ou grande distance entre les différents Services E.D.F. (réseau dit "administratif").

En ce qui concerne le réseau de sécurité, E.D.F. bénéficie d'une réduction de 40 % sur les tarifs de location. Il y a vingt ans ces circuits P.T.T. n'existaient pratiquement pas dans le réseau de sécurité qui était réalisé uniquement avec des liaisons à courants porteurs sur ligne d'énergie. Depuis, de nombreuses liaisons spécialisées ont été louées aux P.T.T. et ceci pour deux raisons principales :

- 1°) Les lignes à haute tension diminuent de longueur au fur et à mesure de l'augmentation de la consommation. De ce fait, les liaisons CPL à grande distance deviennent plus difficiles à réaliser et plus coûteuses. Les circuits loués aux P.T.T. deviennent intéressants pour réaliser ce type de liaisons.
- 2°) Le fait de mélanger des liaisons CPL et des circuits loués aux P.T.T. pour constituer le réseau de sécurité rend la probabilité de panne simultanée extrêmement faible du fait que les deux types de voies de transmission sont complètement indépendants.

En ce qui concerne le réseaux "administratif", les circuits loués aux P.T.T. sont de trois types :

- circuit à deux fils
- circuit à quatre fils de qualité normale (fréquence de coupure garantie supérieure à 2600 Hz)
- circuit à quatre fils de qualité supérieure (fréquence de coupure garantie supérieure à 3000 Hz gabarit M 89 du C.C.I.T.T.).

Les circuits à deux fils sont en général utilisés pour des liaisons à courte distance ou bien pour du téléphone seul lorsqu'il s'agit d'un raccordement à une station terminale.

Les circuits à quatre fils sont utilisés pour les liaisons à moyenne et grande distance, lorsqu'il s'agit de liaisons téléphoniques effectuant du transit ou bien avec utilisation mixte (phonie + signaux) de ces circuits.

1 - 2 CIRCUITS PAR COURANTS PORTEURS SUR LES LIGNES D'ENERGIE -

1.2.1) Généralités

Les exploitants de réseaux électriques, qui possédaient des lignes de transport s'étendant sur des centaines de kilomètres de longueur, avaient pensé à utiliser la ligne elle-même pour transmettre des messages entre les deux extrémités. Mais cette possibilité ne put être expérimentée qu'à partir de 1930 grâce aux progrès technologiques dans le domaine de la radioélectricité.

En effet, une voie téléphonique occupant la bande de fréquence comprise entre 300 et 3400 Hz ne peut pas être transmise directement sur les conducteurs de ligne. Il n'est techniquement pas possible de séparer des tensions de plusieurs centaines de kilovolts à la fréquence industrielle de 50 Hz et des tensions de quelques dixièmes de volt à la fréquence de 300 Hz.

La transmission ne peut être réalisée que par l'intermédiaire d'un émetteur modulé par les fréquences téléphoniques et dont la fréquence porteuse est choisie de façon à répondre aux critères techniques suivants :

- être au moins 1000 fois plus grande que la fréquence industrielle,
- ne pas être trop élevée pour se propager sans affaiblissement prohibitif.

Parmi les multiples procédés de modulation possibles, l'utilisateur a le choix entre :

- La modulation de fréquence -

Malgré les avantages inhérents à ce procédé : émetteurs et récepteurs simples, faible sensibilité au bruit et aux distorsions d'affaiblissement, il n'existe pas de liaisons bilatérales utilisant la modulation de fréquence à l'E.D.F. En effet, il serait nécessaire d'employer deux bandes de fréquence, larges de 15 kHz chacune et suffisamment éloignées pour éviter la diaphonie entre émission et réception. Comme la gamme de fréquences allouée à l'E.D.F. ne s'étend que jusqu'à 300 kHz, le nombre de liaisons bilatérales que l'on pourrait réaliser serait en effet très faible : pour éviter les interférences, on ne peut placer deux émetteurs ou récepteurs utilisant la même fréquence dans le même poste. De plus, dans un tel type de liaison, les circuits bouchons utilisés à chaque extrémité de la ligne doivent être du type bi-onde, c'est-à-dire posséder une fréquence d'anti-résonance pour chacune des fréquences utilisées à l'émission et à la réception. Les circuits bouchons bi-onde sont d'un réglage délicat et onéreux.

- La modulation d'amplitude -

Une liaison bilatérale nécessite deux bandes de 6 kHz chacune, suffisamment éloignées l'une de l'autre pour éviter toute diaphonie. Bien que les émetteurs et récepteurs soient d'une grande simplicité, ce procédé de modulation, qui utilise mal la gamme de fréquences allouée à l'E.D.F., n'est plus employé pour les liaisons nouvelles.

- La modulation en bande latérale unique (BLU) -

Le procédé est une modulation d'amplitude dans laquelle une des deux bandes latérales est éliminée par filtrage; de plus, l'amplitude de la fréquence porteuse est réduite

ce qui permet d'affecter à la bande latérale utile une partie de la puissance précédemment fournie par l'émetteur sur la fréquence porteuse : à puissance maximale fournie par l'émetteur identique, une liaison BLU permet de gagner environ 8 db sur le rapport signal sur bruit.

Les filtrages, très performants, effectués à l'émission et à la réception, permettent d'accoler les deux bandes de 4 kHz nécessaires à l'émission et à la réception : une liaison bilatérale BLU occupe une largeur de bande de 8 kHz seulement. Un seul circuit bouchon mono-onde (à une seule fréquence d'anti-résonance) est nécessaire à chaque extrémité de la ligne.

Bien que les performances techniques demandées à un émetteur-récepteur BLU soient très sévères et entraînent un coût du matériel élevé (+ 50 % par rapport à un émetteur-récepteur en modulation d'amplitude), toutes les nouvelles liaisons CPL réalisées à l'E.D.F. utilisent le procédé BLU, les avantages dûs à l'utilisation maximale de la gamme allouée l'emportant sur les inconvénients.

Au 1er Janvier 1969, il existe 352 liaisons bilatérales employant des émetteurs-récepteurs BLU et encore 163 liaisons bilatérales en modulation d'amplitude.

1.2.2) Caractéristiques des lignes de transport d'énergie comme milieu de propagation

1.2.2.1) Propagation

La plupart des lignes de transport construites jusqu'à présent par E.D.F. comprennent un terna (trois conducteurs) en présence du sol.

Depuis 1968, l'E.D.F. installe de nouvelles lignes à 380 kV comportant deux ternes. On démontre mathématiquement, et de façon complexe, que les ondes peuvent se propager sur un tel ensemble de plusieurs conducteurs isolés les-uns des autres; la propagation fait intervenir simultanément tous les conducteurs de la ligne et l'affaiblissement est d'autant plus petit que les conducteurs ont une plus grande conductivité superficielle : lorsqu'un courant important se propagera dans le sol, mauvais conducteur, la propagation s'effectuera avec un grand affaiblissement.

D'une manière générale et approximative, les résultats sont les suivants :

- la vitesse de propagation des ondes sur une ligne est voisine de la vitesse de la lumière : environ 295 000 km/seconde,
- l'affaiblissement de propagation croît sensiblement de façon proportionnelle à la fréquence : ainsi les fréquences élevées (300 kHz) servent à des liaisons sur des lignes de longueur inférieure à 50 km tandis que pour les lignes de longueur atteignant 200 km, les fréquences porteuses sont choisies voisines de 100 kHz,
- l'affaiblissement de propagation est minimal lorsque les émetteurs récepteurs sont couplés sur les conducteurs de ligne qui occupent la position la plus centrale pendant la plus grande partie du parcours de la ligne,
- l'impédance mesurée entre un conducteur de ligne et le sol est comprises entre 300 et 400 ohms.

Lorsque les conducteurs de ligne ne conservent pas une même disposition relative pendant tout le parcours, on dit qu'il y a transposition des conducteurs. Les transpositions sont généralement néfastes et augmentent notablement l'affaiblissement des liaisons par courants porteurs.

1.2.2.2) Perturbations apparaissant sur les lignes

Les liaisons réalisées sur les lignes sont affectées de parasites : bruit permanent dû aux effluves, ondes de chocs créées par la manoeuvre d'un appareil de ligne, court-circuit lors d'un défaut.

Le bruit permanent créé par effet couronne est d'autant plus intense que la tension de la ligne est élevée et que le temps est plus humide. Ce bruit, dont le spectre est sensiblement uniforme entre 0 et 1 MHz, nécessite l'emploi d'une puissance d'émission élevée (plusieurs dizaines de watts) pour que le signal reçu à l'autre extrémité de la ligne soit très supérieur au bruit. Pour une liaison téléphonique de qualité, le rapport signal/bruit à la réception doit être supérieur à 40 dB.

Les bruits occasionnels, créés par des manoeuvres d'appareillage de ligne, sont composés d'ondes à fronts raides d'amplitude très élevée (plusieurs centaines de kV). Ces ondes, transmises par le matériel de couplage, ne doivent pas entraîner de destruction dans les émetteurs-récepteurs. L'apparition de ces ondes de choc perturbe les liaisons téléphoniques pendant une fraction de seconde et peut entraîner quelques refus de code sur les messages transmis par des télémessures numériques transitant par liaisons CPL.

Les courts-circuits en ligne créent un affaiblissement supplémentaire et momentané pouvant atteindre 20 dB, mais le bruit introduit par l'arc est très faible. Une liaison CPL de téléphonie ou de télémessure est perturbée pendant la durée du court-circuit mais une liaison spécialisée de téléaction transmet des ordres de façon satisfaisante.

1.2.3) Couplage à la ligne de transport d'énergie

Le couplage des émetteurs-récepteurs à la ligne HT se fait par l'intermédiaire d'un condensateur de couplage et d'une bobine de drainage constituant une sorte de filtre passe haut. Le courant à fréquence industrielle traversant la capacité de couplage ($C = 4000$ pf) est acheminé à la terre par la bobine de drainage qui constitue une impédance élevée pour les fréquences de plusieurs dizaines de kHz.

Une boîte de couplage contient un parafoudre destiné à absorber une partie des ondes de choc transmises par le condensateur de couplage et un autotransformateur qui permet d'adapter l'impédance de ligne à l'impédance du câble coaxial relié aux équipements CPL (Figure 1).

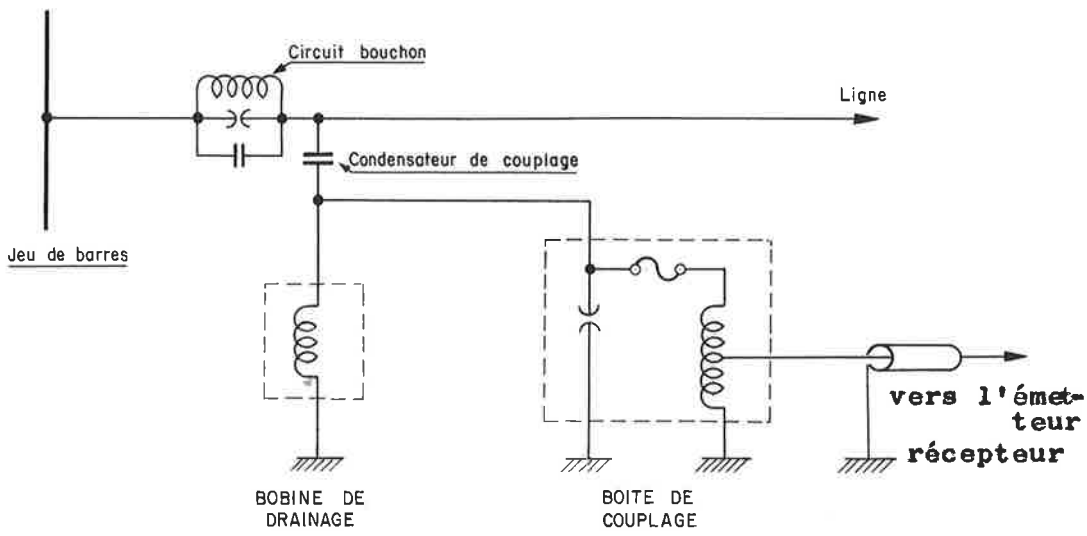


FIG.1 SCHEMA DU DISPOSITIF DE COUPLAGE A LA LIGNE

Un circuit-bouchon constitué par une inductance de 170 uH et accordé à la fréquence de liaison CPL masque l'impédance du jeu de barre qui est généralement très faible et pourrait court-circuiter l'émetteur.

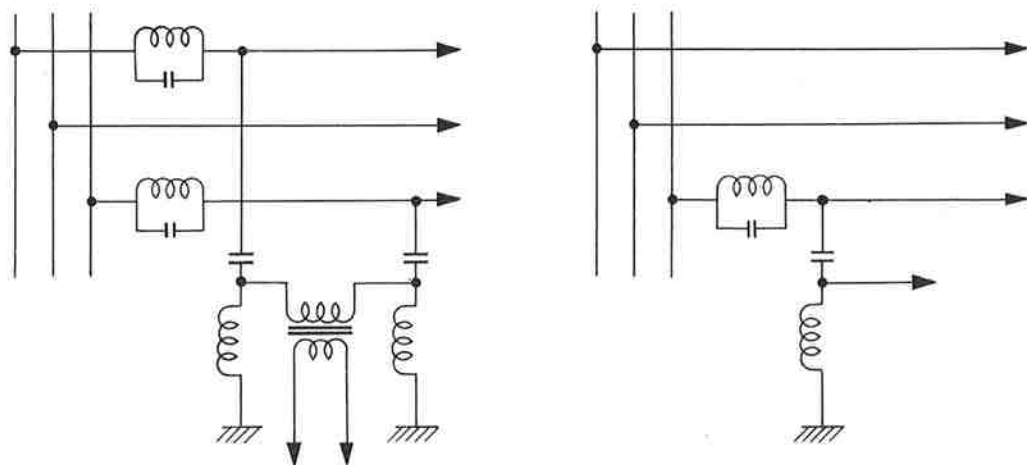
L'inductance est parcourue par le courant de ligne (1250 A sur les nouvelles lignes 380 kV). Elle doit résister aux efforts électrodynamiques d'un courant de défaut de 40 000 A.

La bande passante du circuit-bouchon est d'autant plus faible que la fréquence d'accord est basse; aussi, évite-t-on de réaliser des liaisons bilatérales au voisinage de la fréquence d'accord de 50 kHz, car la bande de fréquence utile serait mal transmise.

Les meilleures adaptations aux lignes sont réalisées suivant le schéma interphase (Figure 2 a). Malheureusement le prix du matériel de couplage est élevé : le coût de deux circuits-bouchons 1 250 A est le même que celui d'un émetteur-récepteur BLU. Ce procédé de couplage interphase est utilisé pour les liaisons de téléaction CPL dont le fonctionnement est très important.

Pour les liaisons CPL servant à la téléphonie et aux télémesures, le procédé de couplage est réalisé suivant le schéma phase-terre (Figure 2 b).

Sur les lignes de tension 225 ou 380 kV, le condensateur de couplage est constitué par le transformateur diviseur capacitif utilisé en même temps pour la mesure de la tension du conducteur.



2 a) COUPLAGE INTERPHASE

2b) COUPLAGE PHASE - TERRE

FIG. 2 DIFFERENTS TYPES DE COUPLAGE

1.2.4) Equipements pour liaisons CPL - Répartition des fréquences

1.2.4.1) Caractéristiques des équipements CPL

A partir de 1962, les équipements achetés par E.D.F. pour réaliser des liaisons CPL étaient exclusivement fabriqués avec des semi-conducteurs; leur fiabilité en était considérablement améliorée.

Les équipements BLU fabriqués à l'heure actuelle sont présentés en armoire alimentés en courant continu 48 V; ils fournissent une puissance crête de 10 watts ou 40 watts suivant le type.

Bien que les équipements BLU actuels supportent des affaiblissements de propagation atteignant 60 dB, en pratique les liaisons d'affaiblissement supérieures à 20 dB sont rares.

Les émetteurs doivent être protégés contre les ondes de choc car les parafoudres situés dans les boîtes de couplage ont un temps d'amorçage non négligeable, qui laisse passer une partie de l'onde incidente. Ce résultat est obtenu par des diodes Zeener.

95 % des émetteurs récepteurs BLU utilisés par E.D.F. sont du type "mixte" c'est-à-dire que les signaux à transmettre comprennent simultanément :

- une voie téléphonique et sa signalisation d'appel
- une voie "signaux" pouvant acheminer 6 canaux de télégraphie harmonique 120 Hz.

1.2.4.2) Répartition des fréquences

La gamme autorisée des fréquences pour liaisons CPL s'étend jusqu'à 300 kHz.

Les fréquences inférieures à 40 kHz ne peuvent pas être utilisées à cause de la bande passante alors trop limitée du système de couplage à la ligne.

E.D.F. a normalisé des canaux :

- les fréquences de 40 à 100 kHz sont réservées aux liaisons de "téléaction", qui sont à bande étroite (3 kHz).

- les fréquences de 100 à 300 kHz, découpées en canaux de 8 kHz, permettent de réaliser des liaisons bilatérales en BLU.

Un certain nombre de canaux incluant les fréquences porteuses d'émetteurs de radiodiffusion grandes ondes ne peuvent pas être utilisés pour des liaisons BLU. En conséquence, le même canal doit être utilisé jusqu'à 10 fois à l'intérieur du même Centre Régional.

Le choix de la fréquence d'une liaison nécessite des précautions : 2 liaisons issues d'un même poste ne peuvent pas émettre dans le même canal sous peine d'interférences entre les liaisons. De même, 2 lignes HT empruntant un même "couloir d'énergie" ne peuvent supporter des liaisons CPL à la même fréquence.

1.2.5) Evolution du réseau CPL

Le réseau de sécurité E.D.F., à numérotation automatique, comprend 515 liaisons CPL ainsi qu'un certain nombre de circuits en câbles loués aux P.T.T.

Le réseau CPL suivant l'évolution du réseau de transport, le nombre de liaisons croît avec le nombre de nouveaux postes et de nouvelles centrales.

A l'heure actuelle, la qualité des liaisons CPL est comparable à la qualité des liaisons effectuées avec des circuits loués aux P.T.T.

1 - 3 FAISCEAUX HERTZIENS -

Dans les cas, assez rares au total, où on ne peut disposer ni de circuits en câbles souterrains ni de circuits par courants porteurs sur lignes d'énergie, on fait appel à des liaisons radio.

Ces liaisons qui doivent avoir des caractéristiques aussi sûres que celles des câbles souterrains ne peuvent être réalisées qu'en ondes très courtes (> 400 MHz) qui ne se réfléchissent pas sur les couches de l'ionosphère et suivent à peu près les lois des rayons lumineux. Il faudra donc dans beaucoup de cas utiliser des relais afin que les extrémités de chaque tronçon soient pratiquement en visibilité optique.

Deux bandes de fréquences sont utilisées : 450 et 7000 MHz. Dans le cas des liaisons à 450 MHz, la visibilité optique n'a pas besoin d'être rigoureuse, les phénomènes de réflexion, réfraction et diffraction permettant aux rayonnements de franchir quelques obstacles, mais les liaisons dans les bandes de 2000 et 7000 MHz nécessitent le dégagement total du rayon optique.

Les antennes utilisées sont soit des dièdres ou des antennes hélicoïdales pour les fréquences < 1000 MHz, soit des paraboles pour les fréquences > 1000 MHz.

Les circuits ainsi réalisés comportent en général plusieurs voies (3 ou 6) et sont traités comme tous les autres circuits.

1 - 4 UTILISATION MIXTE DES VOIES DE TRANSMISSION -

Les voies de transmission sont d'un coût élevé, qu'elles soient réalisées en liaison CPL ou louées aux P.T.T. E.D.F. cherche donc à les utiliser au maximum. Dans la majorité des cas, une liaison assure simultanément une voie téléphonique et une voie bilatérale signaux.

Pour cela, un matériel permettant l'utilisation mixte des circuits a été développé (300 circuits sont équipés de cette façon).

Le principe est le suivant :

Un ensemble de filtre d'aiguillage placé à chaque extrémité du circuit sépare la bande de fréquence transmise en deux parties :

- une voie "Phonie" comprise entre 300 et 2000 Hz
- une voie "Signaux" qui passe toutes les fréquences supérieures à 2190 Hz jusqu'à la fréquence de coupure du circuit.

Ces ensembles sont doublés lorsqu'il s'agit d'un circuit à 4 fils puisque les sens transmission et réception sont séparés.

Dans la voie "Signaux", E.D.F. utilise dans la majorité des cas des voies harmoniques à 50 bauds utilisant les fréquences moyennes F_0 de 2220 - 2340 - 2460 - 2580 - 2700 - 2820 - 2940 - 3060 Hz. Les signaux sont du type à modulation de fréquence, soit bivalents ($F_0 \pm 30$ Hz) soit trivalents ($F_0 - 30$ $F_0 + 30$ Hz) occupant une bande de 120 Hz.

La fréquence de 2220 Hz est réservée à l'appel (signaux de prise, de numérotation, de libération entre autocommutateurs).

De cette façon, avec un circuit de qualité normale ($F_c \geq 2600$ Hz), quatre voies harmoniques peuvent être utilisées. Avec un circuit de qualité supérieure ($F_c \geq 3000$ Hz), un nombre plus important de voies harmoniques peuvent être créées.

Les niveaux sont réglés pour ne pas dépasser la puissance moyenne admissible sur les circuits conformément aux recommandations du C.C.I.T.T. Chaque voie harmonique est réglée à un niveau inférieur de 1,2 néper à la téléphonie lorsque le poste téléphonique est remplacé par un générateur de 1 mW (niveau 0)

La partie téléphonique comprend un termineur 2 fils/4 fils commandé par un relais. Les niveaux normalisés côté installation sont les suivants :

| | | | |
|---------------|--------|-------------|----------------|
| - En terminal | 2 fils | (Emission | 0 néper (1 mW) |
| | | (Réception | - 0,8 néper |
| - En transit | 4 fils | (Emission | - 0,4 néper |
| | | (Réception | - 0,4 néper |

Un transit 4 fils n'apporte pas d'affaiblissement supplémentaire puisque les niveaux Emission et Réception sont identiques.

Si l'affaiblissement des jonctions urbaines est important (> 0,8 néper) ou bien si la distorsion d'affaiblissement est trop grande, des amplificateurs-égaliseurs sont incorporés.

D'autre part, un écrêteur est inséré dans la partie Emission Phonie afin de limiter la puissance maximale lors d'éclats de voix.

- LES DIVERSES UTILISATIONS DES VOIES DE TRANSMISSION -

II - 1 TELEPHONE -

Le téléphone est toujours un moyen de communication très utilisé dans E.D.F.

Nous distinguerons deux cas :

Le réseau "administratif" comprenant les installations téléphoniques raccordées au réseau général des P.T.T. ainsi que les circuits entre ces installations, mises à la disposition de l'ensemble des utilisateurs.

Le réseau "de sécurité" réservé à l'exploitation des postes, des lignes et des centrales avec un nombre limité d'utilisateurs.

II-1-1) Réseau "Administratif"

Les bureaux, les postes et les usines d'ELECTRICITE DE FRANCE et de GAZ DE FRANCE sont desservis par des installations téléphoniques équipées d'autocommutateurs à prise directe du réseau et à transfert. Sur ces autocommutateurs sont raccordés les lignes principales d'abonnement au réseau téléphonique général des P.T.T. ainsi que les liaisons spécialisées louées.

II-1-1-1) Autocommutateurs

La gamme de capacité utilisée pour les autocommutateurs varie de façon très importante de l'installation équipée de 1 ligne réseau, 6 postes téléphoniques à 320 lignes de réseau 5200 postes téléphoniques.

Le matériel utilisé est en grande majorité du type CROSSBAR qui nous donne entière satisfaction. E.D.F., le premier en FRANCE voici 15 ans, a utilisé le matériel CROSSBAR. Les modèles anciens avec rotatifs (type R 6, L 43, ROTARY) tendent à disparaître pour des raisons de sécurité et de coût de main d'oeuvre d'entretien. Un nouveau matériel semi-électronique pour les capacités importantes apparaît sur le marché.

L'équipement interne de l'installation est étudié pour permettre l'écoulement d'un trafic d'environ 0,12 erlang par poste. Les installations sont à prise directe du réseau et à transfert avec signalisation permanente de l'occupation des circuits pour les installations de petites et moyennes capacités.

L'acheminement des communications à l'arrivée s'effectue par l'intermédiaire du standard. Pour les installations importantes, les appels d'arrivée sur les lignes réseau sont distribués automatiquement entre les opératrices. La sélection directe à l'arrivée qui permet d'appeler directement un correspondant intérieur depuis le réseau général des P.T.T. commence à se développer en FRANCE pour les installations importantes.

De nombreuses installations sont équipées de dispositifs spéciaux :

- Recherche de personnes automatique
- Attente sur occupation
- Renvoi automatique des communications.

II-1-1-2) Lignes extérieures

En plus des lignes principales du réseau téléphonique général des P.T.T., des lignes privées relient les autocommutateurs : lignes privées locales, lignes à grande distance.

- Lignes privées locales -

Ces lignes permettent à chaque abonné du centre régional d'atteindre directement les standards et abonnés éloignés de la même région.

Elles sont exploitées en liaisons inter-automatiques.

Divers modes d'échange de signalisation sont utilisés suivant la distance entre installations où la qualité des circuits fournis par les P.T.T.

Les échanges de signalisation s'effectuent soit en courant continu, en courant alternatif 50 Hz ou en fréquences musicales.

- Lignes à grande distance -

Les grands Centres Régionaux (Dispatchings) sont reliés au Dispatching National par des circuits à grande distance à 4 fils loués aux P.T.T. Compte tenu du prix élevé de location, le nombre de circuits est réduit au strict minimum et chacun des circuits écoule un trafic important d'au moins 0,9 erlang à l'heure chargée. Du fait de l'importance de ce trafic, une exploitation entièrement automatique est exclue car les utilisateurs rencontreraient trop souvent l'occupation. L'exploitation est la suivante :

Pendant les heures ouvrables, tous les circuits sont à la disposition de tous les utilisateurs qui peuvent les prendre en prise directe. Dans le cas d'occupation du circuit, le demandeur est connecté et renvoyé en débordement sur le standard qui prend note de la demande et établit la communication en tenant compte des priorités données par consigne; En arrivée, les communications sont établies par le standard.

En cas d'incidents sur le réseau électrique, les Dispatchings ont toujours la possibilité de reprendre à leur usage exclusif l'exploitation des circuits.

Les transits entre circuits s'effectuent en 4 fils par l'intermédiaire des standards.

Dans les centres importants, afin de faciliter l'exploitation des lignes à grande distance, les opératrices ont à leur disposition des circuits privés spéciaux de liaisons.

Ces derniers relient les diverses installations téléphoniques à l'installation sur laquelle sont raccordées les lignes à grande distance. Ils permettent aux abonnés éloignés de prendre directement les lignes à grande distance et aux opératrices d'écouler les communications différées ou arrivées avec toutes les possibilités habituelles réservées aux opératrices locales (supervision, contrôle de sonnerie, offre sur abonné occupé).

II-1-2) Réseau "de sécurité"

II-1-2-1) Autocommutateur "de sécurité"

Le réseau téléphonique est constitué par un ensemble d'autocommutateurs situés dans les ouvrages E.D.F. (usines, postes à H.T., dispatching, etc...) et raccordés entre eux par les circuits inter-automatiques à 4 fils constitués indifféremment par des liaisons à courants porteurs sur ligne d'énergie (CPL) et par des circuits loués aux P.T.T. (l'interconnexion des deux types de circuits est autorisée par les P.T.T.). Quelques postes locaux sont raccordés à ces autocommutateurs : moins de 10 postes dans la plupart des cas, et quelques dizaines dans les centres très importants (dispatchings). Les postes de ce réseau sont uniquement à la disposition des agents d'exploitation. Le trafic, assez réduit, s'effectue principalement à l'intérieur d'une zone régionale.

La FRANCE est divisée en huit zones (C.R.T.T.) et à l'intérieur de chaque C.R.T.T. la numérotation est homogène à trois chiffres. Pour atteindre un poste situé dans une autre zone, il est nécessaire de composer d'abord un préfixe à deux chiffres (10 à 19 et 90 à 97) avant de numérotter les trois chiffres du poste désiré. Ce découpage à l'avantage de pouvoir utiliser des numéros d'appel identiques dans chacun des C.R.T.T. Néanmoins quelques numéros préférentiels à trois chiffres sont utilisés pour appeler directement tous les dispatchings régionaux, sans composer le préfixe, depuis n'importe quel poste du réseau de sécurité.

Ces autocommutateurs permettent d'établir des communications locales entre les postes (en deux fils); ils permettent également à ces postes d'appeler un autre centre distant par l'intermédiaire des circuits (CPL ou BF) et aussi d'établir des transits entre deux circuits. Ces transits s'effectuent toujours en 4 fils, et les équivalents de transmission sont ramenés à 0 par les armoires CPL ou équipements BF, si bien que l'aboutement d'un nombre quelconque de tronçons donne un circuit à équivalent nul.

Les autocommutateurs du réseau de sécurité sont équipés d'enregistreurs-émetteurs. Ces organes reçoivent la numérotation, assurent l'acheminement de la communication (compte tenu des indications données par un traducteur) et, éventuellement, ré-émettent les impulsions de numérotation vers un autre autocommutateur distant, en empruntant les circuits CPL ou BF. Chaque automatique régénère ainsi les impulsions de numérotation jusqu'au centre désiré (Le demandeur perçoit dans son récepteur des "tops" sonores correspondant à l'émission de chaque impulsion, ce qui permet un contrôle de l'acheminement de la communication.

De part sa configuration géographique, le réseau de sécurité E.D.F. est extrêmement maillé et de ce fait, il est possible d'appeler un centre distant en empruntant plusieurs itinéraires différents. Ce changement d'itinéraire, appelé "déroutage" s'effectue automatiquement si le circuit préférentiel est occupé; ceci grâce au traducteur associé aux enregistreurs.

Lorsqu'une communication est établie entre deux postes distants, ceux-ci sont raccordés aux circuits, en 2 fils, à l'aide d'un transformateur différentiel classique, ce qui ramène l'équivalent total du circuit à la valeur normale de - 0,8 néper. Le passage en 2 fils/4 fils est commandé par l'autocommutateur, mais s'effectue dans les équipements des circuits (CPL ou BF). Lorsque le correspondant distant est trouvé occupé, tous les circuits empruntés sont immédiatement libérés et le signal d'occupation est donné au demandeur depuis son autocommutateur local.

De nombreuses autres possibilités sont offertes par les autocommutateurs de sécurité. Citons par exemple :

- l'utilisation de lignes dites "à croisement d'ondes" permettant l'économie d'un ou plusieurs autocommutateurs sur les tronçons d'extrémité,
- la traduction du chiffre de centaine,
- l'absorbition possible d'un ou plusieurs chiffres,
- la possibilité de numérotter en "pas à pas" en transit avec correction des impulsions émises,
- la possibilité d'utiliser un système de numérotation à multi-fréquences, en transit, ce qui

permet un gain de temps appréciable sur les grands axes. Ce système est peu développé à cause du coût élevé de ces équipements,

- le partage d'une même dizaine "à l'unité" permettant d'utiliser un nombre restreint de numéros d'appel pour chaque centre,
- la prise d'un circuit "sans envoi" d'impulsions,
- l'utilisation d'un numéro d'appel individuel pour les Dispatchings.

Le réseau de sécurité E.D.F. comporte environ 250 autocommutateurs qui existent en quatre modèles, suivant les capacités (nombre de circuits, de lignes de poste, de circuits de jonctions, etc...). Le tiers de ces appareils est encore équipé de commutateurs rotatifs et utilise la technique "R6". Mais depuis une dizaine d'années, ces modèles sont remplacés par des systèmes de technique plus récente (type "tout à relais" et CROSSBAR).

II-1-2-2) Tables Dispatching

En plus de l'autocommutateur, les Dispatchings comportent des pupitres permettant aux dispatchers de superviser en permanence l'état des liaisons et d'appeler leur correspondant directement sur les circuits reliant les centres distants, sans passer par l'autocommutateur local.

Ils bénéficient généralement d'une priorité locale et ont la possibilité d'entrer en tiers sur les lignes et circuits occupés, d'établir des circuits de conférence, etc ...

Ces tables comportent aussi des boutons de prise de ligne à "indicatif pré-établi" (émission automatique du numéro d'appel sans manoeuvre du clavier ou du cadran), ce qui facilite l'exploitation.

La version la plus moderne comporte un seul bouton-lampe par circuit avec garde automatique. Compte tenu des facilités de passage d'un circuit sur l'autre, un seul combiné est équipé par position.

II - 2 GARDIENNAGES -

Un grand nombre de postes à haute tension (416) sont gardiennés, c'est-à-dire qu'ils sont exploités par deux agents seulement (Chef et Sous-Chef de poste). Ces deux agents ne sont pas en permanence dans la salle de commande : de jour, ils travaillent dans le poste électrique; en dehors des heures ouvrables, ils sont de service à tout rôle dans leur domicile.

Un dispositif a été étudié pour :

- renvoyer les signalisations (alarmes, appels téléphoniques, etc ...) dans les domiciles des agents,
- mettre en jeu des temporisations permettant une exploitation normale avec les sécurités nécessaires,
- donner à l'agent de service la possibilité de répondre aux appels téléphoniques à partir de l'endroit où il se trouve.

Ce dispositif se compose d'un ensemble de relayage téléphonique et de boîtiers groupant les signalisations et les lignes téléphoniques. Ces boîtiers sont installés dans la salle de commande, les domiciles et également dans des points judicieusement placés dans les postes importants et étendus. Ils comportent :

- un ensemble de voyants lumineux précisant les signalisations suivantes :
 - Alarme Défaut Poste
 - Alerte Danger
 - Appels Téléphone
 - Appel porte d'entrée
- un ensemble de boutons de commande ou clés téléphoniques permettant :
 - Prise de service de chaque agent
 - Report klaxon
 - Alerte Danger
 - Eclairage Poste
 - Ouverture Porte d'entrée
- une sonnerie alertant l'agent de service

- un poste téléphonique du genre "INTERCOMMUNICATION" permettant la prise de lignes téléphoniques, en appuyant sur le bouton correspondant à la ligne choisie.

L'exploitation est la suivante :

- a) Pour les signalisations "Défaut Poste", les "Appels téléphoniques", les "Appels Porte d'entrée", la sonnerie de l'agent de service fonctionne et le voyant correspondant s'allume.

-S'il s'agit d'un appel téléphonique, la ligne en appel est signalée par un voyant et l'agent répond à l'appel.

-S'il s'agit d'un appel porte, il actionne l' "ouverture porte" après avoir demandé l'identité de l'appelant.

Ces manoeuvres arrêtent l'alarme sonore. Si elles ne sont pas effectuées dans un délai de 15 secondes, le klaxon fonctionne puis, 45 secondes plus tard, toutes les sonneries des autres boîtiers retentissent.

-S'il s'agit d'un "Défaut poste" nécessitant un déplacement à la salle de commande, l'agent actionne le bouton "Report klaxon", ce qui lui donne un délai de 5 à 10 minutes pour éliminer le défaut, avant un nouveau fonctionnement du klaxon puis de l'ensemble des sonneries.

- b) Signalisation "Alerte Danger" : le fonctionnement de toutes les sonneries et du klaxon est immédiat dès l'allumage du voyant. Ce dispositif est déclenché soit par l'action d'un des agents sur le bouton "Alerte Danger" (en cas d'incendie par exemple) soit par une minuterie de sécurité de personnel qui fonctionne lorsqu'un agent effectue un travail présentant un certain risque.

II - 3 TELEALARMES -

Les téléalarmes permettent de signaler à distance, dans un poste gardienné voisin ou dans un bureau d'exploitation assurant une permanence, quelques alarmes issues d'un poste électrique, celui-ci se trouve ainsi exploité sans aucun personnel sur place. 646 postes sont exploités avec téléalarme.

Les systèmes de téléalarme doivent répondre aux conditions suivantes :

- s'accommoder de l'exploitation poste en local
- utiliser un circuit P.T.T. à 2 fils

- signaler au moins deux alarmes distinctes et surveiller le circuit téléphonique
- s'adapter à un nombre quelconque d'agents d'exploitation
- alerter immédiatement l'agent de service et donner les signalisations lumineuses chez tous les agents
- alerter les autres agents au bout d'une temporisation si l'agent de service n'est pas intervenu
- alerter immédiatement tous les agents dans le cas de l' "Alerte Générale", qui peut être provoquée par :
 - une manoeuvre volontaire d'un des agents
 - la non intervention au poste après un délai de route déterminé
 - une minuterie de sécurité du personnel

Il existe trois systèmes de téléalarmes :

II.3.1) Téléalarmes à courant continu

Ce type de téléalarme est utilisable lorsque les distances sont courtes et lorsque des élévations de potentiel de terre ou des tensions induites ne sont pas à craindre. C'est un système très simple qui permet de transmettre trois alarmes plus la surveillance du circuit. Ces quatre états sont caractérisés par l'envoi sur les fils de ligne de courant positif ou négatif, fort ou faible (± 20 mA et ± 4 mA). Les récepteurs (4 au maximum) sont montés en série dans les fils de ligne. A chaque récepteur, peut être adjoint quatre boîtiers de signalisation équipés de voyants, de boutons (arrêt de sonnerie et prise de service) et d'une sonnerie.

II.3.2) Téléalarmes à courant alternatif 50 Hz

Ce système permet d'utiliser des circuits translatés. En plus de la surveillance de la ligne, il permet de discriminer quatre alarmes et l'alerte générale.

Il nécessite un boîtier émetteur au poste télé-alarmé. Des boîtiers récepteurs sont raccordés en parallèle sur les fils de ligne. A chacun des récepteurs, quatre boîtiers de signalisation peuvent être raccordés.

La discrimination des alarmes s'effectue par l'écoute sur un haut parleur d'impulsions codées, modulées à 800 Hz, émises depuis le boîtier émetteur.

Le fonctionnement général est le suivant :

Au repos, l'émetteur envoie en permanence du courant 50 Hz (30 V). Les alarmes provoquent la coupure du 50 Hz qui est remplacé par l'émission d'impulsions codées à 800 Hz.

L'absence de 50 Hz provoque, à la réception, l'alarme et l'allumage des voyants "Défaut poste". Après avoir effectué l'arrêt de sa sonnerie, l'agent de service prend connaissance du défaut en effectuant l'écoute sur haut parleur du code simple caractérisant chaque défaut.

L'alerte générale est transmise par un envoi cadencé (0,5 sec./0,5 sec.) du courant 50 Hz, ce qui provoque l'allumage des voyants correspondants et le fonctionnement immédiat de toutes les sonneries.

II.3.3) Téléalarmes à appels téléphoniques

Ce système permet d'éviter l'utilisation d'un circuit spécial entre le poste électrique et la permanence. Il nécessite seulement un abonnement au réseau automatique général des P.T.T.

Il utilise un petit magnétophone associé à un relayage et fonctionne de la façon suivante :

Lorsqu'une des deux alarmes se produit au poste, le magnétophone provoque la prise de la ligne P.T.T. et compose le numéro d'appel d'un agent de service. Le magnétophone transmet ensuite à plusieurs reprises l'énoncé du défaut puis libère la ligne. Un nouvel appel sera lancé au même numéro ou à un numéro différent toutes les deux minutes et cela jusqu'à ce qu'un agent de service, après avoir pris connaissance du message parlé, ait rappelé le poste électrique pendant un temps de repos de la téléalarme, provoquant ainsi la libération du dispositif.

L'agent de service peut aussi à tout moment vérifier le bon fonctionnement du système en composant le numéro d'appel du poste électrique alors que la téléalarme est au repos. Il perçoit alors l'annonce de la lère alarme avec tonalité supplémentaire spéciale qui signifie "essais de la téléalarme".

II - 4 TELECOMMANDES - TELESIGNALISATIONS -

Les différentes manoeuvres telles que fermeture et ouverture d'un disjoncteur ou d'une vanne, mise en marche d'un groupe, etc.. peuvent être exécutées, soit localement, soit à distance.

En effet, il peut être économique, dans certains cas, de supprimer le personnel d'un poste ou d'une usine et de donner les ordres à distance, à partir d'un poste plus important justifiant une permanence du personnel.

L'action finale des télécommandes est toujours d'agir sur un relais qui, lorsqu'il est commandé, provoque le fonctionnement de l'appareil grâce à une source d'énergie locale.

Les systèmes peuvent être différents suivant l'importance de la télécommande et de la sécurité exigée. Par exemple, la sécurité demandée ne sera pas la même dans le cas d'une commande à distance de l'allumage des éclairages publics et dans le cas de la commande d'un disjoncteur qui enclenche des centaines de mégawatts sur le réseau.

Dans le premier cas, l'envoi d'un simple signal, sans contrôle particulier suffira.

Dans le deuxième cas, de grandes précautions devront être prises afin d'être certain d'agir sur le bon organe; de plus, une signalisation en retour devra indiquer immédiatement si l'ordre a bien été exécuté.

Pour obtenir une sécurité quasi-absolue, les systèmes actuellement en service à E.D.F. utilisent le principe du "contrôle en retour" dont le fonctionnement général est le suivant :

- Au Poste de Commande (PC), l'opérateur tourne un bouton "Tourner-Pousser lumineux" (TPL) : la lampe du TPL s'allume indiquant la discordance entre l'état de l'organe et les indications du schéma synoptique.

Pour effectuer une commande, il appuie un instant sur le TPL. La télécommande se met en marche et envoie le code-adresse de l'organe à manoeuvrer vers le poste asservi (PA).

- Au Poste Asservi, le code reçu permet d'effectuer une sélection d'organe; le relayage de l'organe à commander est ainsi sollicité et envoie vers le PC son code-adresse.

- Le PC reçoit en retour ce message et effectue une comparaison entre le code émis et le code reçu; s'ils sont identiques, le PC est certain d'avoir sélectionné le bon organe et envoie alors automatiquement le code d'ouverture (ou de fermeture) au PA.

- Au PA, à la réception du code d'ordre, l'organe est commandé et fonctionne. Ses contacts "Interlock" ayant changé de position, provoquent l'envoi d'un code (O ou F) vers le PC.

- Le PC ayant ainsi la confirmation de la nouvelle position éteint la lampe du TPL afin de mettre à jour le schéma synoptique et libère la télécommande.

Le temps nécessaire au fonctionnement d'une télécommande (sans tenir compte du temps de fonctionnement de l'organe qui peut être variable) est de l'ordre de 3 secondes.

Ce dialogue entre PC et PA est composé de codes, souvent semblable aux codes télégraphiques et s'effectue généralement à la vitesse de 50 bauds.

La voie de transmission est un circuit téléphonique (à 2 fils généralement) mais on utilise le plus souvent seulement deux voies harmoniques à 120 Hz de ce circuit (une dans chaque sens).

Les télésignalisations, associées aux télécommandes, fonctionnent de façon identique, mais c'est le PA qui prend l'initiative et envoie le 1er code-adresse.

L'opérateur est alerté à chaque changement de position d'organe. 341 postes ou usines avec 5000 organes sont télécommandés.

Actuellement, de nombreux constructeurs proposent des télécommandes plus évoluées permettant notamment :

- les télécommandes
- l'envoi de valeurs de consigne
- les télésignalisations
- les télémesures
- les télécomptages, etc ...

Ces télécommandes peuvent également fonctionner en poste à poste ou en multipostes (télécommande centralisée).

Elles utilisent généralement la technique des circuits intégrés pour le codage et le décodage et peuvent fonctionner à des vitesses beaucoup plus élevées.

II - 5 LE RESEAU TELEGRAPHIQUE PRIVE DE L'E.D.F. -

Un réseau télégraphique privé a été mis en service à l'E.D.F. le 1er Janvier 1968.

Ce réseau dessert notamment :

- Le Dispatching National et les huit Dispatchings Régionaux (Service des Mouvements d'Energie).
- Les Services Centraux de la Direction Production-Transport et les principales Unités Régionales relevant de cette Direction.

Le nombre total actuel de postes raccordés est de 70, répartis sur le territoire national; ce nombre est appelé à augmenter dans l'avenir.

II-5-1) Le matériel de commutation télégraphique

Les équipements de commutation télégraphique permettent la mise en communication automatique des téléimprimeurs raccordés.

Ces équipements sont les suivants :

- 5 autocommutateurs télégraphiques de transit (PARIS, LILLE, NANCY, LYON, TOULOUSE) d'une capacité maximale de 200 postes chacun. L'autocommutateur télégraphique de PARIS est relié par des circuits inter-automatiques aux autres autocommutateurs.

- 5 commutateurs de ligne partagée (NANTES, GRENOBLE, MARSEILLE, ST-ETIENNE, BRIVE) d'une capacité de 5 postes. Ces commutateurs, reliés chacun par une ligne à un autocommutateur de rattachement offrent des possibilités plus réduites que les autocommutateurs; ils ne permettent pas l'établissement de communication entre deux téléimprimeurs raccordés sur le même commutateur; cet inconvénient est mineur car chaque commutateur de ligne partagée dessert des téléimprimeurs situés dans le même ensemble immobilier.

Ce système de commutation extensible est complété par des ensembles de mémoires de débordement qui équipent chaque autocommutateur de transit et permettent de réguler l'écoulement du trafic. Le rôle des mémoires de débordement est le suivant :

Les appels destinés à un poste occupé ou à une ligne interautomatique occupée sont automatiquement dirigés vers des mémoires de débordement. Le demandeur reçoit alors des signaux d'identification de la mémoire à laquelle il est connecté et transmet son message à cette mémoire avec indication du destinataire. Dès que le message est transmis à la mémoire de débordement, l'opérateur du téléimprimeur demandeur est débarrassé de toute manœuvre. La mémoire se porte en surveillance sur le circuit demandé et, disposant d'un rang prioritaire par rapport aux postes ordinaires, achemine le message vers le destinataire dès que le circuit devient libre.

Ce dispositif permet, d'une part, de réduire le nombre de circuits interautomatiques nécessaires en "étalant" les pointes de trafic et, d'autre part, de supprimer l'attente par le demandeur en cas d'appel vers une direction ou un poste occupé; ce dernier cas se présente fréquemment pour certains de nos Services qui centralisent des données chaque jour à la même heure.

11-5-2) Utilisation du réseau télégraphique pour des transmissions de données

A ce système de commutation sont associés des équipements de transmissions de données avec détection et correction des erreurs de transmission. Ce matériel a été spécialement étudié pour répondre aux besoins de transmissions de données entre le Dispatching National et les Dispatchings Régionaux (Service des Mouvements d'Energie).

Nos Centres de PARIS, LILLE, NANCY, LYON, MARSEILLE, BRIVE, TOULOUSE, NANTES sont équipés de ce matériel. Dans ces Centres, un opérateur utilisant un télé-imprimeur ayant accès au dispositif de transmission de données peut appeler par le réseau télégraphique un téléimprimeur d'un autre Centre (ayant également accès à la transmission de données) et, après que les équipements de transmission de données aient été mis en circuit automatiquement, transmettre sans risques d'erreurs de transmission des données inscrites au préalable sur bande perforée. Il est également possible en utilisant ce dispositif de transmission de données d'introduire directement dans le calculateur du Dispatching National à PARIS des données provenant des Dispatchings Régionaux.

Le principe des équipements de transmission de données utilisés est le suivant :

Avant d'être présenté à la sortie du récepteur, chaque caractère transmis est réémis vers l'émetteur où il est comparé avec le caractère initialement émis et gardé en mémoire. Si la comparaison fait ressortir une identité, le caractère vérifié est effectivement fourni à la sortie du récepteur; si la comparaison fait ressortir une différence, aucun caractère n'est affiché à la sortie du récepteur et le caractère altéré est répété jusqu'à ce que le contrôle en retour soit positif. Ce principe assure une protection quasi-totale des données transmises.

11-5-3) Les équipements terminaux - les stations de télé-imprimeurs

Les téléimprimeurs équipant le réseau comportent tous une perforatrice et un lecteur de bande incorporés. Les messages sont préparés au préalable sur bande perforée (perforatrice) et transmis ensuite grâce au lecteur de bande. Les téléimprimeurs utilisés sont dits "électroniques" du fait qu'une part importante

de fonctions internes est assurée par des ensembles électroniques (par opposition aux téléimprimeurs électro-mécaniques où des dispositifs mécaniques et électromécaniques assurent seuls le fonctionnement).

Chaque caractère transmis est exprimé en code télégraphique international à 5 moments CCITT N° 2. Chaque moment est représenté par un état parmi deux états électriques possibles. Dans notre cas, la modulation télégraphique utilisée au niveau entrée-sortie ligne du téléimprimeur est dite "modulation en double courant"; chaque moment est représenté par un courant continu de + 20 mA ou - 20 mA entre fil et terre (fourni par une alimentation télégraphique + 48 V ,0, - 48 V). La transmission des 5 moments représentatifs du caractère est précédée d'un signal de départ "START" d'une durée égale à un intervalle unitaire et suivie d'un signal d'arrêt "STOP" d'une durée égale à 1,5 intervalle unitaire. Les 5 moments du caractère ont chacun une durée d'un intervalle unitaire. Dans notre cas, la durée de l'intervalle unitaire est de 20 ms et la durée transmission d'un caractère est donc de 150 ms.

La rapidité de modulation télégraphique s'exprime en "BAUDS" et est égale à l'inverse de l'intervalle unitaire évalué en secondes. La rapidité de modulation télégraphique est donc de :

$$\frac{1}{20 \cdot 10^{-3}} = \underline{50 \text{ Bauds}}$$

II-5-4) Circuits utilisés

Les liaisons entre autocommutateurs sont constituées par des voies harmoniques supraphoniques de 120 Hz, comme indiqué au paragraphe 1-4.

Les téléimprimeurs sont raccordés aux autocommutateurs par des lignes à 2 fils (un pour chaque sens de transmission) exploitées en double courant (+ 48 V par rapport à la terre + 20 mA) lorsque la distance est courte.

... / ...

II - 6 LES TRANSMISSIONS DE DONNEES -

Au sein de l'E.D.F. et de G.D.F. apparaissent depuis quelque temps des besoins de transmissions de données. Ces besoins sont liés au développement de l'emploi des moyens de traitement de l'information, tant sur le plan administratif et comptable que sur le plan technique.

Un premier réseau de transmissions de données à vitesses élevées, centré sur TOULOUSE, est en cours de mise en service. Il permettra un traitement centralisé sur ordinateur de travaux administratifs et comptables. Ce réseau donne la possibilité à chaque unité locale possédant un terminal comportant lecteur de cartes et imprimante d'être reliée à un ordinateur de commutation qui dirige l'information vers les niveaux adéquats de traitement sur ordinateur et vice-versa.

24 extrémités sont reliées à TOULOUSE par des liaisons à 1200, 2400 et 4800 bauds utilisant des circuits loués aux P.T.T.

Deux problèmes essentiels sont posés dans les transmissions de données :

- assurer la transmission des données, présentées sous forme de bits (0 ou 1) sur un circuit téléphonique : c'est le rôle des équipements de conversion de signaux et d'adaptation aux circuits téléphoniques appelés MODEMS,
- assurer la protection des données contre les erreurs de transmission. Ce rôle est joué par les équipements terminaux de données qui groupent les bits en blocs auxquels sont adjoints un certain nombre de bits de contrôle.

Il n'y a pas de gros problèmes pour les modems à 1200 bauds qui répondent à des spécifications du CCITT (Avis V 23 concernant les modems 600/1200 bauds exploitables sur un réseau téléphonique commuté); ils utilisent la modulation de fréquence avec la transmission de deux fréquences caractéristiques représentant les valeurs 1 et 0 : 1300 et 2100 Hz pour l'exploitation à 1200 bauds.

Pour les modems à 2400 bauds et 4800 bauds, l'utilisation du même principe de modulation n'est pas possible du fait que la largeur de bande nécessaire à la transmission deviendrait excessive par rapport aux caractéristiques des circuits téléphoniques fournis par les P.T.T.

Les constructeurs sont donc amenés, pour réaliser des vitesses de transmission de 2400 bits/seconde et 4800 bits/seconde, à rechercher des principes de modulation mieux adaptés et à recourir à des artifices pour réduire la rapidité de la modulation transmise et de là, la largeur de bande nécessaire. De multiples principes sont employés.

A titre d'exemple, les modems à 2400 et 4800 bits/seconde retenus pour le réseau de TOULOUSE opèrent selon le procédé suivant :

- les bits présentés à l'entrée du modem par l'équipement terminal de données à la vitesse V (2400 bits/seconde ou 4800 bits/seconde) sont aiguillés dans le modulateur alternativement sur deux voies séparées; dans chacune de ces voies les bits sont traduits en une modulation d'amplitude d'une fréquence porteuse. La valeur de cette fréquence porteuse est la même dans chacune des deux voies mais ces deux porteuses sont déphasées, l'une par rapport à l'autre, de $\frac{\pi}{2}$. Ces deux modulations sont transmises en ligne simultanément; la rapidité de chacune des deux modulations transmises en ligne est $\frac{V}{2}$. A la réception, dans les démodulateurs, les deux modulations sont démodulées séparément et les données sont restituées aux équipements terminaux à la vitesse V .

D'une façon générale, toutes les dispositions prises pour réduire la largeur de bande nécessaire entraînent une augmentation de la sensibilité des systèmes aux bruits affectant les circuits téléphoniques.

Ces bruits altèrent les données transmises et ce problème est un des facteurs déterminants de l'efficacité d'une transmission de données.

En fait, ce taux d'erreur est fonction de divers facteurs qui déterminent les qualités et les caractéristiques requises pour les modems :

- largeur de bande nécessaire pour la transmission,
- équivalent de circuit nécessaire,
- distorsion de phase (introduite par le circuit) admissible,
- tolérance sur les variations de niveau nominal de réception,
- sensibilité aux bruits de transmission.

Les essais que nous avons effectués nous ont donnés un taux moyen d'erreur sur les bits d'environ 10^{-5} (1 bit erroné pour 10^5 bits transmis).

D'autres réseaux analogues à celui de TOULOUSE sont prévus et dans les années futures de nombreuses liaisons de transmission de données verront vraisemblablement le jour à E.D.F. et G.D.F. tant aux vitesses de 1200, 2400, 4800 bauds qu'aux vitesses de 50, 200, 600 bauds et à celles supérieures à 4800 bauds.

II - 7 TELEMESURES -

II-7-1) Généralités

Pour assurer dans les meilleures conditions le fonctionnement des réseaux de transport et de distribution de l'énergie électrique, ainsi que celui des moyens de production, les Services d'Exploitation ont besoin de connaître à chaque instant un certain nombre de paramètres caractéristiques de la situation :

- grandeurs électriques (puissances actives et réactives, courants, tensions, fréquences, etc ...)
- position d'organes de coupure
- alarmes

En ce qui concerne le réseau de transport, ces informations sont centralisées dans des Dispatchings Régionaux, contrôlés eux-mêmes par un Dispatching Central. Il est donc nécessaire de disposer d'équipements de télémesures et de téléseñalisations pour capter, acheminer et présenter toutes les informations utiles.

Les centres de Distribution importants étudient actuellement la création de dispatchings disposant des moyens modernes de centralisation et de gestion automatique des informations nécessaires à l'exploitation de leur réseau.

Par ailleurs, les Services de Transport et de Distribution du Gaz étudient également l'installation de dispatchings spécialisés, disposant de télémesures particulières (pressions, débit, etc ...) et pouvant effectuer automatiquement de nombreux calculs (corrections de température, prévisions, etc...).

Enfin, les Services de la Production Hydraulique ont, depuis plusieurs années, multiplié le nombre d'usines exploitées à distance à partir d'une salle de contrôle où sont centralisées toutes les informations.

Le problème des télémesures est donc très vaste. Il est lié à l'évolution des techniques, des méthodes d'exploitation, et tout particulièrement, aux progrès rapides de l'électronique.

II-7-2) Télémesures analogiques

Les premiers dispositifs utilisés ont été de nature "analogique".

Dans les systèmes analogiques, la grandeur primaire est convertie en une grandeur physique qui lui est proportionnelle (le plus souvent, un courant électrique continu).

Entre deux limites fixées, une grandeur analogique peut prendre une infinité de valeurs intermédiaires.

La transmission directe d'une mesure sous la forme d'un courant continu proportionnel présente les inconvénients suivants :

- liaison limitée à une distance relativement courte,
- nécessité d'un équipement individuel et d'une voie de transmission (2 fils)
- sensibilité aux perturbations.

Il reste assez peu de liaisons de ce genre en service.

Pour permettre une transmission à longue distance, une conversion supplémentaire est nécessaire. Elle est réalisée par un dispositif dans lequel le courant analogique sert à moduler une fréquence musicale (sous-porteuse). Chaque sous-porteuse correspond à un canal de télégraphie harmonique (120 hertz). Plusieurs termes de mesure peuvent alors être superposés sur une même voie de transmission, en utilisant des sous-porteuses distinctes.

A l'arrivée, le récepteur opère la sélection des signaux de fréquences différentes et fournit des courants analogues proportionnels aux grandeurs primaires.

Ces systèmes présentent les inconvénients suivants :

- dans la plupart des cas, nécessité d'un équipement individuel et encombrement important de la bande de fréquence (120 hertz pour un terme de mesure),
- superposition des erreurs propres,
- décalage possible du zéro,
- impossibilité d'effectuer un contrôle de validité de la mesure transmise.

Ces équipements ont toutefois l'avantage de fournir une télémessure permanente. Ils sont encore utilisés pour les termes de télé-règlage et la transmission du "niveau" de réglage.

Dans le système précédent, la valeur instantanée de la fréquence musicale était proportionnelle au courant analogique.

Pour diminuer la sensibilité aux perturbations, un système à "variation de fréquence d'impulsions" a été développé. Le principe en est le suivant : le courant analogique charge un condensateur étalon; lorsqu'un certain seuil est atteint, un relais électronique se ferme, provoquant la décharge du condensateur. La période de relaxation est ainsi directement liée à la valeur instantanée du courant analogique. A chaque décharge, une impulsion est fournie et module une sous-porteuse dans un canal de télégraphie harmonique.

A la réception, les impulsions sont détectées et calibrées. Elles sont fournies à un système d'intégration et de filtrage, qui restitue un courant continu moyen.

Des variantes de ce système existent également avec des capteurs électromécaniques côté émission, qui fournissent directement des impulsions électriques en nombre proportionnel à la grandeur mesurée.

Les équipements de cette nature sont simples, mais présentent toujours l'inconvénient d'un rendement faible, des possibilités d'erreurs (pertes d'impulsions) et l'absence d'un contrôle de validité des informations reçues.

Pour ces raisons, ces équipements ne sont pratiquement plus utilisés à E.D.F.

II-7-3) Télémesures numériques (ou "digitales")

Par suite du nombre croissant des télémesures nécessaires et de la sécurité de transmission demandée, la conception des équipements s'est orientée vers les télémesures numériques quantifiées et codées.

II-7-3-1) Quantification et codage binaire

La quantification est la représentation d'une grandeur par un nombre entier approché.

Le codage est l'expression de ce nombre dans un système de numération donné.

Le "code binaire", à base "2", est le plus répandu. Dans ce système de numération, les seuls chiffres (ou "digits") utilisés sont le "0" et le "1", qui peuvent être aisément caractérisés physiquement par des états mécaniques, électriques ou magnétiques

(ouverture ou fermeture d'un relais, présence ou absence de tension, par exemple).

Un code binaire est représenté par une succession de "0" et de "1" rangés dans un certain ordre.

Cet ordre définit le RANG du digit, le digit de rang 1 étant situé à droite et celui du rang le plus élevé le plus à gauche du code.

A chaque digit d'un rang donné est associé un POIDS. Ce poids correspond à une puissance entière de "2", le digit de rang 1 étant affecté du poids $2^0 = 1$, le digit de rang 2 étant affecté du poids $2^1 = 2$, le digit de rang n étant affecté du poids 2^{n-1} .

Par exemple, le code à 7 digits suivant :

1 1 0 0 1 0 1

signifie :

$$(1 \times 2^6) + (1 \times 2^5) + (0 \times 2^4) + (0 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + (0 \times 2^1) + (1 \times 2^0)$$

ou encore :

$$(1 \times 64) + (1 \times 32) + (0 \times 16) + (0 \times 8) + (1 \times 4) + (0 \times 2) + (1 \times 1)$$

donc :

$$64 + 32 + 4 + 1 = 101 \quad \text{en valeur décimale}$$

Un tel code permet d'effectuer $2^7 = 128$ combinaisons différentes, selon l'état et le rang des digits du message. Chaque combinaison est un nombre entier dont l'équivalent décimal peut varier de 0 à 127 (Le nombre 127 dans le système décimal s'écrit 1111111 en système binaire).

Le nombre maximal pouvant être représenté par ce code a la forme binaire (1111111),

La mesure exprimée sous cette forme est donc un nombre entier représentatif de la valeur exacte à un digit près.

Dans l'exemple choisi, l'erreur absolue de

de quantification sera donc de $\frac{1}{127}$, soit environ 0,8 %, et si on admet une compensation statistique des erreurs, de 0,4 % seulement.

Il est donc possible de caractériser la valeur d'une télémessure par un code, qui peut être matérialisé de deux manières :

- en parallèle avec 7 fils caractéristiques. Chaque fil est associé à un "poids" et l'état de tension qui lui est propre, indique s'il s'agit d'un état "1" ou d'un état "0".

Ce procédé permet la présentation simultanée d'un code complet. Il est donc très rapide. Il est de plus très protégé contre les perturbations, du fait que les états de tension sont statiques, et se prête donc plus particulièrement aux échanges locaux entre circuits.

- en série, sur deux fils d'une voie télégraphique. Dans ce cas, le message est constitué par des signaux calibrés émis dans l'ordre des poids.

Pour une transmission dans un canal harmonique de 120 hertz, avec une rapidité de modulation de 50 bauds, la durée des signaux est de 20 millisecondes.

Ce procédé est économique pour la transmission mais considérablement plus lent que le précédent puisque les éléments constitués du code sont émis successivement.

Dans les codes utilisés, un digit supplémentaire caractérise le signe de la mesure. Ce digit occupe la place du poids "128".

De plus, il est possible d'adjoindre au message ainsi constitué un ou plusieurs digits supplémentaires qui permettent de s'assurer, à la réception, que le message transmis n'a pas été altéré et peut donc être validé.

Le "message de contrôle" ainsi constitué peut être simple ("parité" du nombre de digits présents dans le message) ou très élaboré (calcul d'un "code cyclique").

II-7-3-2) Systemes cycliques

La possibilité de représenter une télémessure par un code numérique a permis de réaliser une meilleure utilisation des canaux télégraphiques avec l'utilisation d'équipements CYCLIQUES.

En effet, si un message numérique codé est transmis avec une rapidité de modulation de 50 bauds, le signal élémentaire caractérisant l'état d'un digit a pour durée 20 millisecondes.

Avec un système de modulation à déplacement de fréquence $\pm \Delta f$ autour de la fréquence centrale du canal, deux cas peuvent être envisagés.

- une modulation bivalente, où l'état "1" sera caractérisé par la présence d'une fréquence ($f_0 + \Delta f$), et l'état "0" par la présence d'une fréquence ($f_0 - \Delta f$)

Dans ce cas, les états sont accolés et un message de 7 digits est transmis en $20 \text{ ms} \times 7 = 140 \text{ millisecondes}$.

- une modulation trivalente, où les états "1" ($f_0 + \Delta f$) et "0" ($f_0 - \Delta f$) sont séparés par un intervalle de 20 millisecondes pendant lequel la fréquence f_0 est transmise.

Dans ce cas, le message transmis contient des éléments de contrôle, mais sa transmission nécessite un temps double du précédent : 240 millisecondes.

Dans ces deux cas, même en tenant compte du retard apporté par la transmission, le temps d'acheminement est beaucoup plus court que celui nécessaire à la mise à jour des informations dans un dispatching.

Il apparaît donc possible de transmettre successivement plusieurs valeurs sur un même canal télégraphique et d'effectuer à la réception une mise en mémoire suivie ou non d'une conversion en courant analogique.

Dans les SYSTEMES CYCLIQUES, deux distributeurs synchrones sont utilisés, l'un à

l'émission, l'autre à la réception. L'émetteur comporte plusieurs entrées qui sont connectées, par l'intermédiaire de ces distributeurs, aux mémoires de sortie homologues du récepteur.

En fait, il s'est avéré nécessaire, dans les équipements de conception récente, d'adjoindre à chaque message une adresse codée permettant d'éviter la confusion de deux mesures à la réception, et d'y adjoindre également un message de contrôle plus élaboré.

Dans ce cas, le temps de transmission d'une mesure est compris entre 400 et 500 milli-secondes.

Dans les systèmes anciens, encore en exploitation, le nombre de terme est plus restreint et le temps de transmission plus réduit (5 termes, en 2 secondes environ). Le dispositif d'entrée est analogique et un convertisseur analogique-numérique communique la conversion pendant un temps très court. Le message est codé, transmis, démodulé et converti de nouveau en courant analogique.

Dans les systèmes plus récents qui équipent le dispatching régional de PARIS, les équipements ont une capacité de 40 termes et un cycle de 20 secondes. Ils peuvent également être adaptés pour la fourniture de 20 termes en 10 secondes.

Les entrées de ces équipements sont prévues pour des courants analogiques qui sont convertis, par un dispositif interne, en un code numérique.

Ces équipements ont été les premiers à être dotés de perfectionnements importants :

- contrôles de transmission élaborés,
- dispositifs d'auto-contrôle interne des circuits électroniques,
- sécurité des messages accrue par l'adjonction d'un "code d'adresse", permettant d'identifier les messages à la réception,
- doublement des canaux télégraphiques, avec commutation automatique.

Tous ces principes nouveaux, devenus nécessaires pour l'entrée directe des informations en calculateur, ont servi de base à l'étude des équipements normalisés décrits au paragraphe (II-2-4).

11-7-3-3) Transmission des télésignalisations

Si un code à huit digits binaires est utilisé pour caractériser la valeur et le signe d'une télémessure, le même code peut également caractériser les états de huit signalisations.

Il suffit d'associer le digit de chaque poids à un contact de relais donnant l'image de la signalisation à transmettre (positions d'organes, alarme ou indication de défaut).

Les équipements cycliques à transmission digitale peuvent donc fournir des informations mixtes, télémessures et signalisations.

Dès l'origine, ces équipements ont été dotés de cette possibilité, et la transmission des télésignalisations a bénéficié de l'amélioration de leurs performances.

Les télésignalisations fournies de cette manière sont très sûres : elles sont vérifiées à chaque cycle.

Elles ont l'inconvénient d'être transmises avec un certain retard, qui peut atteindre la durée du cycle.

De plus, les signalisations, correspondant à des "changements d'état fugitifs", ne peuvent être détectées (cas des réenclencheurs) et il faut utiliser alors des équipements à transmission arithmique.

II-7-4) Matériels normalisés

II-7-4-1) Evolution des besoins

Depuis 1960, l'expansion du réseau de transport d'énergie et des moyens de production qui y sont raccordés a conduit ELECTRICITE DE FRANCE à mettre en oeuvre des méthodes nouvelles d'exploitation, destinées à augmenter la sécurité et à assurer la gestion optimale d'un tel réseau.

Ces méthodes nouvelles nécessitent l'emploi de moyens de traitement et de surveillance automatiques, installées dans les dispatchings, et l'entrée directe en calculateur des informations caractérisant l'état du réseau (télémessures de puissances actives et réactives, de tensions, état des organes de coupure, alarmes d'exploitation.

Pour capter, transmettre et traiter ces informations, le Service des Télécommunications a défini une nouvelle gamme d'équipements qui sont actuellement en exploitation.

Les nouveaux équipements ont bénéficié de l'expérience acquise sur les matériels plus anciens et de solutions technologiques récentes, dues aux progrès de l'électronique.

Leurs caractéristiques générales sont les suivantes :

- acquisition, traitement et transmission des mesures sous forme digitale, sauf pour certaines valeurs destinées uniquement à un affichage,
- transmission cyclique codée, à déplacement de fréquence,
- doublement des canaux télégraphiques, avec commutation automatique,
- dispositif de contrôle des messages (codes d'adresses, codes de contrôle)

- dispositifs d'autocontrôle des équipements invalidant systématiquement les messages lorsqu'une panne est détectée,
- équipements mixtes : télémessures et télé-signalisations,
- circuits de sortie adaptés pour la connexion directe à deux calculateurs,
- modularité étudiée pour simplifier les installations et permettre le dépannage rapide par substitution,
- alimentation en courant continu sous 48 volts pour ne pas interrompre la fourniture des informations en cas de panne d'auxiliaires ou du secteur.

La nouvelle gamme d'équipements répond donc à deux besoins fondamentaux : fournir des informations précises, et garantir la sécurité de ces informations en présentant sous une certaine forme celles qui ne doivent pas être prises en compte par le calculateur ou les dispositifs d'affichage.

Ces équipements sont donc auto-détecteurs d'erreurs.

La chaîne d'équipements la plus classique se compose des unités fonctionnelles suivantes (Figure 3) :

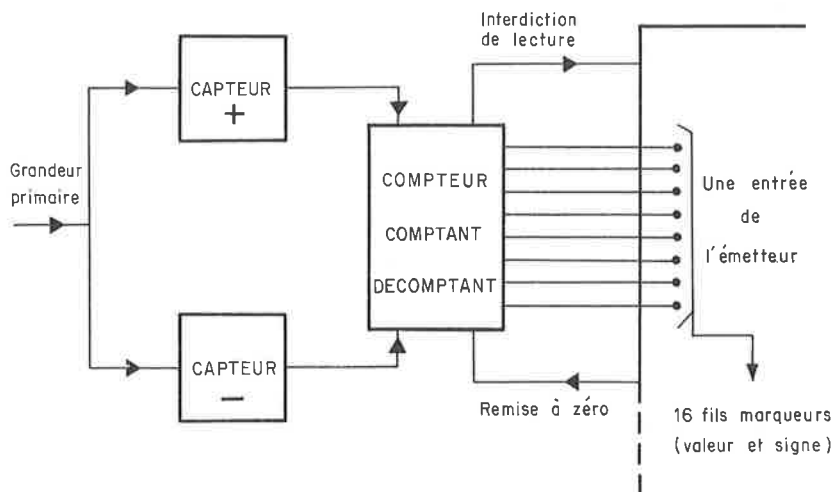
- 1 ou 2 CAPTEURS GENERATEURS D'IMPULSIONS, selon les possibilités de changement de signe de la grandeur primaire,
- 1 COMPTEUR COMPTANT-DECOMPTANT recevant les impulsions du ou des capteurs, et effectuant le codage d'une mesure "10 secondes" pour préparer sa lecture par l'émetteur.

Les CAPTEURS fournissent, dans l'unité de temps, un nombre d'impulsions proportionnel à la grandeur primaire.

En ce qui concerne les mesures de puissance ou de tension, les capteurs sont directement dérivés des compteurs d'énergie de précision. Deux organes de mesure sont donc nécessaires dans le cas où le signe de la grandeur peut s'inverser. Pour réduire la longueur des liaisons aux circuits de mesure, les capteurs sont situés à proximité des transformateurs de mesure.

Le COMPTEUR COMPTANT-DECOMPTANT est connecté au capteur par un câble dont la longueur peut atteindre 2 km. Il reçoit les impulsions, vérifie leur validité, et les compte pendant une période de 10 secondes (en "décomptant" éventuellement celles qui correspondent au signe contraire).

Il fournit en sortie le nombre d'impulsions reçues exprimé en un code binaire à 8 digits (7 digits de valeur + 1 digit de signe), en parallèle, sous forme d'états de tension. Un signal de remise à zéro lui est fourni toutes les 10 secondes par l'émetteur, après lecture du registre de sortie par ce dernier.



Dans certains cas, il est intéressant de totaliser localement la puissance active ou réactive de plusieurs groupes de production ou de plusieurs transformateurs. Il est possible alors d'utiliser un TOTALISATEUR LOCAL D'IMPULSIONS, recevant sur ses entrées (8 au maximum) les impulsions provenant de capteurs de même calibre et fournissant sur son circuit de sortie des impulsions pondérées dont le nombre est un sous-multiple entier du nombre d'impulsions reçues.

Le totalisateur a des sorties identiques à celles d'un groupe de deux capteurs associés pour une même mesure. Il est raccordé dans les mêmes conditions aux circuits d'entrée d'un compteur comptant-décomptant (Figure 4).

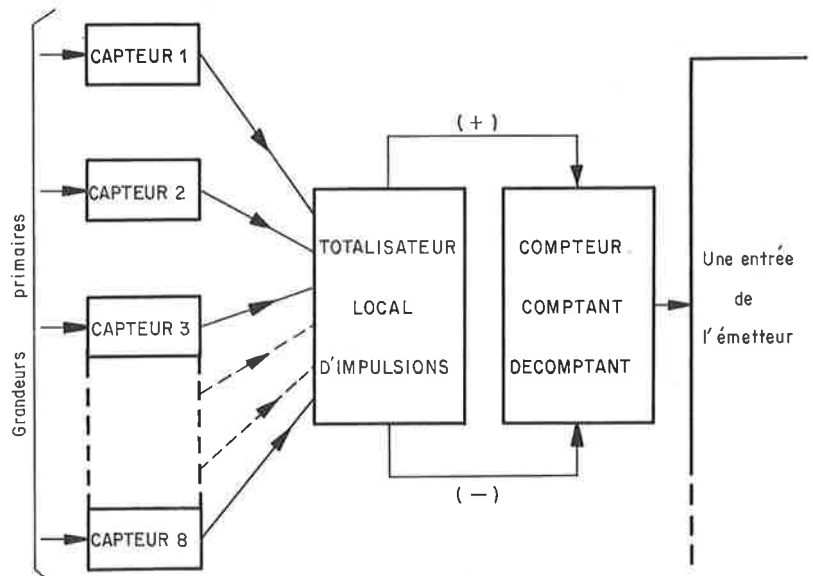


FIGURE 4

Enfin, pour les mesures destinées uniquement à l'affichage et ne devant pas être prises en compte dans les calculs, un CONVERTISSEUR ANALOGIQUE NUMERIQUE est utilisé pour convertir un courant continu analogique en un code binaire conforme aux caractéristiques d'entrée de l'émetteur cyclique (Figure 5).

Ce convertisseur a une capacité de quatre termes de mesure. Il effectue toutes les 10 secondes un prélèvement rapide de la valeur du courant analogique et code cette valeur pour la présenter à l'émetteur. Son

fonctionnement est séquentiel arithmique, et commandé par les signaux de remise à zéro fournis par l'émetteur.

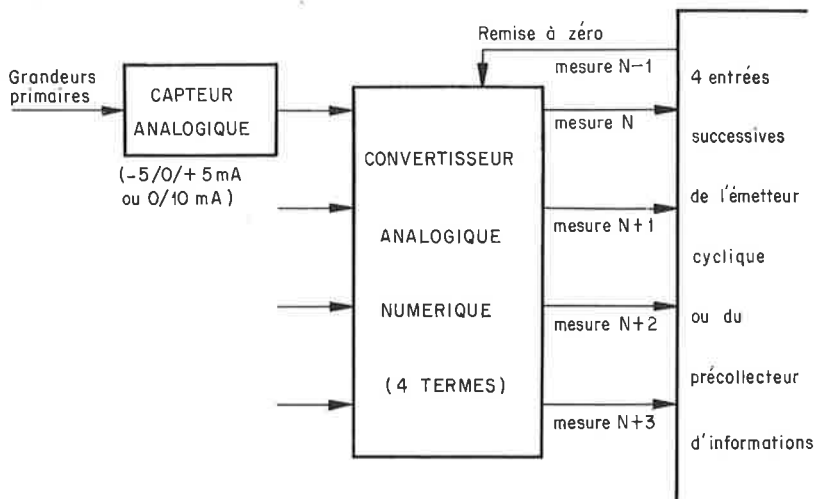


FIGURE 5

Pour les mesures de fréquence, un FREQUENCE-METRE NUMERIQUE complète la gamme des capteurs de télémessure. Cet équipement, dont l'entrée est raccordée par un transformateur d'isolement à un réducteur de tension, compte le nombre d'alternances pendant une seconde et fournit le code correspondant sur un registre de sortie analogue à celui du compteur comptant-décomptant. Ce registre est raccordé directement à une entrée de l'émetteur. La précision de la mesure est de 1/16 de hertz, dans une plage de 44 à 52 hertz.

II-7-4-3) Elaboration de la signalisation

Les 8 digits du code sont utilisés pour la transmission de 8 signalisations à deux positions. Ces signalisations peuvent être des positions d'organes, des alarmes d'exploitation ou des "défauts filerie" détectés.

Le CODEUR POUR TELESIGNALISATIONS a pour but de traduire la position de contacts répéteurs en un code compatible avec les circuits d'entrée de l'émetteur.

La capacité d'un codeur est donc de 8 télésignalisations dont l'état est transmis toutes les 10 secondes.

II-7-4-4) La transmission

La transmission est effectuée par un EMETTEUR-RECEPTEUR CYCLIQUE dont la capacité est de 20 messages de 8 digits avec un cycle de 10 secondes.

A chacune des entrées de l'émetteur peuvent être raccordés divers équipements normalisés : compteur comptant-décomptant, codeur pour télésignalisations, convertisseur analogique-numérique, ou fréquencemètre numérique.

Les messages présentés sur chaque entrée sont contrôlés, puis assemblés à un message d'adresse destiné à leur identification, et à un message de contrôle permettant, à l'arrivée, de détecter les erreurs dues à la transmission.

Celle-ci est effectuée en série sur deux voies distinctes, avec une rapidité de modulation de 50 bauds, sur un canal télégraphique de 120 hertz (conforme aux Avis du CCITT). La liaison est unilatérale, point à point, sur chaque voie.

A la réception, une commutation automatique agissant selon certains critères de transmission (niveau, nombre de messages invalidités) est prévue. Le choix d'une des deux voies peut également être effectué sur commande manuelle.

Les messages sont contrôlés et présentés sur des mémoires de sortie. Lorsqu'une erreur a été détectée, l'information est accompagnée d'un signal d'invalidation, ce qui permet son rejet par l'organe aval.

Le récepteur peut être équipé de 20 mémoires individuelles de sortie amovibles, restituant les informations sous forme digitale, avec mise à jour toutes les 10 secondes.

Ces mémoires peuvent être raccordées à un convertisseur numérique-analogique, à un décodeur pour télésignalisations, ou à l'entrée d'un autre émetteur cyclique (en cas de retransmission).

Une mémoire, dite "de traitement", est spécialement prévue pour être raccordée aux lignes d'entrée d'un calculateur, qui effectue la collecte séquentielle des informations en temps réel (télémesures et télésignalisations).

Pour les installations ne nécessitant qu'un nombre réduit de téléinformations (2 télémessures, ou 1 télémessure et 8 télésignalisations), un EMETTEUR RECEPTEUR UNIVOIE est utilisé. Cet équipement peut transmettre, dans les mêmes conditions de sécurité que l'émetteur-récepteur cyclique, soit deux messages de 8 digits, soit un seul message de 16 digits, lorsqu'une plus grande précision est nécessaire (cas de niveau de réservoir par exemple)

L'émetteur-récepteur univoie fonctionne en deux versions : l'une à la cadence de 10 secondes, l'autre à la cadence de 2 secondes avec synchronisation sur la fréquence du secteur. La dernière version a été spécialement définie pour la transmission, à double précision, des angles de phase.

Les émetteurs-récepteurs cités ont une caractéristique commune : ils sont "transparents" pour les codes qui leur sont fournis et indépendants de la nature des messages qu'ils transmettent.

Un EMETTEUR-RECEPTEUR D'IMPULSIONS est également utilisé lorsque la distance entre les capteurs et les compteurs comptant-décomptant est importante. Cet équipement assure la transmission télégraphique des impulsions de mesure, entre les sorties d'un capteur et les entrées d'un compteur. Il est spécialement adapté pour le raccordement à ces équipements.

II-7-4-5) Conversion numérique analogique des mesures

Pour les mesures destinées à un affichage permanent ou semi-permanent sur un enregistreur classique, la chaîne à la réception se compose des organes ou appareils suivants :

- une mémoire de sortie du récepteur, remise à jour toutes les 10 secondes,
- un convertisseur numérique-analogique,
- un enregistreur analogique avec, éventuellement des voyants de signe.

Le CONVERTISSEUR NUMERIQUE-ANALOGIQUE traduit le code à 8 digits fourni par la mémoire individuelle en un courant continu proportionnel (- 5/0/+ 5 mA) ou (- 10/0/+ 10 mA) et caractérise le signe par l'état d'une boucle.

II-7-4-6) Décodeur des signalisations

Les messages de 8 digits restitués sur une mémoire individuelle du récepteur sont fournis à un DECODEUR POUR TELESIGNALISATIONS qui traduit le code reçu en positions de contacts permettant de commander des organes d'affichage, d'impression ou de retransmission.

Le décodeur fournit également les boucles de commande des dispositifs d'alarme sonore et visuelle (clignotements).

II-7-5) Nouveaux équipements mixtes de téléinformation

Bien que construits en séries industrielles, les nouveaux équipements cycliques normalisés E.D.F. sont d'un coût relativement élevé, qui est la conséquence directe de leurs performances et de leur grande souplesse de mise en oeuvre et d'exploitation.

Ils sont de plus essentiellement conçus pour la transmission des télémesures, présentent des performances limitées pour la transmission des télésignalisations, et ne peuvent transmettre ni télécommandes ni termes de télérèglage.

Lorsque des télécommandes ou des télérèglages sont nécessaires, des équipements spécialisés doivent être installés.

L'évolution des besoins et des techniques a donc incité les constructeurs spécialisés à définir, avec la participation d'E.D.F., une nouvelle génération d'équipements mixtes permettant l'échange bilatéral d'informations et d'ordres, entre un poste central de contrôle et les différentes installations à exploiter.

De nouveaux équipements sont actuellement en cours d'étude ou en essais.

Une extension de la gamme des matériels normalisés "informations codées" est à l'étude, avec pour objectif une compatibilité complète entre les équipements normalisés actuels et les équipements futurs.

Un autre avantage des équipements mixtes, dû à la concentration des informations, est la facilité de raccordement aux circuits d'entrée/sortie de calculateurs travaillant en "temps réel".

Enfin, l'utilisation de certains circuits électroniques communs pour toutes natures d'information entraîne une diminution du volume des matériels, et également de leur prix.

II - 8 TELEREGLAGE -

- GENERALITES -

Le Télérèglage constitue une importante contribution des Télécommunications à l'exploitation du réseau d'ELECTRICITE DE FRANCE.

Il consiste en une action à distance sur la puissance produite par certains générateurs dans le but d'ajuster la production à la consommation.

D'une manière générale, le réglage Fréquence-Puissance tend à maintenir à leur valeur de consigne :

- la fréquence commune du réseau interconnecté. L'apparition d'un écart de fréquence est l'indice d'un déséquilibre entre production et consommation et chaque réseau national contribue pour sa part à réduire, par action sur sa production, cet écart par rapport à la fréquence de consigne,
- les échanges de puissance de chaque réseau avec les réseaux voisins, Ceux-ci reflètent le déséquilibre production-consommation interne de chaque réseau. Celui-ci doit donc se charger pour son propre compte de maintenir à sa valeur contractuelle la somme des puissances transitant sur l'ensemble de ses lignes d'interconnexion.

Pour atteindre ces deux objectifs, l'opération de réglage proprement dite consiste à agir sur la puissance produite par certains générateurs au moyen d'une fonction du binôme "écart de fréquence - écart de puissance échangée aux frontières".

La stabilité de l'asservissement en boucle fermée ainsi constitué requiert l'emploi d'une fonction intégrale de ce binôme. Ce fait a une conséquence immédiate : pour éviter une divergence inévitable entre intégrateurs multiples, le recours à un régulateur unique, ou régulateur central, s'impose. Cette particularité a une incidence directe sur la structure du réseau de télécommunications impliqué par le Télérèglage.

- ACQUISITION DES DONNEES -

Si la mesure de la fréquence commune peut se faire de façon unique au niveau du régulateur central, le rassemblement des données concernant les échanges de puissance aux frontières exige un réseau radial de télémessures, convergeant vers le régulateur central. Des regroupements ou sommations des puissances de plusieurs lignes voisines peuvent se faire au niveau régional mais dans le cas général, on transmet au régulateur central l'indication de la puissance transitée sur chaque ligne.

Ces télémesures peuvent être d'un type quelconque, s'il permet de respecter les points suivants :

- bien que l'ensemble des mesures soit totalisé, il est commode de transmettre chacune d'elles avec son échelle naturelle, ce qui permet par ailleurs son affichage avec une précision convenable au Dispatching National,
- la nécessité d'éviter l'introduction, dans la boucle de réglage, des retards préjudiciables à sa stabilité ne permet pas l'emploi de télémesures cycliques à recurrence lente.

Les télémesures du type normalisé de recurrence 10 secondes représentent la limite admissible en matière de retard,

- il est essentiel de pouvoir invalider, en vue de la suppression éventuelle du programme correspondant, toute mesure qui ne correspondrait pas à la réalité. Cette invalidation se fait par retransmission depuis l'origine, parfois même depuis le disjoncteur du départ, d'une indication de défaut (par suppression de porteuse, transmission d'un code erroné, etc ...).

- ACTION A DISTANCE SUR LES GROUPES GENERATEURS -

Du fait de l'intégration effectuée par le régulateur central, cette action se matérialise par la transmission aux groupes d'un programme de contribution au réglage. Cette contribution variant suivant la puissance nominale des groupes et leurs possibilités, le système adopté à E.D.F. assure la transmission sous la forme réduite d'un "niveau", le même pour tous les groupes, mais auquel on restitue ses dimensions en MW après la réception.

Le réseau de télémesures correspondant a donc une forme radiale, divergeant vers chacun des Dispatchings Régionaux puis éclatant vers les quelque cent-vingt groupes qui peuvent participer au réglage. Ces télémesures peuvent être d'un type quelconque, mais le même pour tous les cas puisqu'elles transmettent toutes le même terme.

La remarque concernant l'introduction de retards dans la boucle de réglage reste valable, ce qui laisse le choix entre télémesures analogiques et cycliques rapides. Mais comme ces transmissions vont à contre-courant du flux général d'information, elles sont le plus souvent de forme unitaire et la télémesure analogique est alors la plus rentable.

Dans ce sens de transmission, il n'est pas apparu nécessaire d'invalider les mesures erronées tout au long de la transmission. Contrairement au cas des télémesures d'interconnexion, chaque groupe ou usine contrôle la validité du "niveau" reçu suivant un critère de vitesse de variation et maintient le groupe à la puissance immédiatement précédente en cas de défaillance brusque. Cette précaution a essentiellement pour but de protéger le matériel de production.

- SECURITE DE TRANSMISSION -

Le Télérèglage est une action concertée entre réseaux participants. Une défaillance importante du système risque d'entraîner, outre le non-respect des contrats d'échange, le déclenchement par surcharge des artères d'interconnexion. C'est pourquoi le réseau de télémesures d'interconnexion est entièrement doublé (le plus souvent par câble et courants porteurs sur lignes d'énergie) avec basculement automatique.

Les mêmes précautions sont prises en ce qui concerne la transmission du niveau aux Dispatchings Régionaux. Ce n'est que pour les liaisons d'éclatement vers les usines que l'on a renoncé à ce doublement, souvent en raison de la pénurie de voies de transmission, mais surtout parce que la perte, pour le télérèglage, d'une unité de production n'a que des répercussions minimales sur son fonctionnement global.

- PRECISION DES TELEMESURES -

La précision des télémesures transmettant le niveau n'a en fait que peu d'importance. En effet, celles-ci se trouvent en série dans une boucle d'asservissement de type intégral, donc sans erreur résiduelle en cas d'imprécision d'un de ses éléments. Les télémesures analogiques utilisées, précises à environ 1 % près sont donc très suffisantes.

Par contre, les télémesures d'interconnexion se trouvent en série dans une boucle de type proportionnel et la précision des échanges d'énergie réalisés est celle de l'ensemble des télémesures impliquées. Même en tenant compte d'une certaine compensation des erreurs, il est souhaitable de contrôler périodiquement la précision des télémesures et des convertisseurs associés.

Le Télérèglage français, réalisé suivant les principes exposés ci-dessus, assure, depuis sa modernisation en 1965, un service sans incidents de 24 heures sur 24, participant à la tenue de la fréquence générale et permettant à E.D.F. de remplir exactement ses obligations contractuelles envers les réseaux voisins.

II - 9 TELEPROTECTIONS ET TELEACTIONS -

II-9-1) Généralités

A partir des grandeurs (tension et courant) mesurées à chacune des extrémités d'une ligne de transport d'énergie) des protections permettent de commander localement les appareillages de ligne : par exemple l'ouverture d'un disjoncteur causée par une surintensité sur la ligne.

Les téléactions se décomposent en :

- accélération de stade
- télédéclenchement
- télédélestage.

Lorsqu'un court-circuit apparaît sur une ligne, il est nécessaire d'ouvrir les disjoncteurs des phases en défaut le plus rapidement possible et simultanément à chaque extrémité.

Dans certains cas, la protection de ligne qui détecte la première le défaut peut transmettre un ordre d'accélération de stade à la protection de l'autre extrémité de façon à accélérer son fonctionnement. Cet ordre doit être transmis en un temps inférieur à 50 ms. Le récepteur doit posséder une sécurité interdisant le passage d'un ordre intempestif qui n'aurait pas été envoyé par l'émetteur associé.

Le télédéclenchement est la commande à distance d'un disjoncteur par une protection, par exemple une ligne courte desservant une centrale peut ne comporter des disjoncteurs qu'à l'extrémité "poste". Lors d'un défaut détecté côté "centrale", il faut ouvrir les disjoncteurs dans des délais les plus rapides.

Un tel télédéclenchement doit être transmis en moins de 20 ms de façon sûre. En particulier tout ordre intempestif est exclu. Certains télédéclenchements, commandés par exemple par une baisse de la pression d'huile de refroidissement dans un câble, peuvent être plus lents (500 ms) tout en étant aussi sûrs.

Enfin, dans le cas de réseau de transport étendu, il peut apparaître des instabilités de fonctionnement qui doivent être éliminées par le télédélestage des centrales éloignées alimentant ce réseau.

Les ordres de télédélestage qui peuvent utiliser plusieurs retransmissions successives doivent être acheminés en un temps total inférieur à 100 ms.

II-9-2) Equipements de téléactions

Le fonctionnement des équipements de téléaction est nettement différent de celui des équipements de télémesure ou de télécommande.

Dans les télémesures codées, un nouveau message est transmis toutes les 10 secondes. Le récepteur, grâce à un autocontrôle interne peut refuser un message qui lui paraît suspect.

Dans les télécommandes, la principale qualité est la sécurité. Le poste de commande et le poste commandé échangent une succession de messages et l'ordre n'est exécuté qu'après plusieurs échanges corrects. Le temps de transmission d'une commande peut demander jusqu'à une dizaine de secondes.

Les liaisons de téléaction doivent concilier rapidité et sécurité, deux conditions qui sont incompatibles et nécessitent un compromis. Si l'utilisateur désirait une sécurité absolue, il serait possible d'effectuer des échanges de messages, comme dans la télécommande, mais les voies de transmission devraient permettre des vitesses de modulation d'environ 2400 bauds. Pour transmettre seulement quelques ordres de téléaction par an, le coût de telles voies serait prohibitif. Un compromis peut être réalisé en utilisant une voie de transmission à vitesse modérée, 50 bauds ou 200 bauds et en effectuant une mesure du rapport signal/bruit à la réception. En employant une modulation par déplacement de fréquence, il suffit de mesurer un rapport signal/bruit voisin de 10 dB pour être sûr que l'ordre reçu par le récepteur est bon avec une probabilité d'erreur extrêmement faible. Si le rapport signal/bruit est mauvais, le récepteur est verrouillé de façon à éviter tout ordre intempestif.

- Équipements de téléaction basse fréquence -

Il existe une centaine de liaisons de téléaction utilisant un canal harmonique 120 Hz comme voie de transmission.

Ces liaisons transmettent des ordres d'accélération de stade sans contrôle du rapport signal/bruit.

Quelques-uns de ces équipements, n'employant pas la vérification rapport signal/bruit et utilisés en télé-déclenchement, ont donné lieu à des déboires. (Ordre intempestif).

Prochainement, tous les télédéclenchements seront réalisés avec des équipements à plus haute sécurité.

La mesure du rapport signal/bruit nécessite des équipements récepteurs un peu plus complexes comportant un filtre de canal harmonique supplémentaire à partir duquel est mesuré le niveau de bruit.

- Equipements de téléaction CPL -

L'E.D.F. a développé en 1967 des équipements autonomes transmettant les ordres par courants porteurs sur lignes.

Le canal utilisé pour une liaison unilatérale correspond à une vitesse de modulation de 200 bauds.

Un canal supplémentaire est utilisé pour la mesure du bruit créé en ligne.

La puissance d'émission de 6 W permet des transmissions d'ordres correctes même dans le cas extrême d'une ligne support affectée d'un défaut triphasé.

La vitesse de transmission d'un ordre est voisine de 15 ms et la probabilité de réception d'un ordre intempestif quasi nulle.

En 1969, ces équipements sont employés sur :

- 23 liaisons d'accélération de stade sur le réseau 380 kV
- 4 liaisons de télédéclenchement
- 3 liaisons de télédelestage avec l'ESPAGNE.

I - LIAISONS RADIO MOBILES -

III - 1 LIAISONS ENTRE DES STATIONS FIXES ET DES POSTES MOBILES OU PORTATIFS -

Ces liaisons sont destinées à assurer un contact permanent entre le siège d'exploitation et le personnel d'exécution, dans le cadre des activités du service intéressé, dont les principales sont : l'exploitation, l'entretien, le dépannage des installations électriques et gazières et les interventions chez les abonnés. Ce type de liaison est surtout développé dans les Centres de Distribution Mixte E.G.F. Toutes les Unités d'Exploitation sont équipées d'une infrastructure radio à l'échelon "Subdivision". Le réseau comprend une ou plusieurs stations fixes, un certain nombre de postes mobiles sur véhicules et éventuellement des postes portatifs individuels. En 1969, le découpage territorial correspond à 450 réseaux, 6000 postes mobiles et 1000 postes portatifs sont en service ou en commande.

- 31 -

Le trafic s'effectue en "alternat-Duplex" dans la bande 70/80 MHz. Une répartition géographique judicieuse de 13 canaux juxtaposés avec un espacement de 25 kHz donne une certaine garantie contre les brouillages entre réseaux. Les puissances antennes autorisées sont de : 1 watt pour les postes portatifs, 20 watts pour les postes mobiles et de 20 à 60 watts pour les stations fixes. Dans environ 75 % des cas, le relief et les dimensions des zones d'exploitation, pouvant atteindre quelques dizaines de kilomètres, imposent l'implantation de la station principale sur un emplacement favorable à la propagation (Point-Haut). Elle fonctionne en "Duplex" c'est-à-dire émission-réception simultanées et en relais intermédiaire automatique. La couverture radio de certaines zones peut nécessiter plusieurs stations. La voie de transmission entre le siège d'exploitation et le point-haut est réalisée soit par câble, soit par liaisons radio (en Alternat dans la bande 70/80 MHz - en Duplex dans la bande 450/470 MHz).

Un système d'appel sélectif à 81 combinaisons, conçu à l'origine pour sélectionner les postes mobiles à partir d'une station fixe est en cours de généralisation afin de permettre les appels de mobiles à mobiles. Deux versions sont prévues : l'une à commande manuelle locale par des commutateurs de sélection, l'autre à commande automatique à distance depuis un poste téléphonique raccordé à l'équipement radio par un circuit 2 fils. Dans le type d'exploitation "Alternat", les combinés des postes téléphoniques sont équipés d'une pédale de commande d'émission. Dans la version "Duplex", l'exploitation est possible depuis les postes téléphoniques d'une installation automatique privée.

La numérotation à deux chiffres détermine un code composé de deux impulsions successives de fréquences acoustiques avec des constantes de temps appropriées.

La réception du signal d'appel, à la station correspondante, provoque pendant un temps limité la mise en route d'une alarme locale (sonnerie d'un poste téléphonique - signalisation acoustique dans un haut-parleur). Les stations exploitées avec le système d'appel sélectif à commande manuelle sont équipées d'un voyant de marquage de réception d'appel, cette signalisation est supprimée par un bouton poussoir d'effacement. Dès la fin de réception du signal d'appel, la station contactée émet pendant quelques secondes sa porteuse modulée par une fréquence acoustique qui constitue un contrôle de retour d'appel vers le demandeur. Ainsi, l'opérateur reçoit la confirmation de l'enregistrement de l'appel de la station demandée et est assuré du bon fonctionnement de la liaison radiotéléphonique.

La complexité relative du système est largement compensée par les avantages obtenus. En effet, il n'est pas nécessaire de répéter un appel lorsque le personnel n'est pas à proximité de la station recherchée et l'écoute permanente du trafic par l'ensemble des stations en service ne s'impose pas. Enfin, un mauvais fonctionnement est très facilement décelé par l'exploitant (pannes ou difficultés de propagation).

L'évolution technique dont bénéficient les matériels entièrement transistorisés de la nouvelle génération permet d'envisager une extension importante des utilisations. L'amélioration des caractéristiques essentielles (poids, volume, consommation, fiabilité, etc...) modifie profondément la conception des équipements. Les appareils du type "Mobile-Portable" éventuellement autonomes peuvent être utilisés indifféremment à bord d'un véhicule, en station autonome isolée portable ou en station semi-fixe (postes électriques, logement du personnel d'astreinte, etc ...).

D'autre part, les transmissions de signaux de télé-alarmes et de télécommandes sur ces réseaux radiotéléphoniques font l'objet de récentes expérimentations; un développement important est prévisible à brève échéance.

Les postes portatifs intégrés dans cette catégorie de réseaux sont surtout utilisés dans les zones inaccessibles aux véhicules ou pour des liaisons occasionnelles de courtes distances.

En dehors des Centres de Distribution, des liaisons de même nature sont utilisées dans un certain nombre d'exploitations telles que : les Centres Régionaux de Transport d'Energie, les Groupes Gaziers de Transport haute pression, les Groupes de Production Hydraulique (contrôle des crues - interventions dans les usines non-gardiennées) et dans les Groupes de Production Thermique (exploitation et entretien des centrales - contrôle des radiations des centrales nucléaires).

Enfin, sur les chantiers d'équipement, en particulier pour la construction des grands barrages des liaisons de service sont nécessaires entre différents points du chantier. Ces réseaux à caractère provisoire sont équipés de postes fixes, mobiles et portatifs robustes et travaillant généralement en Alternat simple sur une fréquence de la bande 70/80 MHz.

II - 2 LIAISONS DIVERSES "MOBILES-MOBILES", "MOBILES-PORTATIFS", "PORTATIFS-PORTATIFS" -

De nombreuses liaisons à courtes distances peuvent être utilisées à tout moment par l'exploitant pour des interventions dans des domaines extrêmement variés : travaux sur ligne H.T., recherches de défauts sur câble, liaison " -sol" (Service Hélicoptères), liaison entre agents, recherches de personnes, etc ...).

Dans la gamme 70/80 MHz, les appareils fonctionnent en monofréquence avec des puissances antennes inférieures à 10 watts, leur rayon d'action peut atteindre quelques kilomètres. Les liaisons à très courtes distances sont réalisées avec des émetteurs-récepteurs du type "TALKIE-WALKIE" dans la bande des 27 MHz dont la puissance rayonnée est de l'ordre de 50 mW. Ces matériels très économiques connaissent une grande diffusion à E.D.F. et G.D.F.

En conclusion, les radiocommunications permettent de résoudre un grand nombre de problèmes dans les activités particulières des différents services intéressés. Dans l'ensemble, le facteur de qualité de service est amélioré. La durée d'immobilisation des ouvrages est moins importante, en conséquence les pertes d'énergie sont réduites. Dans certaines interventions les conditions de sécurité sont meilleures. Tous ces éléments confirment la rentabilité des liaisons radio et elles participent à la modernisation des doctrines d'exploitation.
