

UNIVERSITE D'ALGER

18/77

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

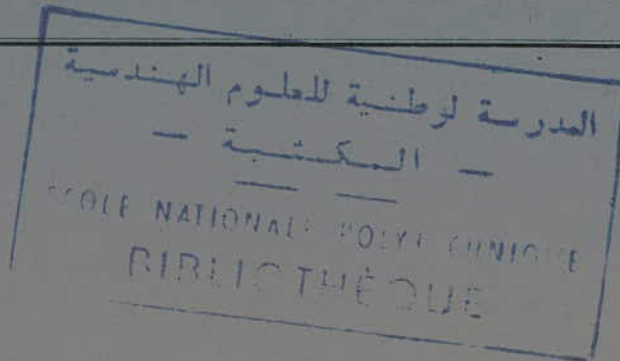
DEPARTEMENT D'ELECTRICITE

2 ed

Filière d'Ingénieur en Electronique
PROJET DE FIN D'ETUDES SUPERIEURES



TÉLÉCOMMANDE ET TÉLÉCONTROLE CENTRALISES
APPLIQUÉS AUX SYSTÈMES FERROVIAIRES



Proposé par:

M^r CHIHEB

Etudié par :

Ahcène FARAH
et
Abdallah GUEBLA

UNIVERSITE D'ALGER
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRICITE

Filière d'Ingénieur en Electronique

PROJET DE FIN D'ETUDES SUPERIEURES

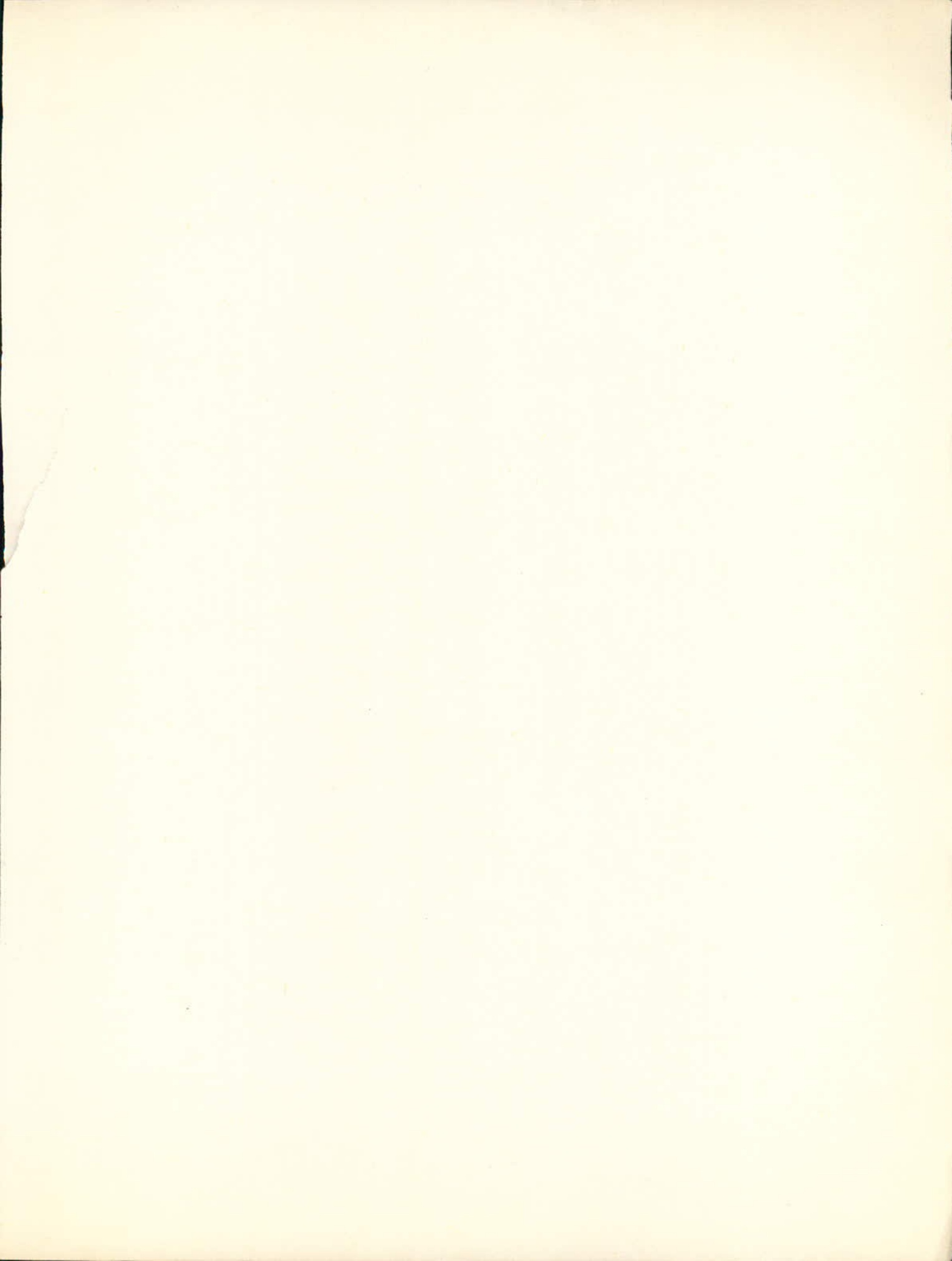
Sujet / Télécommande et Télécontrôle Centralisés Appliqués
aux Systèmes Ferroviaires .

Proposé par : Mr CHIHEB

Etudié par :

Ahoène FARAH
et
Abdallah GUEBLA

Promotion Juin 1977



Que tous ceux qui ont contribué à notre formation trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance ; particulièrement nous tenons à remercier M^r CHELHEB pour le choix du sujet et les conseils qu'il n'a pas hésité à nous donner pour l'élaboration de ce modeste travail .

Nous tenons également à remercier tous ceux à la SNTF , et surtout Mr BOUAKEZ , Ingénieur à la SNTF, qui nous a aidés au niveau de la documentation ,

Nous remercions aussi Mr BOUALI YUCEF qui a eu la grande amabilité de se charger de la frappe .

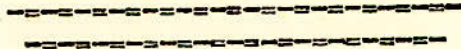
Sans oublier les parents , les amis ,.....

Première partie: STRUCTURE GENERALE D'UNE COMMANDE CENTRALISEE

Deuxième partie: ETUDE D'UN SYSTEME DE TELETRANSMISSION

Troisième partie: ACQUISITION DES CONTROLES
EXECUTION DES COMMANDES
& REGULATION DU TRAFIC

Quatrième partie: APPLICATION A LA REGION ALGEROISE



/ INTRODUCTION /

Le chemin de fer offre à l'automatisation un champ d'application des plus favorables. La sécurité ferroviaire repose principalement sur la manœuvre correcte des aiguillages et des signaux.

Deux voies sont ouvertes pour ^{faire} bénéficier les systèmes ferroviaires de tous les progrès apportés par la science et la technique contemporaine dans ce domaine. L'une est la plus ambitieuse — consiste à s'attaquer systématiquement à la totalité du processus ferroviaire, à l'analyser, à l'organiser en divers niveaux et en fin de compte à définir la structure d'un ensemble automatique capable de gérer entièrement et rationnellement le processus.

Une autre voie — plus modeste, mais tout aussi efficace — consiste à rechercher à toute occasion les cas d'applications si limités soient-ils des techniques modernes d'automatisation, pourvu qu'elles aient par elles-mêmes une justification.

Dans cette seconde optique, on s'attaque à l'automatisation des systèmes au niveau des grandes villes et points à forte densité de trafic; or la conduite automatique d'un processus exige que l'on connaisse et que l'on rassemble, en un même lieu et dans un délai extrêmement court, un nombre important de données.

D'où la nécessité d'une installation à commande et contrôle centralisés.

La commande centralisée regroupe tous les moyens permettant la supervision des trafics sur la ligne ainsi que toutes les informations donnant l'état de chaque élément intervenant dans l'exploitation. Une installation de "commande et contrôles centralisés" a donc pour objectif de réunir au poste central:

- +Les moyens d'informations (contrôles)
- +Les moyens d'intervention (commandes)
- +Les moyens de traitement (programmation, régulation).

L'étude dans ce présent ouvrage se divise en quatre parties:

- La première partie consiste à présenter la structure

générale d'une commande centralisée: nous abordons le principe et l'organisation, les moyens d'exploitation des informations, la description d'un système pour acheminer l'information et ses différents équipements au poste central de commande (pcc) et en gares.

- Nous consacrons la deuxième partie à l'étude détaillée de la transmission de l'information, composante la plus importante dans toute commande à distance. Elle englobe les techniques de transmission (codage, contrôle, modulation, voie), les dispositifs pour réaliser ces fonctions et, enfin, l'organisation des échanges d'informations.

- La troisième partie traite des moyens (relais de voie, PRS) utilisés en milieu ferroviaire pour recueillir les contrôles et exécuter les commandes; nous introduisons aussi le problème de la fluidification, grâce à la C.C, de la circulation aux nœuds.

- Enfin, la quatrième partie est réservée à une application possible à l'aménagement de la région Algéroise.

Première partie: STRUCTURE GENERALE D'UNE COMMANDE CENTRALISEE

Chapitre I: PRINCIPE ET ORGANISATION.....1

Chapitre II: MOYENS D'EXPLOITATION DE L'INFORMATION.....3

1/ T.C.O.....3

2/DIALOGUE MACHINE-OPERATEUR.....4

3/ENREGISTREUR.....7

4/CALCULATEUR.....8

Chapitre III :DESCRIPTION DU DISPOSITIF DE TELETRANSMISSION

1/Equipement au P.C.C.....12

2/Equipement en gare.....12

I/PRINCIPE ET ORGANISATION Fig 1

Dans le système que nous allons étudier, que ce soit pour la commande d'itinéraires ou pour le suivi de trains; les informations sont prélevées sur les installations fixes de signalisation qui jalonnent le réseau (signalisation d'aiguillage , d'espacement).

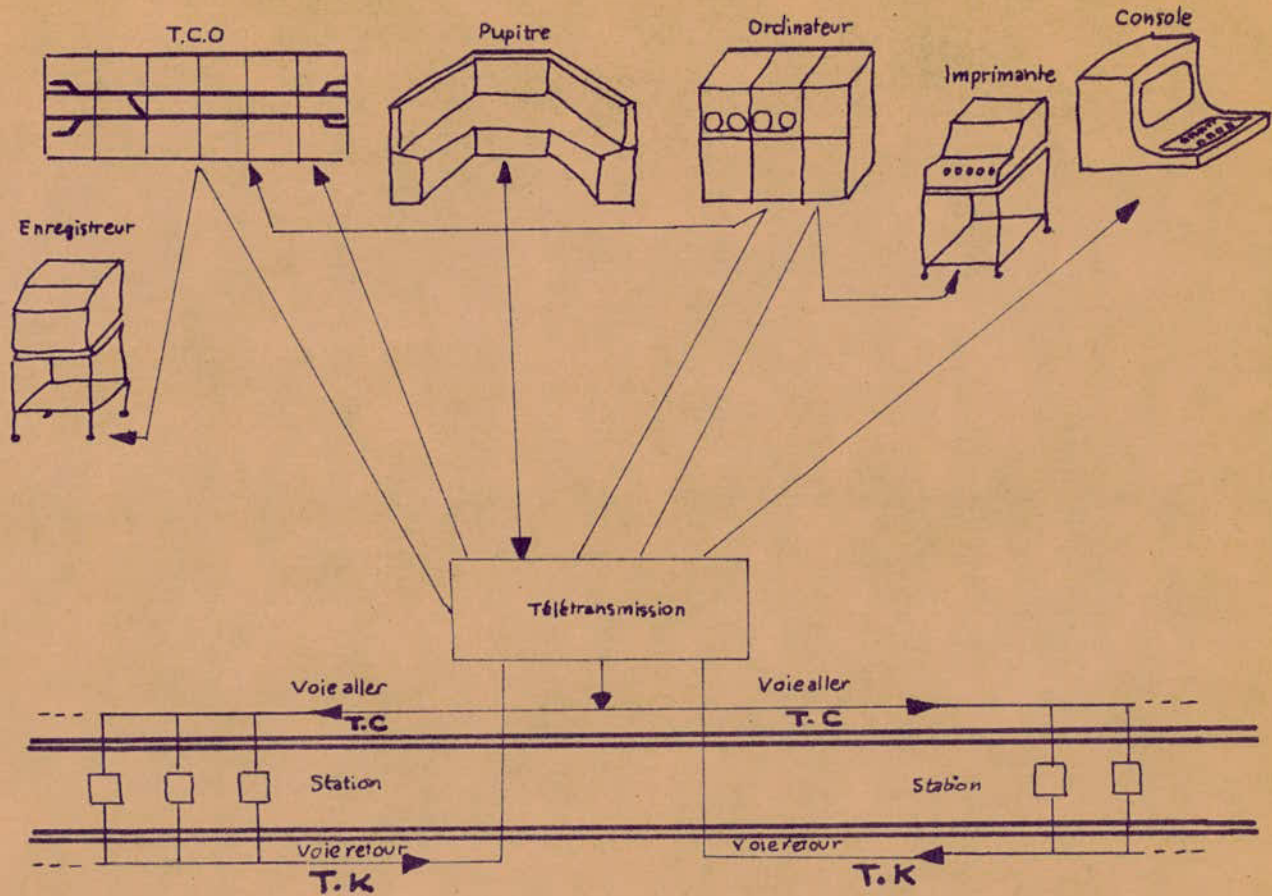
Ces informations, généralement, discrètes sont codées et envoyées au poste central au moyen d'un dispositif de télétransmission.

Les télétransmissions ont pour but de grouper toutes les relations sur un nombre réduit de conducteurs. Elles relient, par une liaison du type multipoint, au poste de commande centralisée (P . C . C) l'ensemble des équipements commandés et contrôlés dans chacune des gares de la ligne.

L'échange d'information entre le P.C.C et gares satellites s'effectue " en full-duplex"; une voie " aller " : sens PCC - gares satellites;
une voie " retour " : sens gares satellites - P.C.C.

La ligne est constituée par une quart^e prise dans un câble téléphonique ^omyen distance: une paire sert à la transmission des contrôles, l'autre à celle des commandes .

STRUCTURE DU RESEAU DE TELETRANSMISSION



2

fig 1

II) - MOYENS D'EXPLOITATION DE L'INFORMATION:

1) T.C.O:

Le tableau de contrôle optique (T.C.O) reflète sous forme lumineuse la situation géographique du réseau. Il matérialise le tracé des itinéraires, la position des appareils de voie, des signaux, des circuits de voie et, d'une manière générale, la totalité des informations utiles.

Chaque T.C.O comporte en général deux parties fonctionnelles:

- a) L'une relative à la circulation ~~donne~~ à chaque instant:
- La position de chaque train sur la ligne par la signalisation lumineuse des circuits de voie et, éventuellement lorsque l'équipement le permet son identité par la visualisation d'un numéro,
 - La position des aiguilles
 - L'aspect des signaux de manœuvre
 - La possibilité de commander et de contrôler des services provisoires.
- b) L'autre relative à la distribution du courant de traction (pas des réseaux électrifiés) comporte:
- Des voyants de contrôle (absence de tension, actionnement des rupteurs d'alarmes)
 - Des boutons de commande des appareillages traction (contacteur de sectionnement C.S, sectionneur d'isolement télécommandé).

Le TCO est formé de panneaux modulaires raccordés par connecteurs à une série d'armoires d'appareillages.

La série d'armoires renferment des dispositifs à relais électromagnétiques ou statiques constitue l'interface entre les organes terminaux (pupitre, TCO et calculateur). Après combinaison des informations issues de la ligne, le calculateur " en ligne " va afficher les contrôles résultants sur des relais ^aautomat^aintenus qui allumeront à leur tour des lampes de visualisation.

2) DIALOGUE Machine - Opérateur

La conduite par ordinateur d'un processus est généralement supervisée par un opérateur, ce qui nécessite un dialogue entre ce dernier et l'ordinateur, dialogue qui a un double but :

- TENIR L'opérateur au courant du déroulement du processus et des actions entreprises par l'ordinateur.
- Lui permettre d'agir sur le processus en modifiant ou en complétant le traitement automatique.

Le dialogue peut s'effectuer par différents moyens :

- + Utilisation de pupitres de dialogues spécialisés .
- + " " de consoles de visualisation .
- + " " d'imprimantes émettrices - réceptrices .

a) Pupitre:

Le pupitre fournit à l'opérateur les moyens de commander les actions résultant des décisions par simple manoeuvre d'un bouton - poussoir ou d'un commutateur . Le pupitre compose également les organes nécessaires à la mise en place ou à la modification des programmes de traitement ainsi que les platines nécessaires aux liaisons téléphoniques avec les installations fixes ou mobiles .

Le pupitre de dialogue spécialisé doit remplir les deux fonctions suivantes :

- + Présentation des résultats de traitement à l'Opérateur:
- + valeurs de mesure ou alarmes ;
- + Prise en compte des ordres de ce dernier .

b) CONSOLE :

La nécessité d'entretenir avec l'ordinateur un dialogue plus rapide que le permettent les machines à écrire à amener l'introduction des écrans de visualisation appelés consoles .

Il ya deux sortes de consoles de visualisation :

- Des consoles alphanumériques , qui ,foncionnellement , se rapprochent plutôt des imprimantes .

- Des consoles graphiques qui,de même que les traceurs de courbes numériques,permettent la visualisation de tracés quelconques.

Pour l'exploitation des réseaux ferroviaires, C'est la deuxième

catégorie la plus intéressante ; car la richesse graphique et la grande souplesse d'utilisation de cette console permettent de presenter en exploitation normale un aspect concis du réseau,tout en tolérant,sur appel , l'apparition des images détaillées .Elle permet de presenter également le graphique de marche des trains ; Un clavier associé assure le dialogue avec le calculateur pilote et peut éventuellement se substituer au pupitre de commandes.

On consta te en contrepartie que les consoles de visualisation sont assez chères , de plus elles demandent la mise en oeuvre d'un software très important .

/ o) - IMPRIMANTE :

Il existe deux types d'imprimantes :

- Les imprimantes par caractère utilisée dans la configuration de base d'un système de traitement de l'information. Elle permet en effet :

- + L'introduction des données exprimées sous forme symbolique, dans l'unité centrale.
- + La modification de programmes, ou de paramètres de toute nature.
- + L'édition de " listings " .

Son rôle principal est d'imprimer les défauts de la télétransmission.

Par exemple dans un système, Industriel un peu complexe, on peut envisager, l'utilisation de trois machines à écrire :

- . Une émettrice - receptrice, pour le dialogue avec l'unité centrale.
- . Une réceptrice pour l'édition périodique.
- . Une réceptrice pour l'édition de messages d'alarmes.

- Les imprimantes rapides, ou parallèles, fondées sur des principes différents; dans ce type d'organes périphériques, uniquement récepteurs, les messages ne sont pas imprimés par caractère, mais par ligne.

L'échange de messages écrits entre le P.C.C et les chefs de service des stations de la ligne est effectué par l'intermédiaire d'un réseau de téléimprimeurs utilisant comme support de transmission une quarte du câble général de téléphonie

/ 3)- ENREGISTREUR :

Lorsqu'il s'agit d'un contrôle par "tout ou rien", tel le cas des télécontrôles et des télécommandes, il est généralement fait usage d'enregistreurs qui groupent un nombre assez important de contrôles, et qui ont été mis au point dans des buts bien déterminés de mémoriser sous forme graphique et en temps réel, les informations nécessaires à l'établissement d'un graphique simplifié de la marche des trains.

Quant à la vitesse de déroulement, elle doit être choisie en fonction de la rapidité de variation des phénomènes contrôlés .

4)-CALCULATEUR :

Suivant son importance le traitement peut être réalisé au moyen d'un appareillage en logique câblée ou d'un appareillage en logique programmée (calculateur).

Dans le cas d'une logique programmée la sécurité de fonctionnement nécessite l'utilisation de deux calculateurs couplés aux modes, exécutant les mêmes tâches et se secourant mutuellement à chaque instant, un calculateur est en "ligne", l'autre en "reserve" prêt à assurer la totalité du trafic en cas de défaillance du premier.

Le calculateur est utilisé uniquement pour les fonctions nobles de décisions. Ces fonctions mettent en jeu des algorithmes souvent complexes. Le reste du système met en œuvre les logiques câblées pour tout ce qui concerne les fonctions répétitives, indépendantes et non évolutives.

Chaque chaîne de traitement comprend une unité centrale, une mémoire centrale et une mémoire de masse. Pour permettre la synchronisation des deux chaînes (calculateurs) de traitement, une partie de la mémoire centrale de chaque calculateur est accessible à l'autre calculateur.

Les principaux problèmes traités:

- Commande automatique des itinéraires
- Programmation des départs en station.
- visualisation du suivi des trains.
- Régulation de trafic.
- Surveillance et gestion des alarmes.

a)- COMMANDE AUTOMATIQUE DES ITINÉRAIRES:

La commande des itinéraires est la fonction principale de l'ordinateur de commande automatique. Elle s'appuie sur deux principes de base:

-En général les itinéraires sont commandés en destruction automatique de manière à affecter sans ambiguïté une commande à un train donné. Le train par son passage détruit l'itinéraire qui devient disponible pour une nouvelle commande.

-L'ordre de commande résulte d'une comparaison entre l'itinéraire prévu dans les fichiers et l'identité et la position du train.

pour éviter de perturber la marche des trains, les itinéraires sont commandés, dans la mesure du possible bien avant le passage du train.

b)- LA PROGRAMMATION DES DEPARTS EN STATION:

L'ordinateur déduit du programme d'exploitation la liste ordonnée chronologiquement des départs des trains ^{des} terminus; cette liste est explorée toutes les secondes. Trente secondes environ avant l'heure théorique, "Les opérations à effectuer avant un départ" sont lancées (sonnerie, affichage), dans la mesure où le premier itinéraire est tracé pour un train reconnu à quai, une alarme est mise dans le cas contraire.

c)- LA VISUALISATION DU SUIVI DE TRAIN/

La fonction qui consiste à visualiser au TCO chaque train par son numéro de service, est assurée par le système informatique.

Le numéro de service, est introduit dans le système par le conducteur qui dégare son train au terminus ou qui entre dans une gare située à la périphérie du système surveillé (venant de l'extérieur) grâce à un "dispositif de numérotation" relié au PCC par la télétran-
 ..//..

mission.

En voie courante, où le sens de circulation est unique, la progression des numéros de trains au TCO dépend essentiellement des occupations successives des circuits de voies, lesquelles sont transmises au PCC par télécontrôles. Dans les zones de manœuvre, ces conditions sont complétées par les télécontrôles d'itinéraire qui fournissent les informations de sens et de direction.

La position des trains en ligne et leurs numéros sont ainsi affichés sur la console de visualisation.

d) - Régulation du trafic:

La régulation du trafic peut être faite soit par le régulateur lui-même qui prend des décisions en fonction de la connaissance de la situation qu'il possède, soit par l'ordinateur qui, après acquisition des informations, effectue le traitement de celle-ci, prend les décisions et lance les télécommandes correspondantes.

dans le premier cas, le système de régulation comprend le TCO, le pupitre et l'opérateur.

dans le deuxième cas, le système de régulation comprend le calculateur avec ses dispositifs d'entrée-sortie, le TCO ne devenant qu'un organe de contrôle du bon fonctionnement de l'ensemble.

La programmation de l'ordinateur aura pour but de:

- Provoquer le départ des trains des terminus à des heures prévues
- Assurer la permanence de l'intervalle entre les trains le long de la ligne.

- Corriger les heures de départ en tout point, en fonction des perturbations qui peuvent modifier l'écoulement en certains endroits de la ligne.

Le calculateur détectera en tout point de la ligne le retard éventuel d'un train et modifiera la totalité des fichiers contrôlant les trains pour que le retard soit absorbé le plus rapidement possible. Le système fonctionne selon le principe d'un véritable asservissement, l'erreur étant définie en chaque point par l'écart entre l'heure théorique et l'heure réelle d'entrée en station.

c)- SURVEILLANCE ET GESTION DES ALARMES /

Les signalisations d'alarmes pourront être conservées sous forme traditionnelle mais le traitement sera effectué par programmes. Les programmes de gestion des alarmes permettent à partir des détections internes réalisées par hardware ou par software, de générer les messages téléimprimeurs et les alarmes visuelles (lampe rouge) et sonores (sirène, klaxon ou haut parleur) concernant le système; le signal d'alarme est souvent accompagné de l'affichage d'un message indiquant de quelle situation dangereuse il s'agit.

pour les alarmes internes, les programmes détectent les défauts et les mémorisent.

De la même façon, le programme de traitement des télécontrôles mémorise les alarmes rétransmises.

III- DESCRIPTION DU DISPOSITIF DE TELETRANSMISSION :

Dans un système de commande et de contrôle centralisés la télétransmission doit assurer les liaisons entre le poste central et les postes satellites. Par elle, transitent tous les contrôles et toutes les commandes résultant des décisions prises.

1)- Equipement au P.C.C:

IL comporte:

- Un poste central, constitué en générale d'une armoire "double" dont une partie est équipée de "relais" pour les télécontrôles, l'autre rassemblant les modules "émission", "réception" et traitement de l'information.
- Un équipement de secours comporte essentiellement l'appareillage de transmission d'un poste central (émetteur, récepteur) il se substitue automatiquement à l'un des postes en cas de défaillance de l'un d'eux.
- Une baie de maintenance permettant de tester tous les équipements de télétransmission du p.C et de la station.

2)- Equipement en gare :

L'équipement installé dans les gares est entièrement autonome. Il est constitué en général de deux armoires : une armoire est réservée aux télécontrôles, l'autre aux télécommandes.

-Télécontrôles: Un équipement assure le cyclage (scrutation-cyclique) des télécontrôles par groupe d'informations. Tous les télécontrôles se présentent presque toujours sous forme d'un contact électrique (relais plus au moins éloigné) un modem transmet

ces derniers au pcc à raison d'un contrôle par digit où ils sont restitués par un contact électrique mémorisé.

-Télécommandes:

Les télécommandes sont généralement présentées sous forme d'un contact électrique (relais ou bouton) fugitif ou mémorisé. Un contrôle très sévère de validité, elles sont restituées sous forme d'un contact électrique, avec ou sans point commun, fugitif ou mémorisé, avec pouvoir de coupure normal ou puissant.

Le débit des T.C est donc limité par le temps d'excitation du relais final;

Les T.C sont transmises sous forme codée binaire.

2^{ème} Partie:ETUDE D'UN SYSTEME DE TELETRANSMISSION

Chap I : Techniques de la transmission de données

1) Codage.....	14
2) Synchronisation.....	14
3) Code et procédure d'erreurs.....	16
4) Modulation.....	19
5) Canal de transmission.....	21

Chap II: Dispositif de télétransmission

1) Codeur et décodeur.....	26
2) Convertisseurs serie-parallèle et inversement.....	29
3) Diviseur modulo.2.....	32
4) Sécurité du message.....	35
5) Modems.....	37
6) Circuits de liaison numérique.....	40
7) Technologie.....	43

ChapIII) Fonctionnement de la télétransmission

1) Structure du message " aller ".....	44
2) Structure du message " retour ".....	45
3) Description du dispositif.....	45
4) Capacité du dispositif.....	48

I)- Techniques de la transmission:

Dans ce qui suit, on s'intéresse à étudier la logique selon laquelle se réalisent effectivement la transmission des données à distance.

Il ne suffit, en effet, de transmettre des trains de bits, mais il faut aussi que ces bits aient une signification (codage) qu'ils soient correctement repérés à la réception (synchronisation) qu'ils soient protégés des erreurs (code et procédure d'erreur).

1)- Codage:

Toutes les informations (commande ou contrôle) sont codées en binaire et émises en ligne sous forme série par l'intermédiaire de modems. Dans notre étude, nous considérons que les messages émis par le PCC et les postes satellites ont un format constant égal à quatorze bits d'informations plus un bit de service pour séparer les messages entre-eux.

- 8 (huit) bits représentent l'adresse du groupe.
- 4 (quatre) bits de téléinformation.
- 2 (deux) bits de redondance.

2)- Synchronisation:

La notion de transmission d'information n'est pas indépendante de la notion de temps : la voie prend une suite d'états discrets entre lesquels se produisent des régimes transitoires non significatifs. Le récepteur ne doit prendre l'état de la voie qu'en des instants bien déterminés.

Le repérage de ces instants peut être fait de différentes façons selon la modulation. trivalente avec retour à
dans le cas de la modulation/..

zéro (FSK), L'arrivée de tout bit nouveau au récepteur, est marqué par une succession d'évènements susceptibles de déclencher la prise en compte et la mémorisation de ces évènements (prise en compte de l'information).

Si le récepteur est attaqué par un étage sensible aux transitions (bascule à entrée dérivée par exemple), un montage simple permet de sensibiliser cet étage après chaque état 0 reconnu. Alors l'arrivée d'un nouveau bit déclenchera la bascule, et provoquera la mise en mémoire du nouvel état (1 ou - 1). Le bit sera pris en compte dans le récepteur.

3)-Code et procédure d'erreur:

Le problème de la transmission d'information avec le minimum d'équivoque est particulièrement important.

Shannon a indiqué un procédé permettant la transmission sans erreur ; sa méthode est fondée sur un certain traitement appliqué au signal avant la transmission et un autre traitement appliqué à sa sortie, du canal affecté par les perturbations.

a) Contrôle de parité:

Le contrôle de parité ne détecte qu'une seule erreur. Des bascules bistables calculent le reste modulo 2 de la somme des bits du message, ce reste est transmis avec le message. A la réception le même calcul est effectué. Si la parité est respectée le message est validé, sinon il est rejeté.

b) Codes cycliques:

Pour trouver des modalités nouvelles permettant de simplifier la réalisation des unités de codage et décodage et la détection d'erreurs multiples; on représente le message:

$$[a_0, a_1, \dots, a_{n-1}]$$

par le polynôme:

$$v(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots + a_{n-1} x^{n-1}$$

où les coefficients représentent les symboles et sont les éléments d'un champ fini à 2 éléments $\mathbb{F}_2 = \{0, 1\}$. Dans les codes cycliques outre l'opération d'addition et son inverse on définit l'opération de multiplication et son inverse.

L'idée de base du mécanisme de détection ou correction des erreurs consiste à choisir comme code les polynômes

divisibles par un polynôme donné $g(x)$ de degré k . Le polynôme $g(x)$ s'appelle polynôme générateur du code. Si le processus de transmission n'introduit pas d'erreurs, le polynôme qui représente le message reçu divisé par $g(x)$ donnera alors un reste nul. Si des erreurs étaient introduites, le reste sera différent de zéro.

Voyons ça, plus en détail:

Lorsque un bit de parité protège une suite m bits d'informations, il peut être considéré comme le reste de la division par $x+1$, dans une algèbre modulo 2, du polynôme de degré $m-1$ formé par la séquence de n bits.

exemple simplifié, où $n = 6$.

La séquence 1 1 0 0 0 1 correspond à $x^5 + x^4 + 0 + 0 + 0 + 1$ le reste de la division par $x+1$ est 1, et la séquence transmise 1 1 0 0 0 1.1 correspond au polynôme: $x^6 + x^5 + x + 1$ qui est exactement divisible par $X+1$.

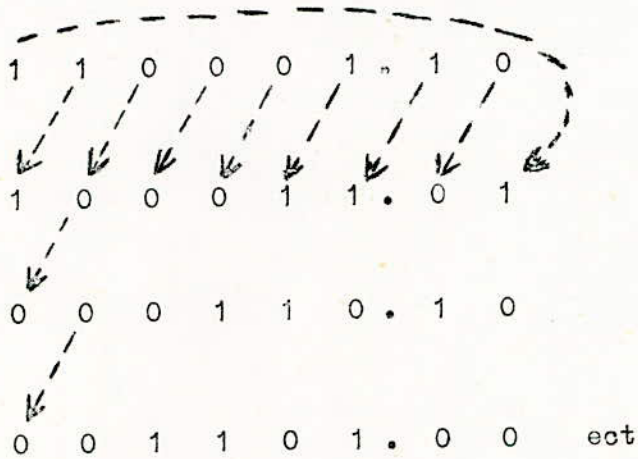
Si, dans le même exemple, on utilise comme diviseur un polynôme de degré 2 tel que X^2+1 , le reste est alors $x+2$ c'est-à-dire $X \pmod{2}$ et la séquence transmise devient 1 1 0 0 0 1.10; elle correspond au polynôme $x^7 + x^6 + x^2 + x$ qui est divisible par $x^2+1 \pmod{2}$. Si une intervention de deux bits, telle que

1 0 1 0 0 1.10, se produit pendant la transmission, le polynôme: $x^7 + x^5 + x^2 + x$ n'est pas divisible; l'erreur peut être alors détectée, ce que ne permet pas un simple bit de parité.

Le qualificatif de "cyclique" donné à ce type de contrôle est justifié par la propriété suivante: lorsque m et k son pairs, ce qui est le cas de notre message ($m = 12$ et $k = 2$), les $n = m + k = 12 + 2$ bits peuvent être permutés de façon circulaire tandis que les k bits gardent leur rôle de contrôle.

.../...

Ceci peut être vérifié à l'aide de l'exemple déjà donné
où $m = 6$ et $k = 2$



De tels codes permettent la détection des erreurs multiples
et l'autocorrection de toutes les erreurs simples ainsi que
celle des erreurs " en rafales ", c'est-à-dire des paquets
d'erreurs consécutives, comme cela se produit souvent
en télétransmission.

4)- MODULATION:

Shannon a démontré que pour transmettre des données à une vitesse V en bauds il faut un support de bande passante B ayant au moins la valeur $B = \frac{V}{2}$.

Pour adapter l'information à la voie de transmission, ou multiplexer plusieurs transmissions sur une même voie, il faut en général effectuer l'opération modulation.

La modulation peut être faite par saut d'amplitude, saut de fréquence ou saut de phase. Si on compare ces différentes modulations, on peut dire que la simplicité mène à la modulation d'amplitude, la rapidité mène à la modulation de phase et la sécurité mène à la modulation de fréquence, car celle-ci est peu sensible aux parasites agissant sur l'amplitude de la porteuse.

Ainsi, jusqu'à 1200 bauds sur voie téléphonique, l'emploi de la modulation par déplacement de fréquence est tout à fait justifié.

Les fréquences émises sont :

si le code est bivalent :

$$\begin{array}{l} F_0 + \Delta F \longrightarrow 1 \\ F_0 - \Delta F \longrightarrow 0 \end{array}$$

si le code est trivalent :

$$\begin{array}{l} F_0 + \Delta F \longrightarrow 1 \\ F_0 \\ F_0 - \Delta F \longrightarrow 0 \end{array}$$

où F_0 est la fréquence du signal porteur.

Cette dernière modulation est une modulation avec retour à zéro (FSK - ~~trava~~^Lrente RZ) .

Le retour à zéro signifie que les impulsions de modulation sont de durée moitié de celle des digits et qu'à la suite d'une déviation $+\Delta F$ ou $-\Delta F$, la fréquence du signal porteur revient toujours à la valeur moyenne F_0 avant toute nouvelle déviation .

Cette modulation présente deux avantages importants :

- Le retour à la fréquence moyenne, à chaque digit du message, permet une extraction facile du signal d'horloge conduisant ainsi à un matériel plus simple, donc de meilleure fiabilité,

- Ce retour à la fréquence moyenne a pour caractéristique importante que le nombre d'impulsions d'horloge (ou de décodage) est égal au nombre de digits reçus et qu'il facilite par conséquent les opérations de contrôle.

Le signal porteur, dont la fréquence est choisie en fonction de la voie de transmission, est modulé en fréquence par les digits binaires du message à transmettre.

On note F_0 la fréquence du signal porteur.

5)- CANAL DE TRANSMISSION:

a) Débit d'information:

Le débit théorique maximal est défini par la formule de shannon:

$$D_{\text{bits/s}} = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \text{ appelé aussi capacité du canal.}$$

où B est la longueur de bande exprimée en hertz et $\frac{S}{N}$ est le rapport signal/bruit. Prenons l'exemple d'un circuit téléphonique dont la largeur de bande est de 3000 HZ et pour lequel $\frac{S}{N} = 1023$ (30 décibels environ):

$$1 + \frac{S}{N} = 1024 = 2^{10}$$

comme $\log_2 (2^{10}) = 10$

Le débit de ce circuit est $D = 30\,000 \text{ bits/s}$.

b) Vitesse de modulation:

Le baud : une unité de rapidité de modulation.

Elle correspond à l'inverse de la durée d'un moment, T.

Il ne faut pas confondre la rapidité de modulation, mesurée en bauds, et le débit binaire mesuré en bits/s.

$$\text{Vitesse de modulation : } \frac{1}{T} \text{ bauds.}$$

Débit binaire en bits/s.

Exemple: de lien entre la vitesse de modulation

et le débit binaire. pour $V = 1\,200 \text{ bauds}$.

en modulation bivalente $D = 1200 \text{ bits/s}$.

en modulation quadivalente $D = 2400 \text{ bits/s}$.

en modulation trivalente $D = 600 \text{ bits/s}$.

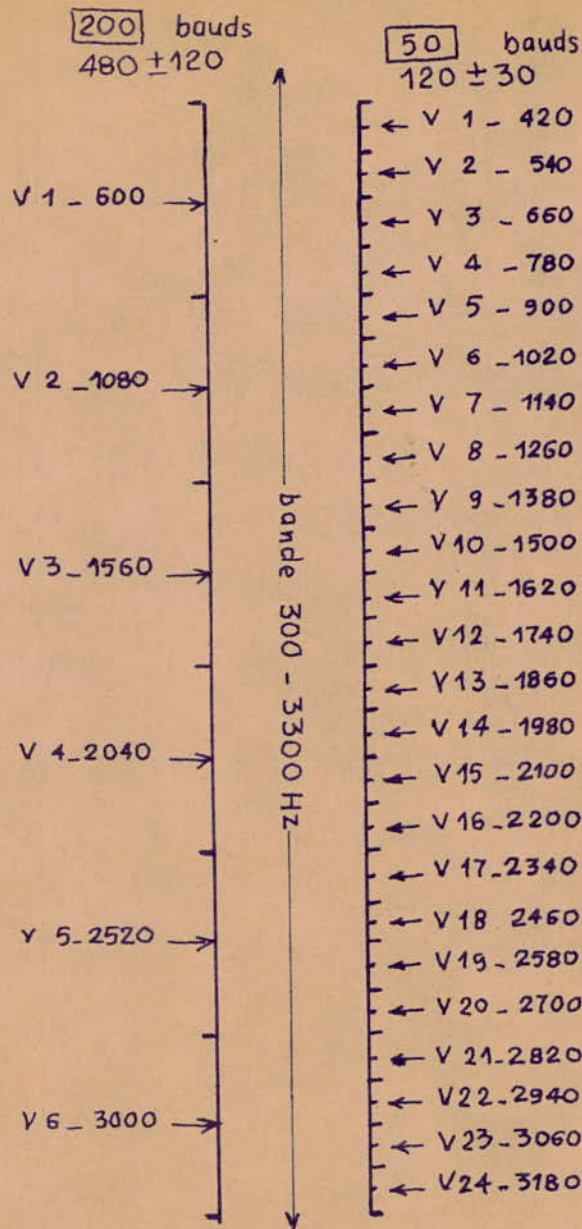
NORMES C.C.I.T.T

fig 2

Les équipements 50 et 200 bauds répondent aux normes du C.C.I.T.T et sont utilisables sur tous les supports téléphoniques de bande passante 300-3300 Hz (cas de REDECA).

L'équipement supérieur à 200 bauds (1200 bauds par exemple) nécessite une paire spéciale.

c) Temps de transmission:

+ Temps de transmission d'un message:

Le temps de transmission d'un message de 15 digits, en modulation FSK est de :

$$- 15 \times \frac{1}{25} = 0,6 \text{ seconde à } 50 \text{ bauds}$$

$$- 15 \times \frac{1}{100} = 0,15 \text{ seconde à } 200 \text{ bauds}$$

$$- 15 \times \frac{1}{600} = 0,025 \text{ seconde à } 1200 \text{ bauds}$$

$$- 15 \times \frac{1}{1200} = 0,0125 \text{ seconde à } 2400 \text{ bauds .}$$

+ Temps de scrutation de la totalité des messages installés :

Ce temps est évidemment fonction du nombre de message qui équipent l'installation . Pour une installation complète de 256 messages on a :

$$- 0,6 \times 256 = 154,6 \text{ secondes à } 50 \text{ bauds}$$

$$- 0,15 \times 256 = 38,4 \text{ seconde à } 200 \text{ bauds}$$

$$- 0,025 \times 256 = 6,4 \text{ seconde à } 1200 \text{ bauds}$$

$$- 0,0125 \times 256 = 3,2 \text{ seconde à } 2400 \text{ bauds .}$$

Il vient de ces calculs que le choix de la vitesse de modulation pour contrôler un système est conditionné par la vitesse de variation des variables de ce systèmes ferroviaires, nous dressons un tableau de valeurs liant les variables: Vitesse de modulation, vitesse de déplacement du train et distance parcourue entre deux scrutations successives.

Vitesse de modulation	Temps de scrutation	Distances Parcourues			
		40 Km/h	100 km/h	140km/h	240 Km/h
50 bauds(25 bit/S	154,6 s	1,7 Km	14,3 Km	6 Km	18,6 Km
200 bauds(100 bit/s	36,6 s	400 m	1 Km	1,4 Km	2 Km
1200 bauds(600 bit/s	6,4 s	70 m	176 m	249 m	352 m
2400 bauds(1200 bit/s	3,2 s	35 m	88 m	124 m	176 m

Compte tenu du tableau précédant, de la longueur du train, et du fait que les circuits de voie ont des longueurs environ 1000 m, une modulation de 1200 bauds (600 bits / s) est satisfaisante.

+ Temps de transmission d'une information aller en mode déchenché (Télécommande).

dans ce cas, il règne une zone d'incertitude entre le moment où se présente l'information et l'arrivée du début du dernier message qui servira de support à l'information.

Si le t est le temps de transmission d'un message, le temps réel de transmission de l'information est:

$$t < T < 2t$$

Si l'information se compose de n messages on a:

$$n t < T < (n + 1) t$$

d) Voie de transmission :

En télécommande et télécontrôle et plus généralement en transmission de données, on utilise la voie filaire. on peut utiliser deux fils, la conversation s'échange dans les deux sens sur le même circuit, pour les circuits 4 fils, une paire est utilisée pour la conversation en sens contraire.

Les circuits à quatre fils sont préférables pour les transmissions de données et les modems sont normalement conçus pour ce type de circuit.

+ Paires symétriques:

On emploie les paires symétriques pour les distances courtes car l'affaiblissement est élevé.

+ Câbles coaxiaux :

Ces câbles sont très intéressants pour la transmission de grandes quantités d'information puisqu'ils ont une très grande largeur de bande.

Ils sont surtout utilisés pour les liaisons à grande distance pour les réseaux régionaux et nationaux.

Les paires coaxiales les plus utilisées sont :

- 2,6/9,5 mm qui permet une largeur de 12 MHz (avec les répéteurs et même 12 MHz).
- 1,2/4,4 mm qui permet 1,3 MHz ou 6 MHz suivant les répéteurs et même 12 MHz avec les même répéteurs que pour la paire 2,6/9,5 mais séparés de 2 Km .

II) DISPOSITIFS DE TELETRANSMISSION :

Après l'étude de la logique de transmission, nous consacrerons ce chapitre, essentiellement, à la logique des circuits employés.

1) Codeur et décodeur:

a) Codeur: Un codeur possède autant d'entrées qu'il ya de groupes à coder et de relais terminaux, et autant de sorties qu'il ya de digits dans le code (dans notre cas 12: 8 pour les groupes et 4 pour les relais).

Lorsqu'on excite une ligne quelconque et une seule (bouton-poussoir du pupitre), on peut obtenir des signaux sur les lignes en correspondance avec le code choisi. Les codeurs se réalisent au moyen des circuits logiques ou qui desservent les lignes de sortie.

La figure (3) donne l'exemple d'un codeur pour code Gray (cyclique) à 4 digits.

b) Décodeur : fig (4) :

Un décodeur joue le rôle inverse. On présente à l'entrée les signaux codés et l'on obtient sur l'une des lignes de sortie un signal indiquant que ^{c'est} cette ligne (relais) qui correspond au code appliqué à l'entrée.

Chaque symbole s'exprime par une intersection des différents termes du code ou de leurs compléments. On peut réaliser un décodeur soit au moyen d'une matrice à diodes, soit avec des circuits logiques intégrés : "E T "

Exemple du code cyclique : Les équations

$$O = \bar{A} \bar{B} \bar{C} \bar{D}$$

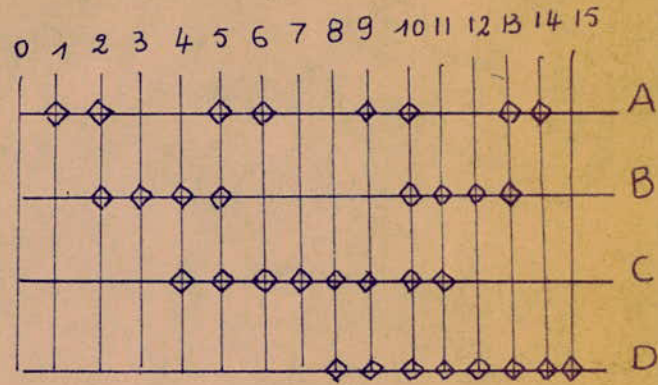
...../.....

Fig 3

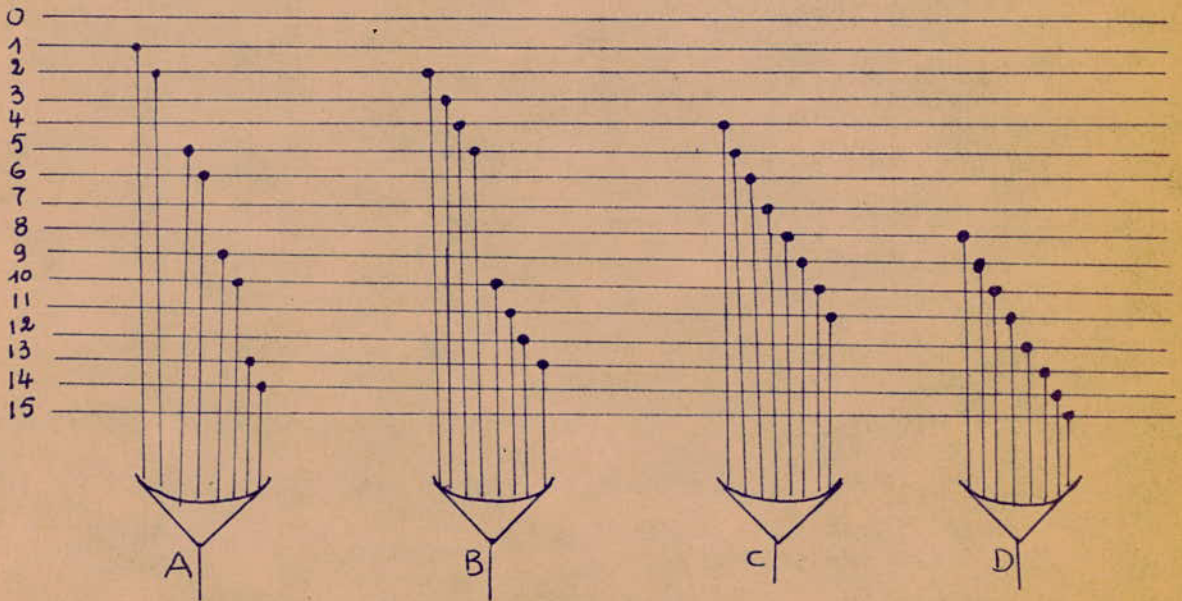
CODEUR

	B A	00	01	11	10
DC	A	00	01	11	10
	00	0	1	2	3
	01	7	6	5	4
	11	8	9	10	11
	10	15	14	13	12

Tableau de KARNAUGH pour Code Cyclique



Le carré symbolise le "0"



$$A = \sum (1, 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14)$$

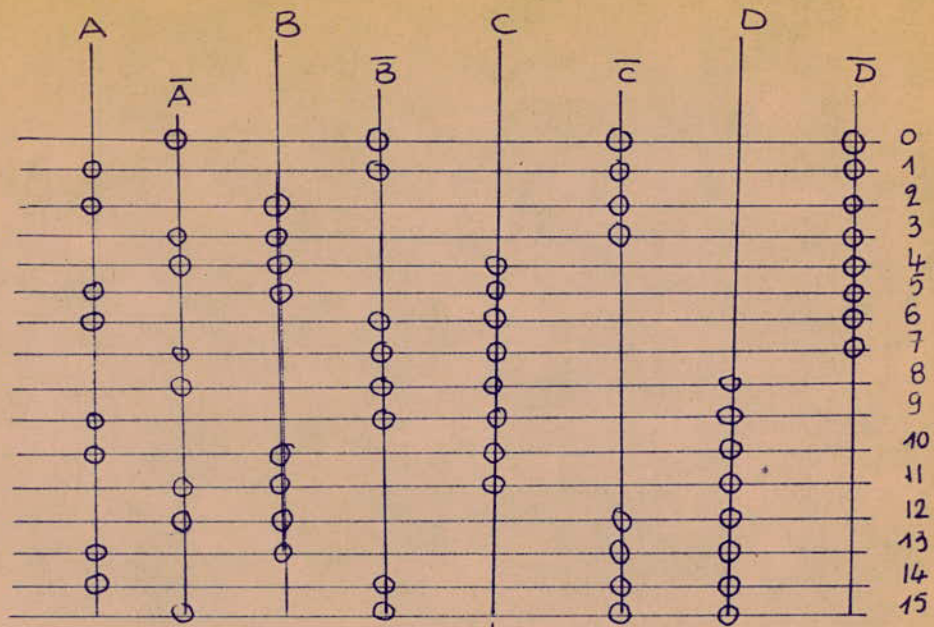
$$B = \sum (2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13)$$

$$C = \sum (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)$$

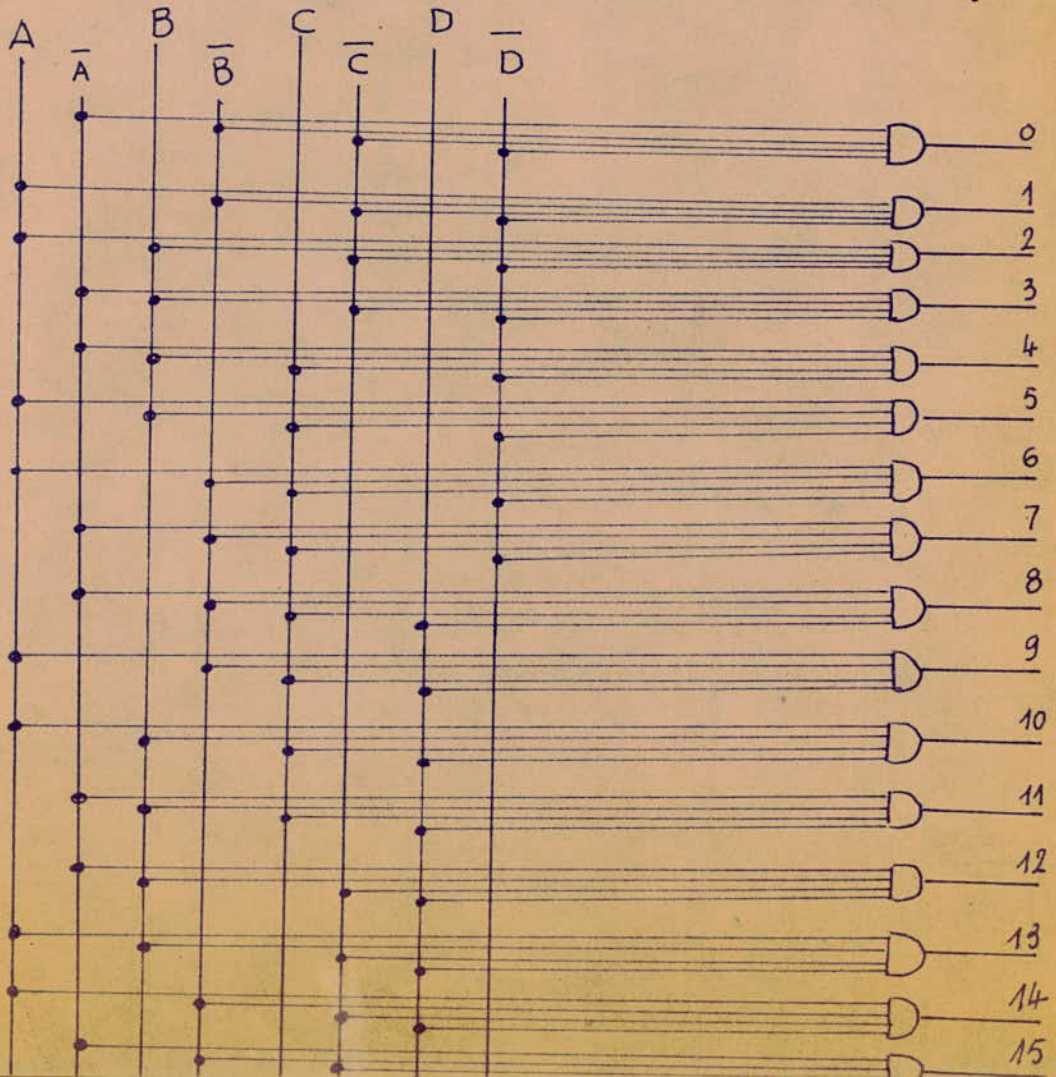
$$D = \sum (8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15)$$

Fig 4

DECODEUR



Le cercle symbolise «ET»



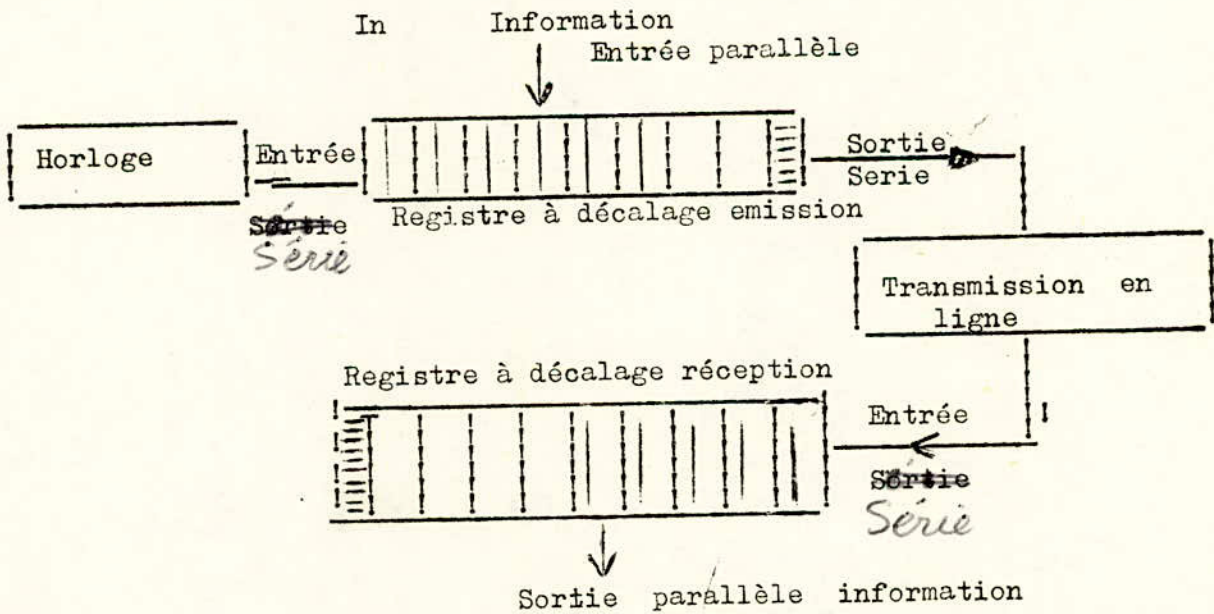
$$10 = A B C D$$

$$15 = \bar{A} \bar{B} \bar{C} \bar{D}$$

2) Convertisseurs serie-parallèle et inversement :

La conversion série-parallèle et inversement utilise essentiellement des registres à décalage. Les registres à décalage sont des ensembles de bistables où l'on peut stocker un ensemble d'informations en code binaire, l'affichage de ces informations pouvant être déplacé par une horloge spécialisée. La figure (5), représente deux convertisseurs à bascules D, série-parallèle et inversement. Le fonctionnement des registres à décalage pendant la transmission du message est le suivant :

Dans un premier temps, l'information à transmettre, prélevée fugitivement, subit un traitement qui a pour objet de la présenter, sous forme binaire, aux entrées parallèles d'un registre à décalage dit d'émission.



En second lieu, une série d'impulsions calibrées, générées par une horloge spécialisée, provoque le déplacement cadencé de l'ensemble des digits contenu dans le registre. Chacun des décalages assure, à l'extrémité du registre, la sortie d'une impulsion de valeur 1 ou 0.

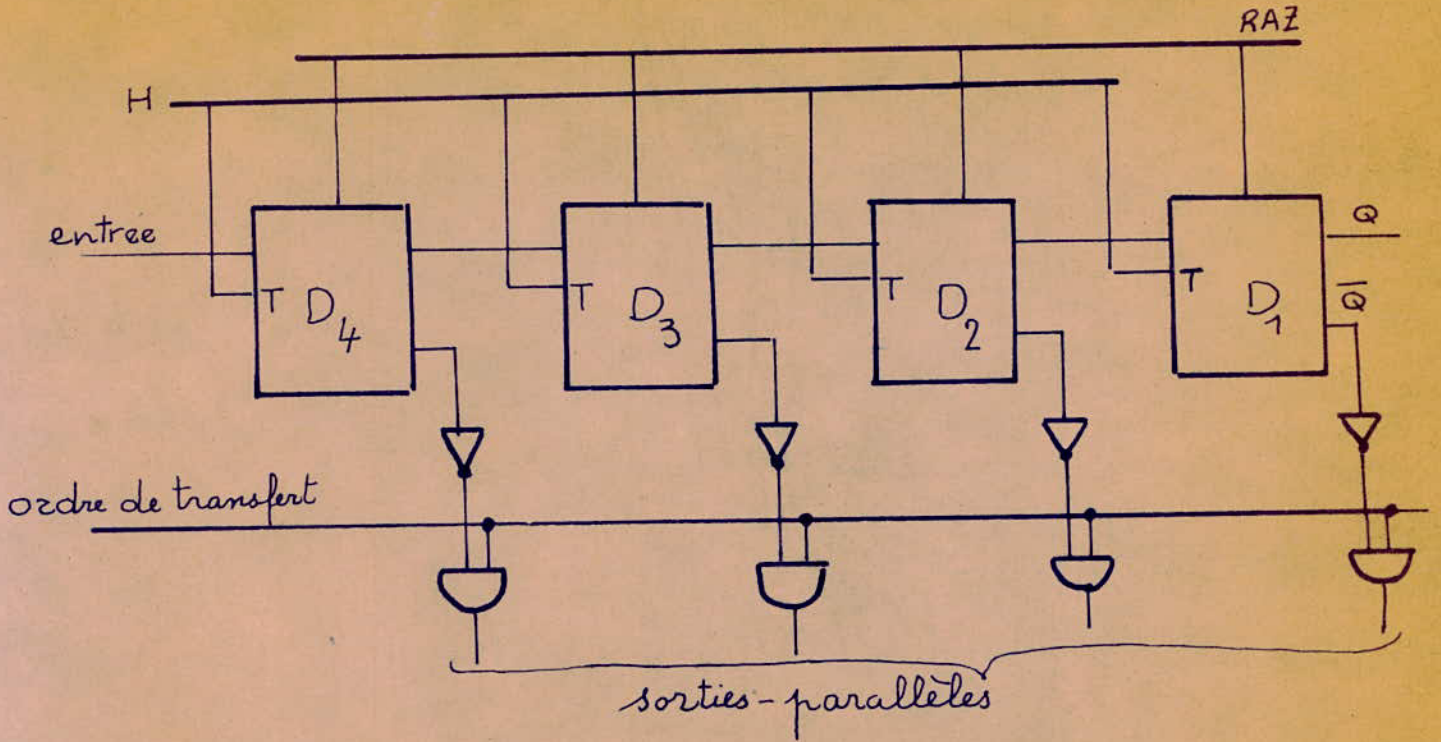
Les impulsions ainsi extraites du registre émission sont appliquées par l'intermédiaire d'un équipement et d'une ligne de transmission à l'entrée d'un second registre à décalage de réception.

L'arrivée de chaque impulsion, simultanément à son entrée dans le registre, provoque un décalage de ce dernier de telle façon qu'après un nombre de décalage égal au nombre de positions du registre, le message contenu dans le registre émission se trouve dans le registre réception.

Dans un dernier temps, les digits contenus dans le registre réception sont extraits en parallèle de façon à restituer l'information dans son état initial.

fig 5

CONVERTISSEUR SERIE - PARALLELE

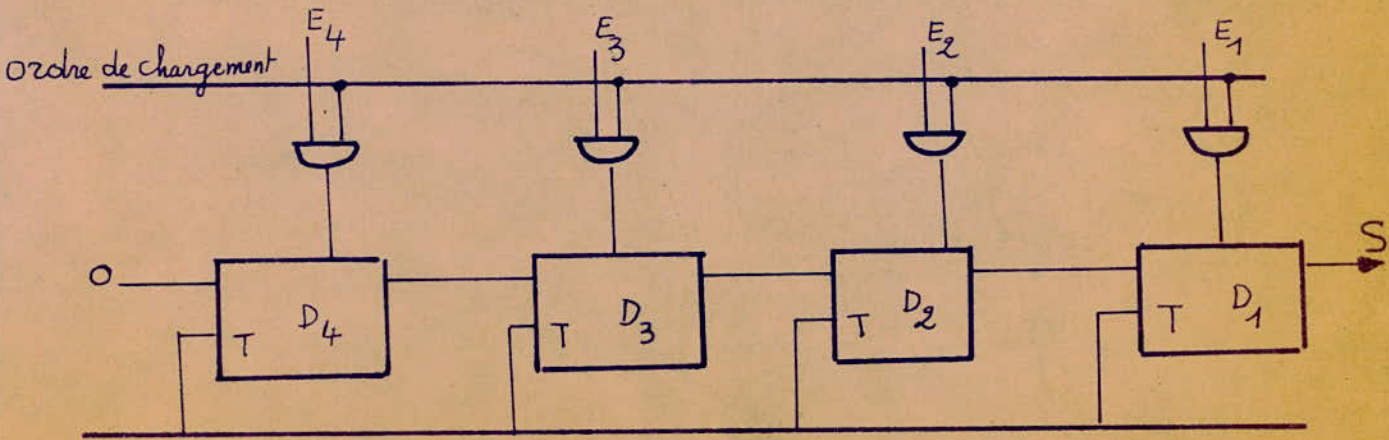


Mécanisme du transfert

état initial
 1^{er} décalage
 2^e décalage
 3^e décalage
 4^e décalage

D ₄	D ₃	D ₂	D ₁
0	0	0	0
a ₁	0	0	0
a ₂	a ₁	0	0
a ₃	a ₂	a ₁	0
a ₄	a ₃	a ₂	a ₁

CONVERTISSEUR PARALLELE - SERIE



état initial
 chargement
 1^{er} décalage
 2^e décalage
 3^e décalage
 4^e décalage

D ₄	D ₃	D ₂	D ₁
0	0	0	0
a ₄	a ₃	a ₂	a ₁
0	a ₄	a ₃	a ₂
0	0	a ₄	a ₃
0	0	0	a ₄
0	0	0	0

S

a ₁			
a ₂	a ₁		
a ₃	a ₂	a ₁	
a ₄	a ₃	a ₂	a ₁

3) Diviseur modulo 2 :

Etant donné un code à n digits, il est généré par un polynôme fondamental $g(x)$ de degré K diviseur de $x^n + 1$. Il comporte alors 2^m messages donc K digits de redondance.

Soit un message utile $M(x)$ (m digits).

On forme $x^k M(x)$ ce qui revient à ajouter K zéros en tête de $M(x)$. On opère la division $x^k M(x)$ par $g(x)$, soit :

$$x^k M(x) = g(x) q(x) + r(x).$$

Le reste $r(x)$ est de degré inférieur à k (k digits au plus).

On expédie le message $x^k M(x) + r(x)$. Les k premières cases de ce message sont bien occupées par les digits de redondance, les $n - k$ autres par l'information utile.

À la réception, on divise le message reçu par $g(x)$:

- Si le reste n'est pas nul, il ya eu erreur.
- Si le reste est nul, il n'ya probablement pas erreur.

On voit que l'opérateur unique à réaliser est le diviseur modulo 2. Il sert aussi bien à l'émission qu'à la réception.

La figure (6) montre un schéma de principe.

Le polynôme message dividende $x^k M(x)$ s'écrit

$$a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-2} x^{n-2} + \dots + a_0.$$

On se rappelle que les termes de degré $k - 1$ sont nuls (k zéro).

Le polynôme générateur diviseur s'écrit:

$$b_k x^k + b_{k-1} x^{k-1} + b_{k-2} x^{k-2} + \dots + b_0$$

On notera que: $b_k = 1$ (degé k) $b_0 = 1$

Un polynôme générateur est toujours de la forme $1 + \dots$, si non il ne pourrait diviser $x^n + 1$.
 À chaque interrupteur est affecté un coefficient b du polynôme générateur comme le montre la fig (2).

Si $b = 1$ l'interrupteur est fermé. Le polynôme générateur diviseur est donc matérialisé par l'ouverture ou la fermeture des interrupteurs.

Le dividende est présenté à l'entrée, poids forts en tête.

À chaque pas de fonctionnement du registre, le contenu d'une bascule est remplacé par la somme modulo 2 du contenu de la bascule précédente et de la dernière bascule (sortie).

Au départ le registre est vide. Au bout de k coups les k premiers termes du dividende sont rangés dans les bascules: contenu du registre, de gauche à droite,

$$a_{n-k}, \dots, a_{n-3}, a_{n-2}, a_{n-1}$$

Au coup suivant, la division proprement dite commence et le contenu du registre devient:

$$a_{n-1} + a_{n-k-1}, a_{n-k} + b_1 a_{n-1}, \dots, a_{n-3} + b_{k-2} a_{n-1}, a_{n-2} + b_{k-1} a_{n-1}$$

On vérifie que ce contenu est précisément égal au 1^{er} reste partiel de la division de $x^k M(x)$ par $g(x)$, comme on le voit ci-après:

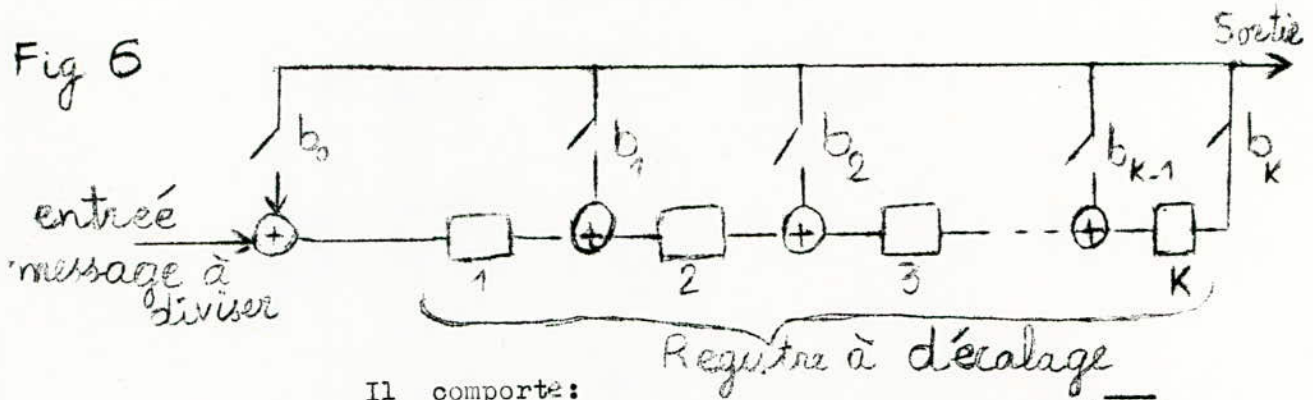
$$\begin{array}{r}
 a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-2} x^{n-2} + a_{n-3} x^{n-3} + a_0 \\
 a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-1} b_{k-1} x^{n-2} + \dots \\
 \hline
 (a_{n-2} + a_{n-1} b_{k-1}) x^{n-2} + (a_{n-3} + a_{n-1} b_{k-2}) x^{n-3} + \dots
 \end{array}
 \quad \left| \begin{array}{r}
 x^k + b_{k-1} x^{k-1} + \dots + b_1 x + 1 \\
 \hline
 a_{n-1} x^{n-3} + \dots
 \end{array} \right.$$

Au bout du $(n-k)$ ^e coup, le reste final de la division est contenu dans le registre.

Pour expédier le message il suffit d'expédier $m(x)$ puis le reste ainsi obtenu.

DIVISEUR modulo 2

Fig 6



Il comporte :

- Un registre à décalage de k bascules bistables $\boxed{\quad}$,
- Des circuits "ou exclusifs" \oplus permettant l'addition modulo 2 ;
- Des interrupteurs au nombre de k + 1 .

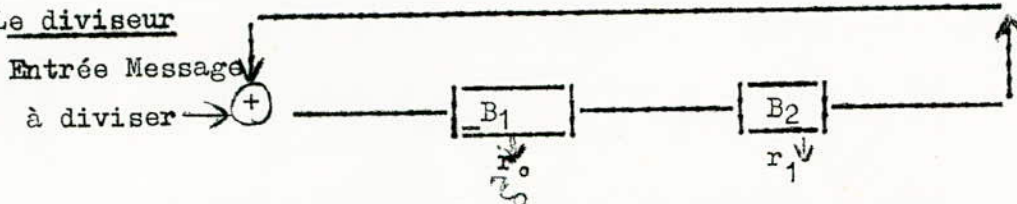
Application au code à 14 bits :

Polynôme générateur $g(x) = x^2 + 1$

On a M = 12 bits d'information utiles et k = 2 bits de redondance.

$x^2 M(x) = a_{13}x^{13} + a_{12}x^{12} + \dots + a_2x^2$ (avec $a_0 = a_1 = 0$) ?

Le diviseur



Impulsion d'horloge	séquence d'entrée	état de B ₁	état de B ₂
etat initial		0	0
1	a ₁₃	a ₁₃	0
2	a ₁₂	a ₁₂	a ₁₃
3	a ₁₁	a ₁₃ + a ₁₁	a ₁₂
4	a ₁₀	a ₁₂ a ₁₀	a ₁₃ + a ₁₁
5	a ₉	a ₁₃ +a ₁₁ +a ₉	a ₁₂ + a ₁₀
6	a ₈	a ₁₂ +a ₁₀ +a ₈	a ₁₃ + a ₁₁ + a ₉
7	a ₇	a ₁₃ +...+a ₇	a ₁₂ + a ₁₀ + a ₈
8	a ₆	a ₁₂ +a ₁₀ +a ₈ +a ₆	a ₁₃ +a ₁₁ +a ₉ +a ₇
9	a ₅	a ₁₃ +a ₁₁ +a ₉ +a ₇ +a ₅	a ₁₂ +a ₁₀ +a ₈ +a ₆ +
10	a ₄	a ₁₂ +a ₁₀ +a ₈ +a ₆ +a ₄	a ₁₃ +a ₁₁ +a ₉ +a ₇ +a ₅
11	a ₃	a ₁₃ +a ₁₁ +a ₉ +a ₇ +a ₅ +a ₃	a ₁₂ +a ₁₀ +a ₈ +a ₆ +a ₄
12	a ₂	a ₁₂ +a ₁₀ +a ₈ +a ₆ +a ₄ +a ₂	a ₁₃ +a ₁₁ +a ₉ +a ₇ +a ₅ +a ₃

$$x^R M(x) + R(x) = a_{13} x^{13} + \dots + a_2 x^2 + r_1 x + r_0$$

Le message :

$$\left[\underbrace{r_0, r_1}_{\text{redondance}}, \underbrace{a_2, \dots, a_{13}}_{\text{messageutile}} \right]$$

$$\text{Avec } r_1 = a_{13} \oplus a_{11} \oplus \dots \oplus a_3$$

$$r_0 = a_{12} \oplus a_{10} \oplus \dots \oplus a_2$$

4) Sécurité du Message :

Le calcul des bits de redondance par le polynôme générateur $g(x) = x^2 + 1$ donne comme nous l'avons vu, la somme (Modulo 2) des bits d'ordre pair et la somme des bits d'ordre impair. Ce qui permet de détecter l'inversion de deux bits d'ordre différent.

Pour qu'un message erroné soit accepté, il faudrait qu'il y ait inversion de deux bits de même ordre (ordre pair, ordre impair).

Soit : A = inversion de deux bits d'ordre pair

B = inversion de deux bits d'ordre impair.

La probabilité pour qu'un message erroné soit accepté est :

$$P_a = P(A \text{ ou } B) = P(A) + P(B) - P(A \text{ et } B)$$

A et B indépendants (on a que deux bits) $\implies P(A \cap B) = 0$

Pour un message de 14 bits,

nombre de bits impaire est égal au nombre de bits pairs

$$P(A) = P(B) = C_7^2 (1-P)^5 P^2$$

$(1-P)^5 \simeq 1$ Car P est très petit devant 1 en pratique.

$$P(A) = P(B) = C_7^2 P^2 = 21 P^2$$

$$P_a = 42 P^2$$

P est la probabilité pour qu'un digit change de valeur.

Elle dépend essentiellement du rapport signal sur bruit

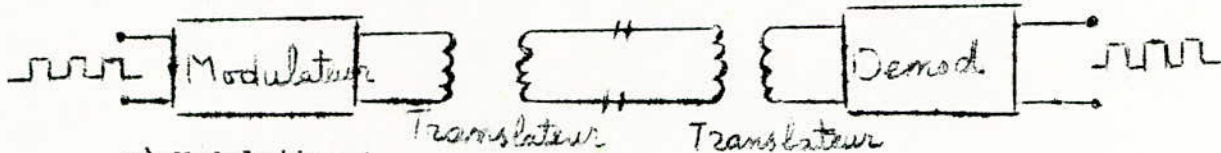
de la voie de transmission .

A titre d'exemple pour :

$$\begin{array}{lll} \frac{S}{B} = 8 \text{ dB} & P = 10^{-4} & P_a = 42 \cdot 10^{-8} \\ \frac{S}{B} = 15 \text{ dB} & P = 10^{-8} & P_a = 42 \cdot 10^{-16} \end{array}$$

Les calculs précédants indiquent que la transmission des informations n'apportent pratiquement aucune erreur indétectable (à condition que l'équipement utilisé . soit très fiable) .

5) Modems :



a) Modulation :

Le modulateur a pour rôle de transformer les signaux binaires d'information qui lui sont appliqués en un signal modulé par déplacement de fréquence et ceci pour leur transmission, après le passage dans des circuits d'adaptation ligne (translateur) sur ligne téléphonique.

La figure (7) représente un schéma de modulateur à 1200 bauds où les fréquences F_1 , F_0 et F_2 sont respectivement 600, 1200 et 1800 Hz.

Il est constitué par :

- Un oscillateur à quartz vibrant à 9,6 khz.
- 4 diviseurs par deux (bascules JK) pour obtenir la fréquence $F_1 = 600$ hz.
- Un mélangeur pour avoir la fréquence $F_2 = 1800$ Hz
- 4 portes dont 3 jouent le rôle d'oscillateurs à 1200, à 600 et à 1800 Hz et un circuit "ou" permettant la mise en ligne de l'une des trois fréquences.
- Un monostable réglant le temps d'ouverture des portes "oscillateur" à $\frac{T}{2}$ (la modulation FSK avec retour à zéro signifié que les impulsions de modulation sont de durée moitié de celle des digits),
- Une logique commandée par l'UC autorise l'émission quand l'information est prête à être transmise
- Un filtre passe bande, pour éliminer les harmoniques et les produits d'intermodulation et adapter le signal à la ligne.

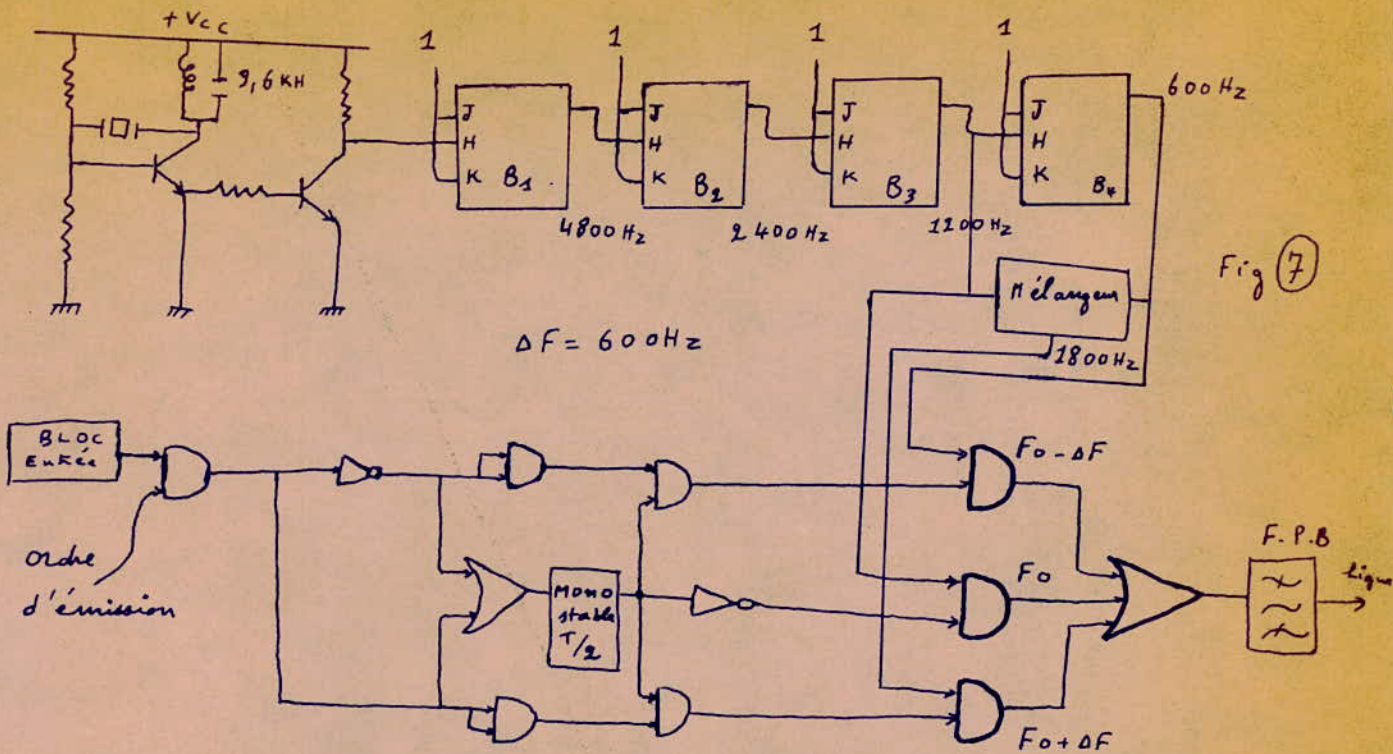
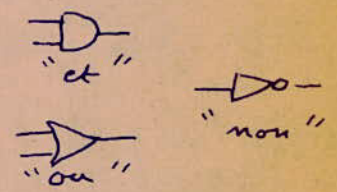
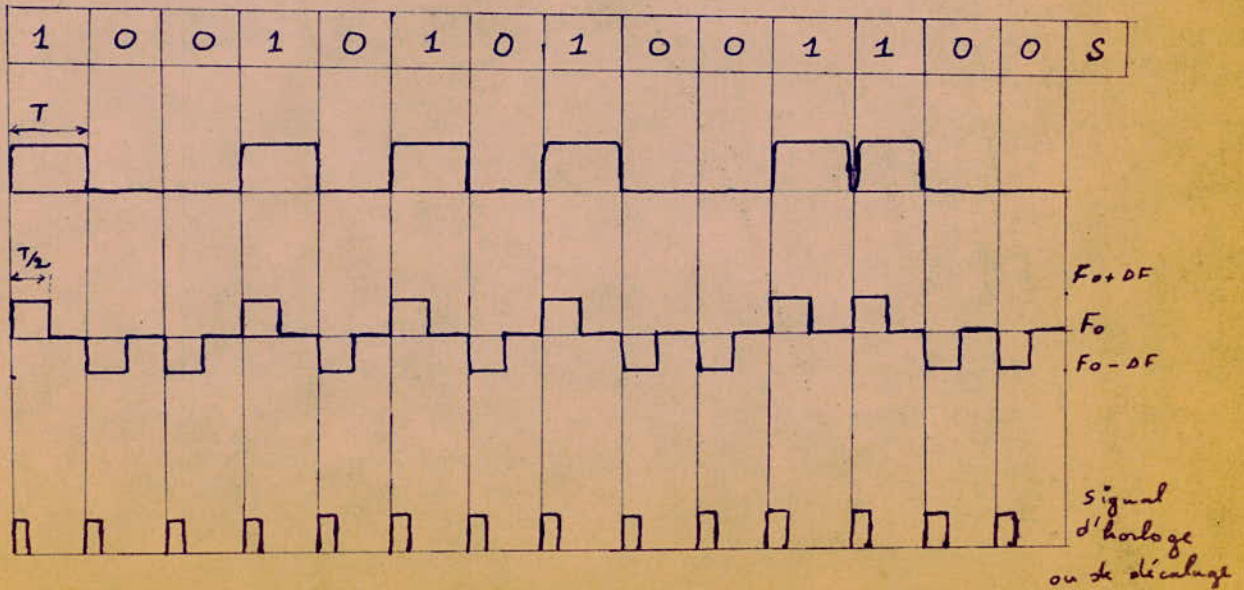


Fig (7)

Modulateur à 1200 bauds ($\frac{1}{T/2} = 1200$)
 (FSK avec R. Z)



Message émis

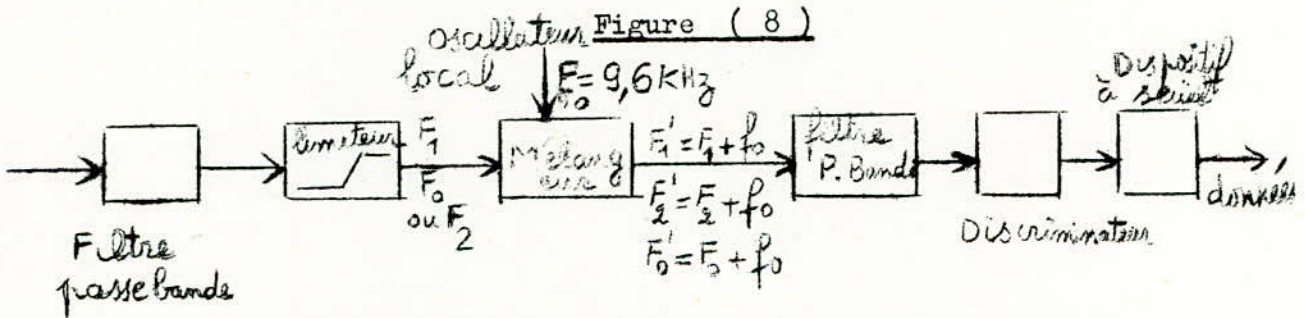


b) Démodulateur :

Le démodulateur est complémentaire du modulateur et les constructeurs essaient de garder une structure symétrique afin d'utiliser ces accessoires communs pour l'émission et la réception (oscillateurs, base de temps).

Pour les modems sur voie filaire, donc lorsque des basses fréquences sont utilisées, on utilise une transposition à une fréquence élevée de manière à ce que dans les discriminateurs on dispose d'un nombre suffisant d'oscillations de la porteuse pour détecter la variation lente de la fréquence qui porte le signal d'information.

La figure (8) donne le synoptique d'un démodulateur à saut de fréquence.



Ce démodulateur est constitué par :

- A l'entrée, un filtre passe-bande qui conserve juste la bande utile et limite le bruit.
- Un limiteur qui permet les variations d'amplitude dues au bruit.
- Un oscillateur local: c'est celui utilisé pour le modulateur.
- Un deuxième filtre passe-bande pour supprimer les produits d'intermodulation en dehors de la bande F_1' F_2' .
- Un discriminateur qui transforme la variation de fréquence en variation de tension.
- Un dispositif à seuil qui effectue la décision entre les deux cas possibles 0 ou 1.

6) Circuit de liaison numérique :

a) Entrée numérique du type contact :

Dans le domaine ferroviaire, les informations de télécontrôle se ramènent à des états divalents qui sont l'état ouvert ou fermé de contacts actionnés mécaniquement ou électriquement.

La prise en compte d'état de contacts sera réalisée par un circuit du type de celui de la figure (9), qui constitue l'interface entre le processus et la logique de commande (ou ordinateur).

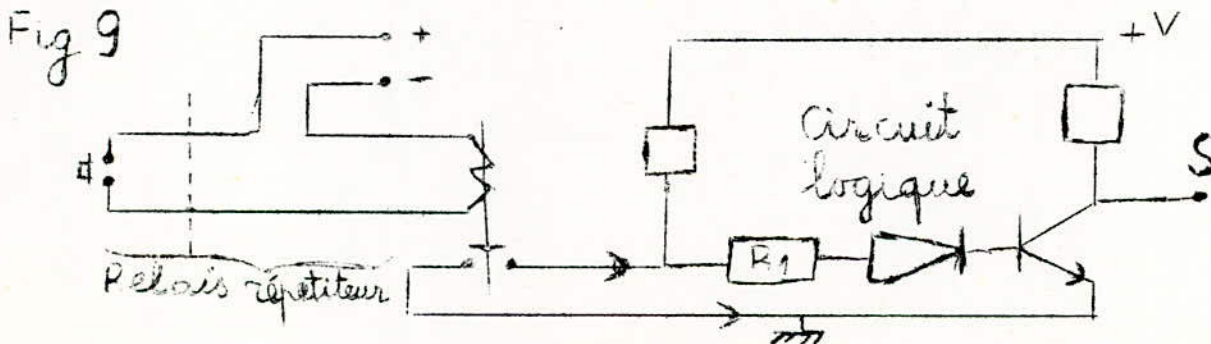
Ce circuit fonctionne comme suit :

- Lorsque le contact est ouvert la base du transistor est portée à une tension positive à travers la résistance R_1 , et le transistor est passant. La tension en S est proche de 0 ;

- Lorsque le contact est fermé, la base est portée à une tension nulle, et le transistor en S est proche de V .

On aura ainsi transformé l'état du contact en niveau logique, qui, une fois défini le signe de la logique utilisée, constituera une information binaire exploitable par l'ordinateur.

Lorsqu'il est nécessaire de tester des contacts dispersés dans une installation d'une certaine étendue, des relais répéteurs sont toujours intercalés dans le circuit.



b) Sorties numériques du type contact :

Ce type de sortie est réalisé à l'aide de relais électromagnétiques de petite puissance .Il est nécessaire,entre deux rafraîchissements des informations émises,de garder la mémoire des ordres émis par l'ordinateur.

Selon le cas,cette fonction sera confiée à des mémoires électroniques (bistables) ou aux relais eux-mêmes.

Dans les milieux ferroviaires,~~on~~ retient le second cas,dans lequel on utilise des relais bistables,à verrouillage magnétique,ou mécanique.Ces relais possèdent deux enroulements de commande ,qui permettent de les armer ou de les désarmer. Voir figure (10) :

L'utilisation de relais bistables présente deux avantages importants:

- Les circuits de commande peuvent être banalisés .
 - Ce fait de réaliser la fonction mémoire indépendamment de l'ordinateur évite de créer des perturbations graves de l'installation commandée,en cas de panne de celui-ci.
- Cela permet également de repasser sans discontinuité en commande manuelle,l'état de l'installation étant figé dans la dernière configuration fixée par l'ordinateur .

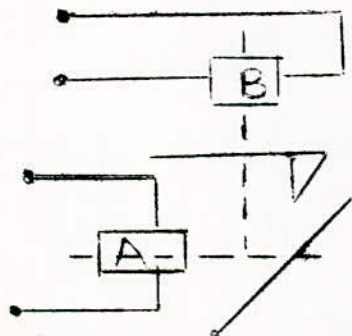


Fig 10

C'est un relais double telle que l'excitation de l'une de ses deux bobines (A)déplace l'armature qui vient s'enclencher sur une butée mobile et reste en position actionnée après déexcitation du relais.L'excitation de la bobine

B provoque l'effacement de la butée et le retour à l'état de repos.

c) Sélection matricielle de contacts :

La figure (11) schématise une sélection matricielle de contacts. Les contacts à tester sont placés aux intersections des lignes et des colonnes d'une matrice de sélection :

- Chaque ligne est constituée par un circuit commun d'alimentation placé sous la dépendance de l'unité de commande;
- Chaque colonne est constituée par un conducteur relié à un circuit d'entrée numérique.

Des diodes de séparation, en série avec chaque contact, évitent des couplages nuisibles entre colonnes.

+ L'unité de commande sélectionne une ligne parmi les lignes composant la matrice.

Cette sélection sera réalisée soit par un dispositif de décodage d'adresse spécialisé, soit par une voie de sortie numérique, de manière à appliquer un niveau logique 1 sur la ligne considérée;

+ Les contacts correspondants sont alimentés, et les circuits d'entrée, connectés à des contacts fermés reçoivent un 1 logique. Le résultat du contrôle est transféré en mémoire.

Une nouvelle ligne est sélectionnée, après mise hors tension de la précédente et le processus se répète.

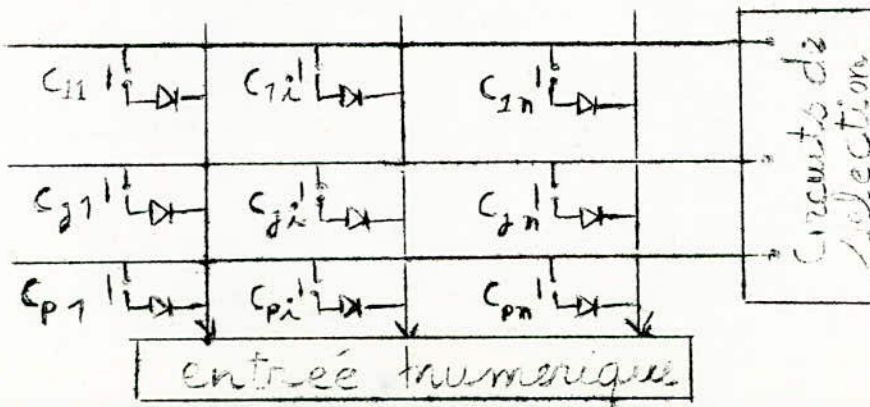


fig 11

7) Technologie :

Les circuits utilisés sont équipés par des composants logiques à deux positions stables,; ce qui permet une grande souplesse dans le choix de ces composants: relais électromagnétiques, mais actuellement, à l'exception de certaines fonctions particulières réalisées en circuits discrets (diodes, transistors), l'essentiel de la logique fait appel aux circuits intégrés MSI 5V .

L'introduction de l'électronique :

- permet de réduire sensiblement l'encombrement des équipements et la consommation d'énergie ,

- autorise un découpage en cartes des circuits par unités fonctionnelles aisément interchangeables ,

- se prête à une réalisation sous forme de circuits imprimés éliminant les erreurs de câblage lors de la construction.

Toutefois, on continuera, comme pour les systèmes classiques à utiliser ^{des} relais d'interfaces aux frontières du système, afin d'assurer notamment l'interdépendance de ce dernier vis-à-vis des circuits à courants forts .

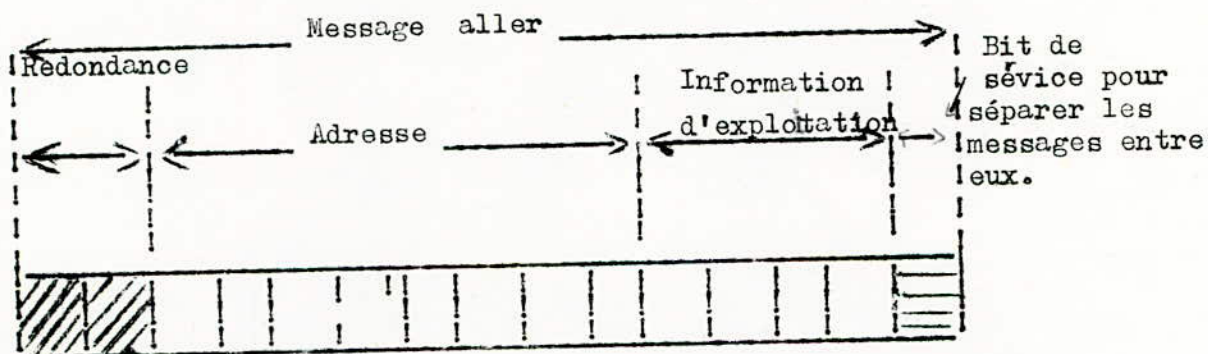
Les fonctions d'interfaces sont réalisées au moyen de relais électromagnétiques 24V du type carte.

L'ensemble du dispositif peut être alimenté soit à partir du secteur 220V 50Hz, soit à partir d'une batterie 24V ou 48V continu .

III)-FONCTIONNEMENT DE LA TRANSMISSION :

1) Structure du Message " aller " :

Comme la voie aller est unique , et que plusieurs postes satellites sont raccordés en dérivation sur cette voie, un message aller issu du poste central doit être porteur d'une adresse capable de le faire identifier par le poste satellite concerné. Il porte en plus l'information d'exploitation à destination des postes satellites .



Le groupe d'informations d'exploitation codées en binaire donne 16⁵ possibilités .

Le groupe " adresses " assure la fonction d'adressage destinée : - à diriger les informations d'exploitation vers le poste satellite intéressé,

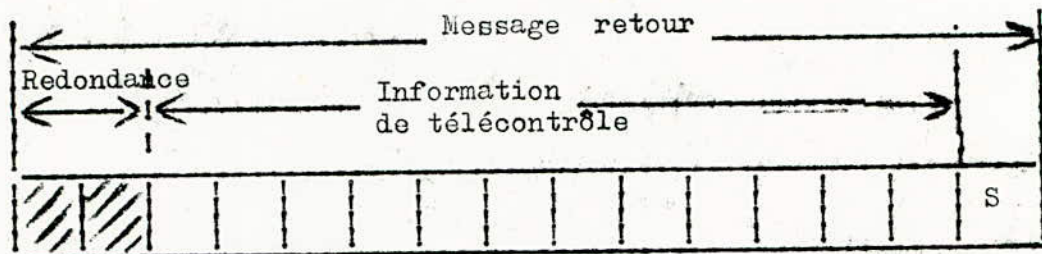
-- à sélectionner dans les postes satellites les informations d'exploitation transportées par le message retour.

En télécontrôle, le message "aller" (ne comportant pas d'information) est transmis en mode cyclique (interrogation).

En télécommande, le message "aller" complet est transmis en mode déclenché.

2) Structure du message retour :

Le message retour (contrôle seulement) ne comporte pas d'adresse ,et de ce fait, les 12 digits sont affectés au transport de l'information.



Au poste central, la reconnaissance des messages "retour" s'effectue localement à partir de l'adresse d'interrogation du message aller gardée en mémoire .

3) Description du dispositif :

+ La structure du dispositif se compose :

- D'un poste central émission relié à la voie de transmission " aller "
- D'un ensemble de postes satellites raccordés en dérivation entre la voie " aller " et la voie de transmission "retour"
- D'un poste central réception, implanté à l'extrémité de la voie de transmission " retour ".

+ Le découpage fonctionnel fait apparaitre deux ensembles :

- L'ensemble de serialisation,
- L'ensemble de traitement .

a) Sériàlisation : (figure 12)

Le poste central emission comprend :

-Un registre à décalage (Rg-Em) dont la sortie est connectée à l'équipement émetteur de transmission (E)

-Un générateur de message (Gm) qui assure l'inscription et le décalage du message

-Un générateur d'adresses (Gad) qui affecte à chaque message les adresses nécessaire à sa gestion .

Chaque poste satellite comprend un registre à décalage (Rg) dont l'entrée série est connectée à l'équipement récepteur de transmission (R) et dont la sortie série est connectée à l'équipement émetteur de transmission (E) retour. Ce registre unique assure simultanément les fonctions de reception du message aller et d'émission du message retour .

Le poste central réception comprend :

- un registre à décalage (Rg.Re) dont l'entrée série est connectée à l'équipement récepteur de transmission retour (R)

-une mémoire adresse (Me.ad) qui conserve l' adresse émise par le message aller de façon à identifier le message retour .

b) Traitement (Principe du système REDECA) : (Fig 13)

-Au poste central émission , la matrice d'entrée (En.If) assure la prise en compte des informations "aller" (Ar) et les oriente vers les codeurs de mise en forme (Co.Ad) et(Co.If) .

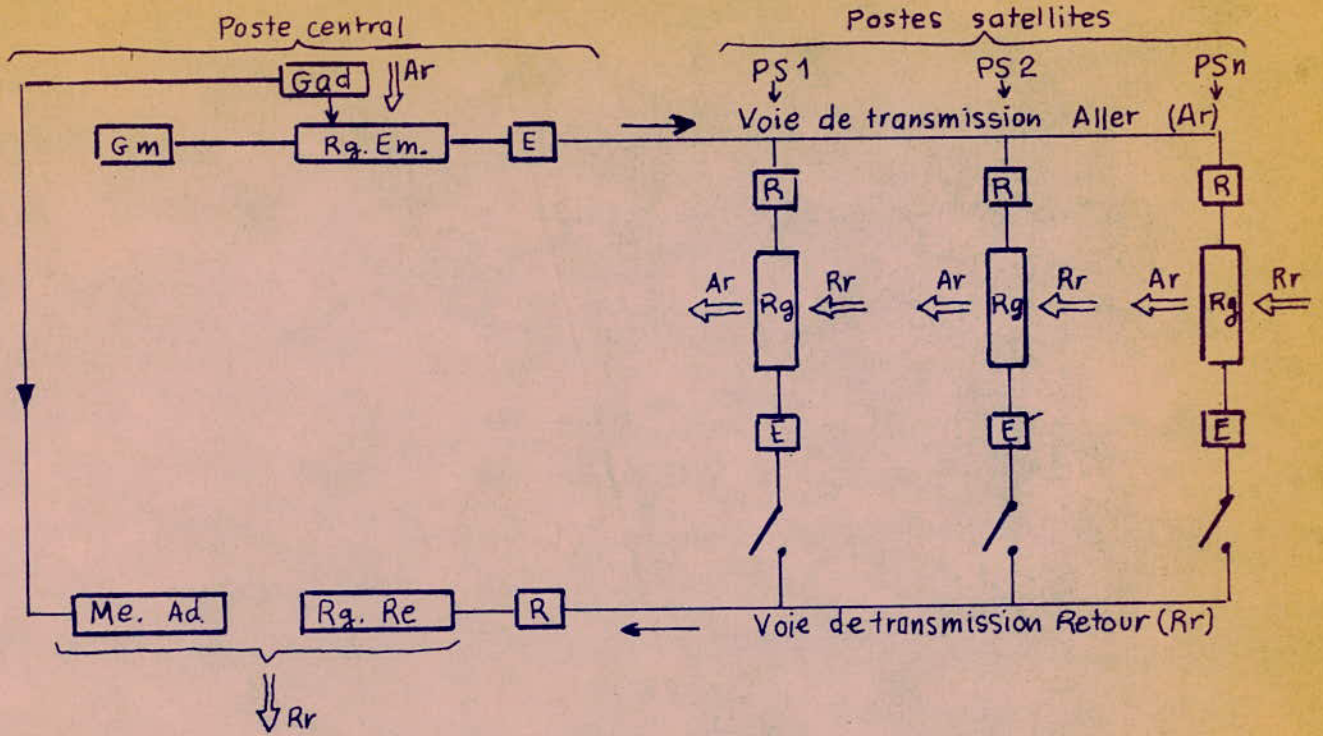


fig 12

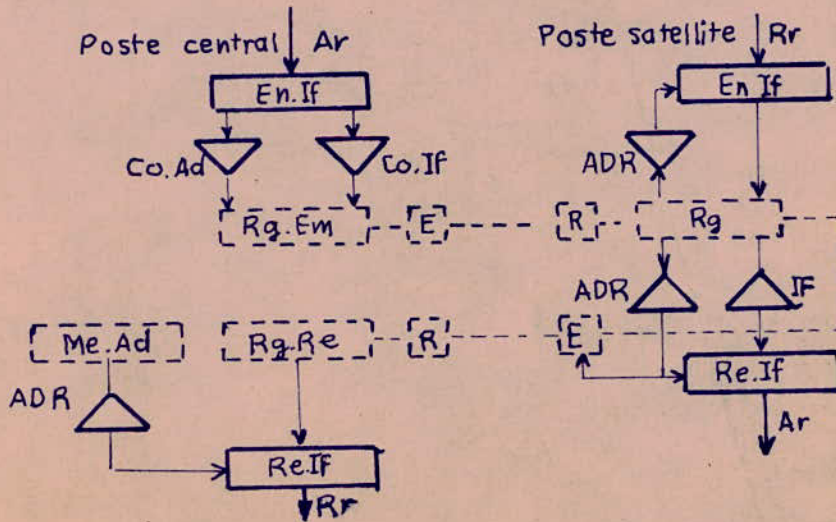


fig 13

Le codeur (CO . AD) génère l'adresse du message correspondant à l'information délivrée par le codeur (CO . IF). Les sorties de ces codeurs attaquent les entrées parallèles du registre à décalage émission (Rg . Em) .

- Au poste satellite, les digits extraits en parallèle du registre (Rg) sont exploités par les décodeurs d'adresse (ADR) et d'information (IF) dont les sorties attaquent une matrice de restitution des informations (Re . If) .

Les adresses délivrées par le décodeur (ADR) provoquent également la commande du modulateur (E) de la voie de retour . Un second décodeur d'adresse (ADR) sensibilise la matrice d'entrée (ENIF) de prise en compte des informations " retour " (Rr) . Les sorties de la matrice (En . If) attaquent directement les entrées parallèles du registre à décalage (Rg) .

- Au poste central reception, les sorties du décodeur d'adresse (ADR) issues de la mémoire d'adresse (Me . Ad) associées aux sorties du registre reception (Rg . Re) attaquent une matrice de restitution des informations retour (Re . If) . Tout se passe, donc, comme si un message chasse l'autre .

4) Capacité du dispositif :

a) Capacité d'adressage: Les 8 digits d'adresse permettent d'identifier $2^8 = 256$ messages (aller ou retour)

b) Capacité de la voie "aller" : Grâce aux 4 derniers digits codés binaires, le dispositif permet de transmettre à destination des postes satellites: $256 \times 16 = 4096$ informations.

Dans la pratique, l'information 0000 n'est pas utilisée; la capacité et donc en réalité limitée à $256 \times 15 = 3840$.

c) Capacité de la voie retour :

Les 256 adresses transmises par la voie aller permettent la transmission à partir des postes satellites en direction du poste central :

$$256 \times 12 = 3072 \text{ informations}$$

d) Répartition de la capacité dans les postes satellites :

Les 256 adresses sont réparties entre les divers postes satellites selon l'importance de ces derniers, (nombre de contacts à commander ou à contrôler dans chaque poste satellite).

Il n'est pas nécessaire, bien entendu, d'utiliser systématiquement la totalité des 256 adresses ; seuls les messages utiles sont à installer .

3^e - PARTIE : Acquisition des contrôles

Execution des commandes

et Régulation du trafic

Chap I : Acquisition des contrôles

- 1) Circuit de voie.....50
- 2) Pédales électroⁿiques.....56
- 3) Contrôle des aiguilles.....58
- 4) Contrôle des signaux.....60
- 5) Contrôle des barrières.....60

Chap II: Execution des commandes

- 1) Commande automatique des itinéraires.....61
- 2) Commande des barrières.....67
- 3) Commande des signaux.....67
- 4) Destruction automatique de l'itinéraire.....68
- 5) Traçé permanent.....68
- 6) Moteurs d'aiguilles.....70

Chap III: Fluidification d'un Noeud ferroviaire

- 1) Comment se présentent les conflits.....71
- 2) Les inconvénients de l'arrêt d'un train.....72
- 3) Résolution d'un conflit.....72
- 4) Commande des signaux de régulation.....74

I) ACQUISITION DES CONTRÔLES:

1) Circuit de voie:

Pour éviter le rattrapage des trains qui se suivent sur une même voie, le meilleur système est le "block automatique lumineux" : la voie est découpée en "cantons" successifs d'environ 1500 m de longueur; l'entrée de chaque canton est précédée d'un panneau lumineux pareil aux "feu de carrefour".

Quand un train pénètre dans un canton, il provoque automatiquement l'apparition du feu rouge sur le panneau; quand il aura libéré ce premier canton et sera entré dans le deuxième, le feu rouge sera remplacé par le feu jaune; puis enfin par le feu vert quand le train aura libéré le deuxième canton (Voir fig #).

Pour ce faire, on utilise des circuits de voie.

En télécontrôle, l'occupation des circuits de voie permet en plus de repérer l'emplacement de chaque convoi sur la ligne.

a) Circuit de voie à courant continu : fig (14)

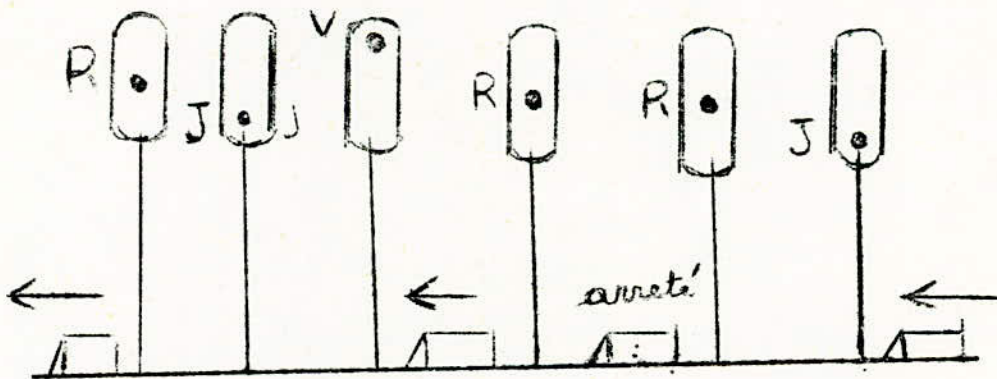
Tous les 1500 m, des joints isolants interrompent la continuité électrique des rails et découpent ainsi une tranche de voie :

- le canton: Les deux rails d'acier du canton,

..../...

bons conducteurs de l'électricité, sont la partie principale du "circuit de voie" qui commande le fonctionnement automatique des feux tricolores d'espacement des trains.

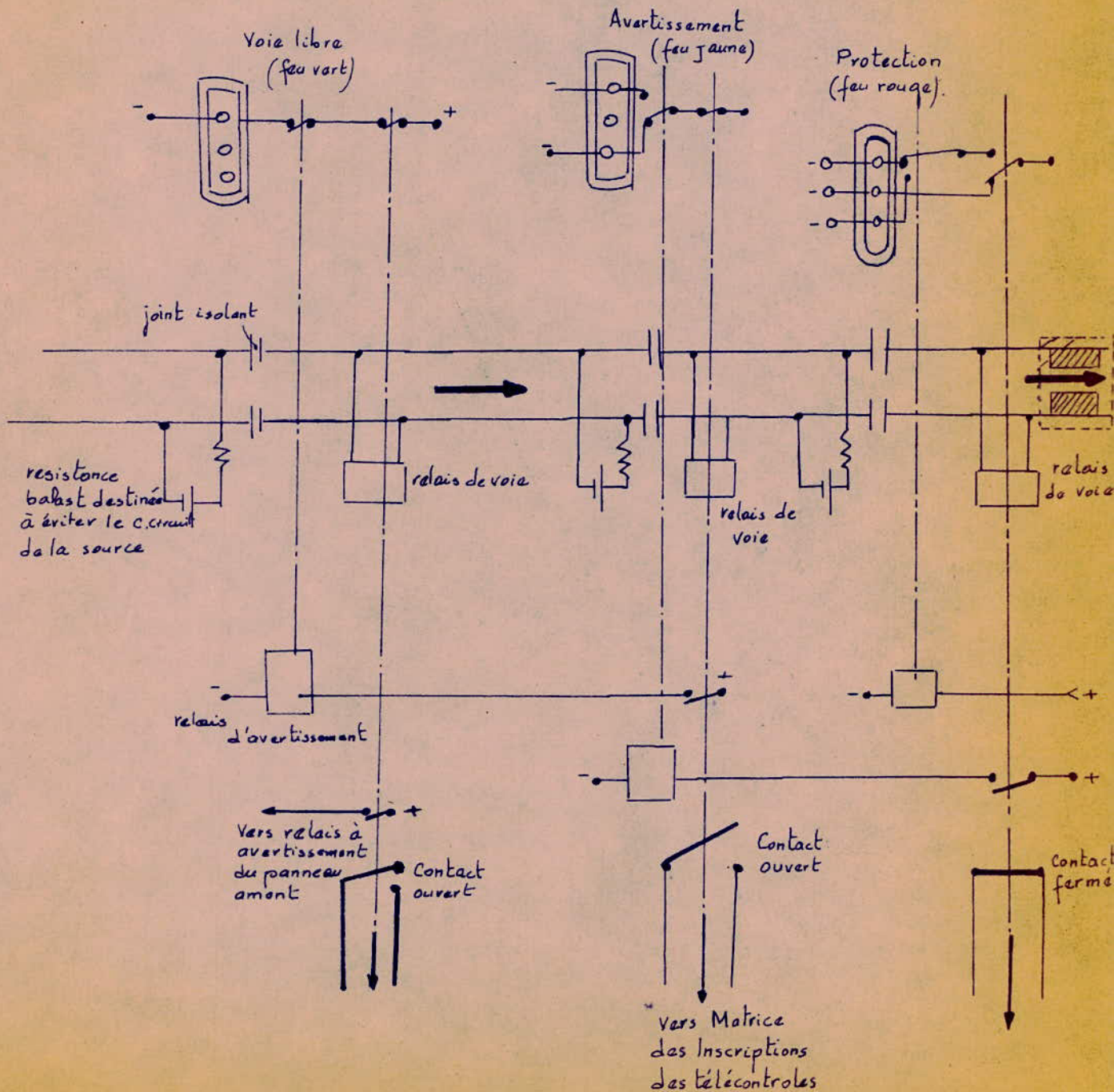
Quand une locomotive arrive sur les rails du canton, ses roues et ses essieux d'acier, eux aussi bons conducteurs, ferment le circuit de voie et commande l'allumage du feu rouge.



Marche des trains

SCHEMA DE PRINCIPE DU B.A.L

ET DU SUIVI DES TRAINS

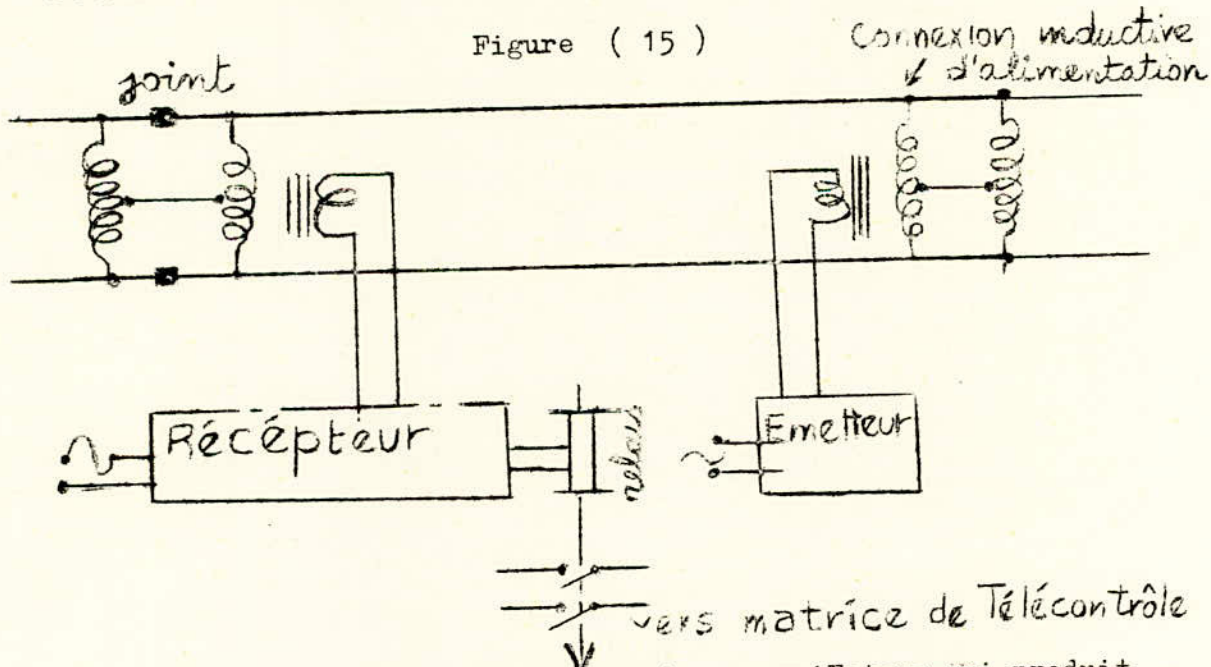


b) Circuit de voie à courant - alternatif : (fig 15)

Les circuits de voie, qui utilisent les rails comme conducteurs, sont généralement limités par des joints isolants.

La traction électrique utilise, elle aussi les rails comme conducteurs. Le courant de traction amené par la caténaire doit en effet retourner à la sous-station.

Ici, les joints isolants sont des obstacles. Le courant de retour les franchit avec l'aide des enroulements inductives.



Le bloc emetteur est un oscillateur qui produit un courant de fréquence musicale (100 HZ - 1500 HZ)

Le bloc recepteur filtre amplifié, redresse le courant pour alimenter le relais de voie.

o) Circuit de voie sans joint : fig (16)

Il est principalement utilisé pour la commande de fermeture et la libération des passages à niveau situés sur les lignes principales , en superposition aux éventuels circuits de voie de bloc automatique et pour éviter les joints isolants.

Il permet la détection des passages et de la présence de véhicules sur une zone de longueur réduite (0,5 m à 70 m).

Fonctionnement :

.....
Un générateur applique à la voie, à une fréquence de récurrence de (800 Hz), des impulsions d'une durée de 8 à 10 μ s et d'une amplitude de pointe ne dépassant pas 5 volts.

Les pointes de tension s'atténuent rapidement le long du rail.

Cette particularité donne la précision de la longueur de la ¹page

totale de détection et permet la suppression de joints isolants pour *la délimiter*.

Le signal émis par le générateur, mélangé éventuellement à une quantité de signaux parasites (surtout sur voie électrifiée), est capté par le récepteur et filtré. Si le niveau de réception est convenable, ce qui est assuré lorsqu'aucun essieu ne se trouve dans la zone de détection, on engendre ainsi le signal de voie libre.

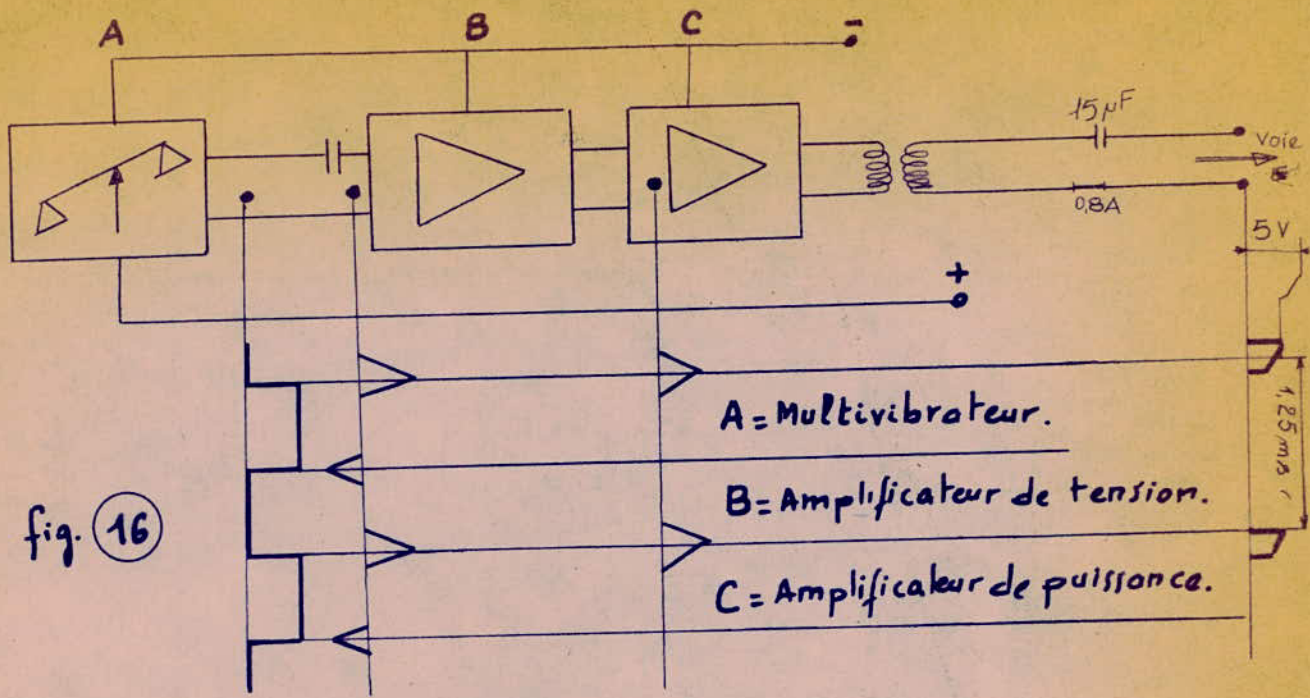
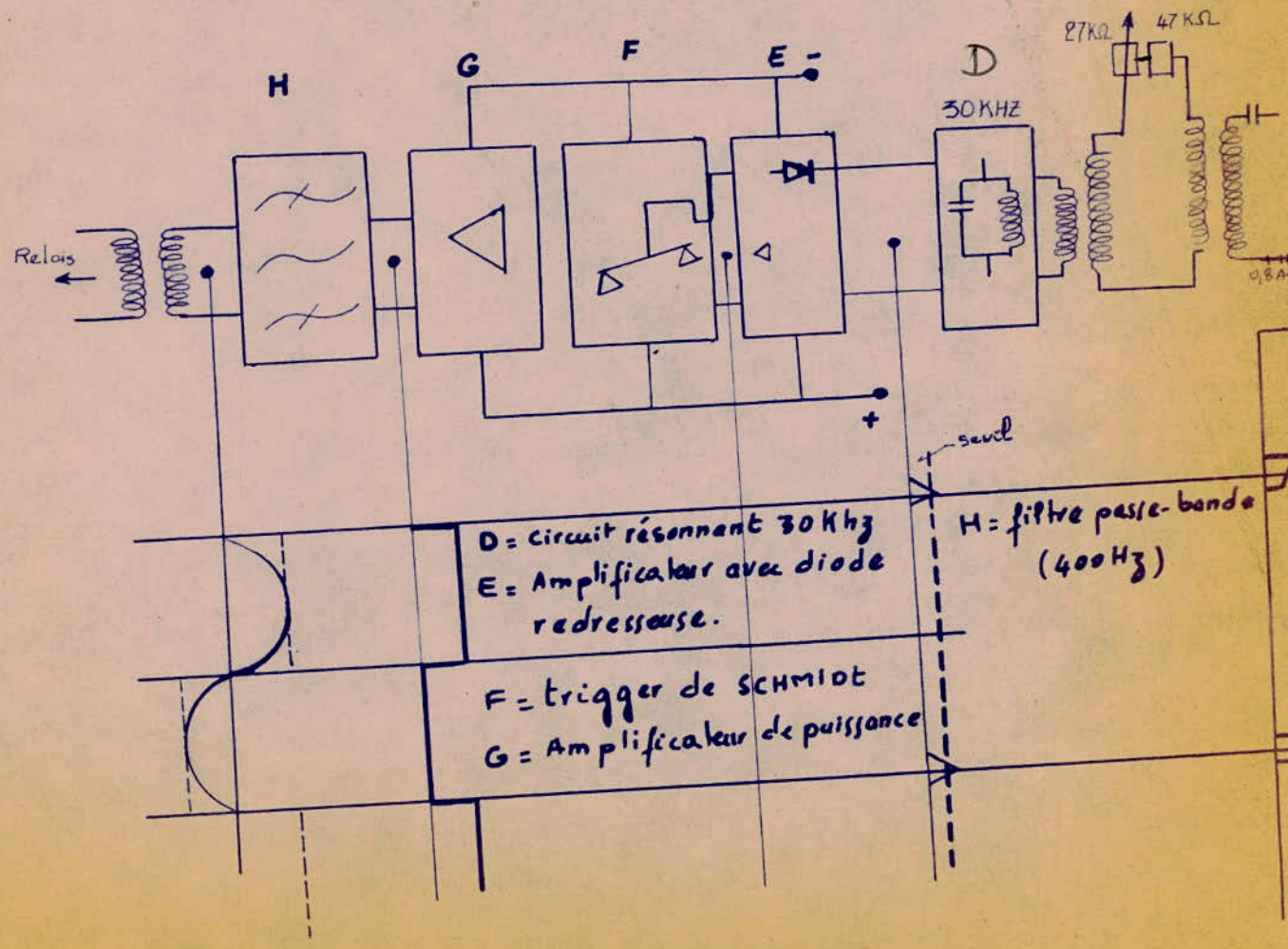


fig. 16

- A = Multivibrateur.
- B = Amplificateur de tension.
- C = Amplificateur de puissance.

BLOC EMETTEUR



- D = circuit résonnant 30 KHz
- E = Amplificateur avec diode redresseuse.
- F = trigger de SCHMIDT
- G = Amplificateur de puissance
- H = filtre passe-bande (400 Hz)

BLOC RECEPTEUR

2) Pédales électroniques: fig (17)

La longueur de la " pédale " atteignant 26 cm, la durée de l'impulsion, à 140 Km/h, s'élève à 6,7 ms.

Le passage de la roue sur la pédale polarise anormalement la base du transistor et provoque la chute du relais d'annonce monté en auto-excitation .

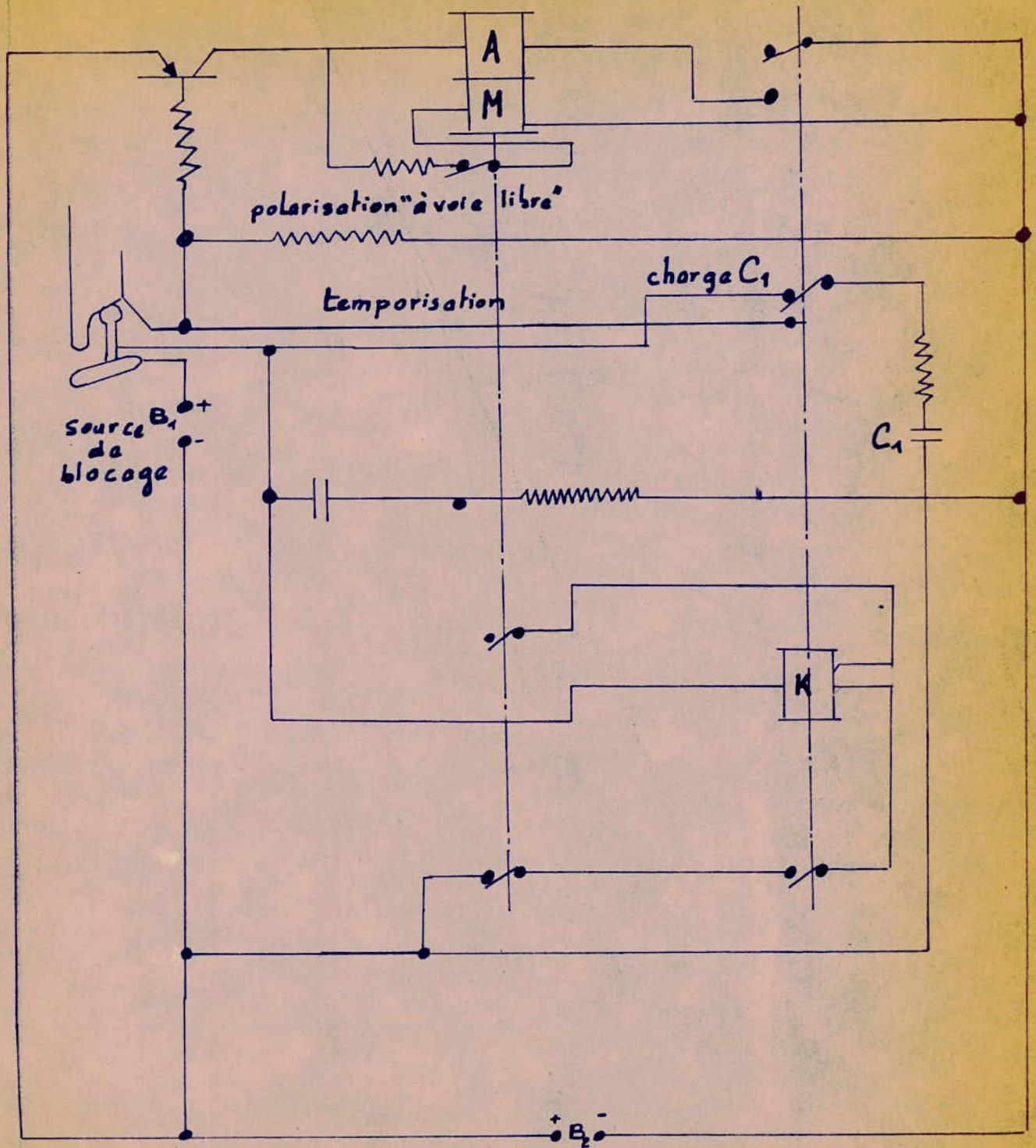
Le relais K chute et le condensateur C_1 prolonge pendant plusieurs secondes l'action de la roue en maintenant la tension de polarisation de la base . Le condensateur C_1 est donc le condensateur de temporisation , et la constante de temps du circuit fixe la durée du retard à l'attraction du relais d'annonce.

Le relais K contrôle le bon état de la source B_1 , de manière à éviter un raté d'annonce en cas d'absence de tension.

La réexcitation du relais d'annonce provoque celle du relais K , et la pédale est à nouveau prête à fonctionner .

Les pédales électroniques sont utilisées :

- Pour la destruction automatique des itinéraires,
- Pour la fermeture automatique des PN,
- Comme détecteurs de passage .



PEDALE ELECTRONIQUE

3) Contrôle des aiguilles:

On appelle " aiguille " en matière de chemins de fer, une partie des rails mobiles donnant passage d'une voie sur une autre.

Les aiguilles manoeuvrées à distance (longueur de transmissions $\gg 7$ m) doivent être contrôlées.

a) Contrôle de position :

La position des aiguilles doit être connue du chef de sécurité par affichage au TCO (2 voyants blancs).

le schéma (18) donne une façon simple de contrôler une aiguille manoeuvrée à distance.

b) Contrôle de discordance:

C'est un contrôle optique et acoustique (sonnerie) donné au surveillant du PCC pour attirer son attention sur le défaut de contrôle d'une aiguille .

Afin d'éviter le tintement de la sonneraie à chaque translation d'aiguillage, le relais D Ag est retardé à la

i

désexcitation rendant ainsi effectif la discordance qu'en cas de prolongement anormal de l'absence de contrôle de l'aiguille.

Voir figure (19)

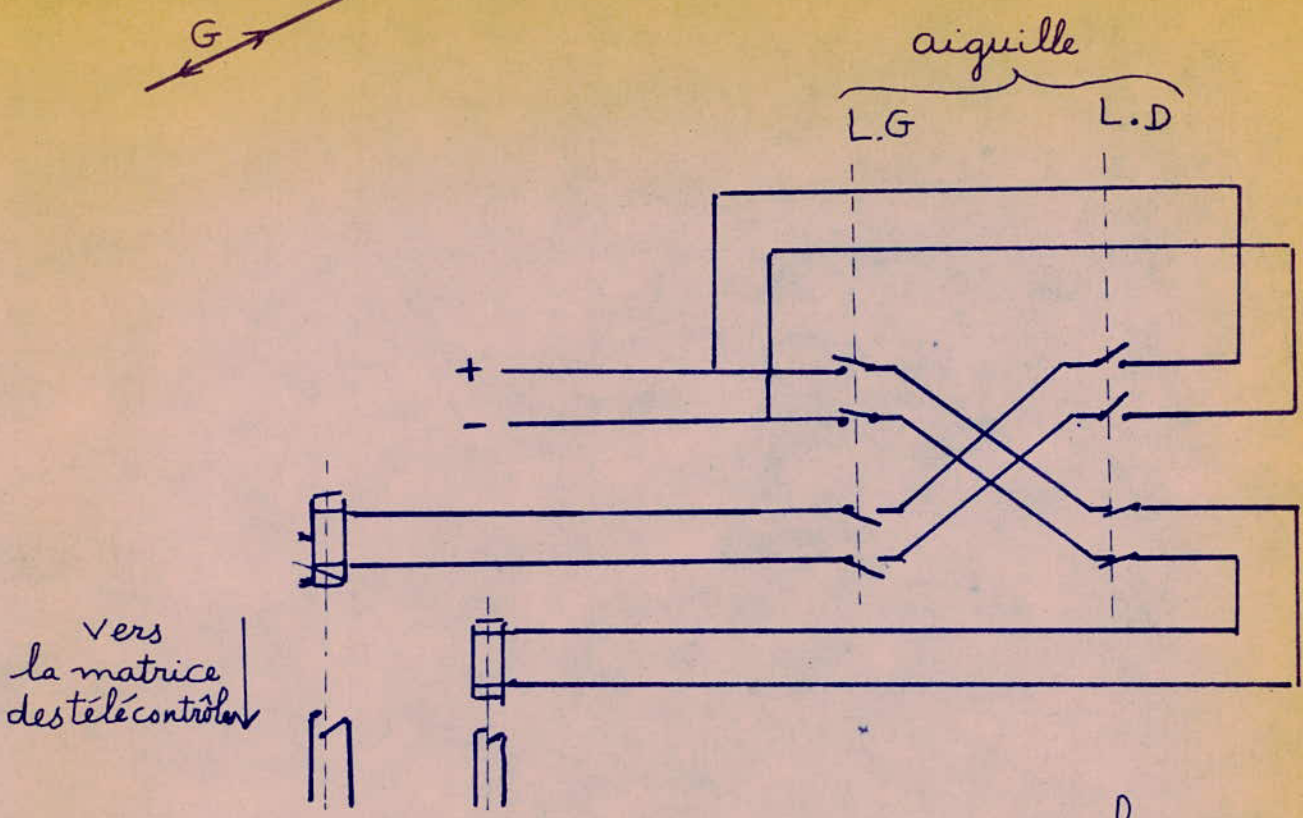
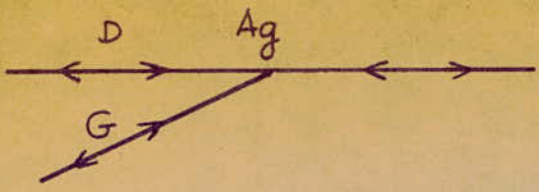


fig 18

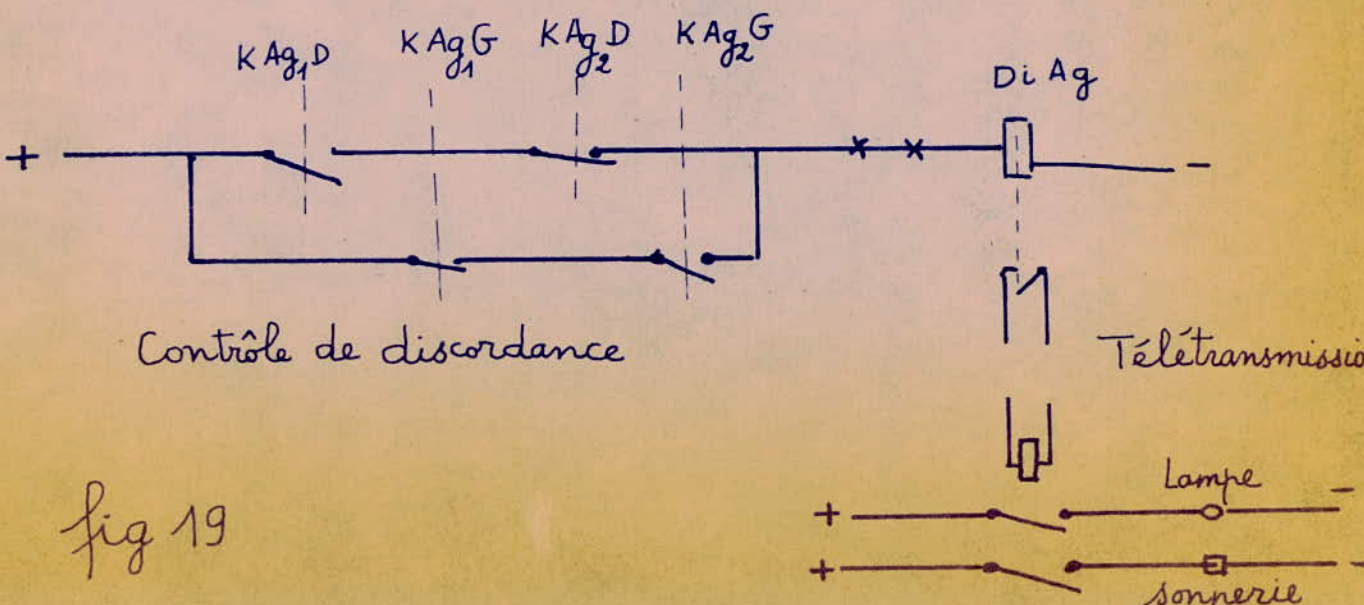
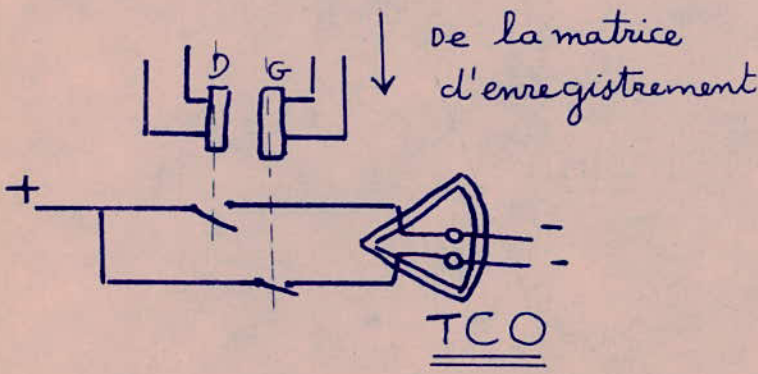


fig 19

4) Contrôle des signaux:

Il importe de s'assurer de la fermeture des signaux qu'on commande. Le contrôle de fermeture est renvoyé au PCC .

La fermeture effective fait apparaitre un voyant blanc.

La discordance est alors représentée par l'extinction des deux voyants.

Pour ces contrôles, on utilise des relais comme auparavant .

5) Contrôle des barrières de passage à niveau:

Pour contrôler la position ouverte ou fermée de la barrière on peut utiliser le même circuit à relais que pour le contrôle de la position d'une aiguille.

- L'allumage sur le TCO d'un voyant rouge indique la fermeture.
- L'all^umage d'un voyant blanc indique l'ouverture.

II) EXECUTION DES COMMANDES :

1) Commande automatique des itinéraires :

Un train convenablement identifié et localisé se voit attribuer un ordre et une heure de passage à un nœud ferroviaire. Lorsque le train passe le point d'annonce automatique, l'ordinateur, qui dispose d'une table correspondance itinéraire - train, recherche l'itinéraire associé.

Si rien ne s'y oppose, il émet un message de demande d'établissement qui agit sur les chaînes de relais du poste PRS (poste tout relais à transit souple) de la station satellite, à la manière du bouton d'itinéraire placé sur le pupitre de l'aiguilleur. Bien entendu, il existera un dispositif permettant à l'aiguilleur de passer de la commande automatique à la commande manuelle.

La possibilité d'enregistrer les itinéraires, qui est propre au PRS, n'est pas utilisée; elle est même évitée du fait que l'on cherche à conserver la maîtrise absolue de la séquence d'établissement des itinéraires entre-eux.

L'enregistrement est reporté sur l'automatisme central qui se comporte comme un programmeur aux possibilités très étendues.

a) Présentation du PRS: (poste tout relais à transit souple):

- L'ensemble des boutons poussoirs de commande des itinéraires est groupé sur une table de commande (pour commande locale).
- La commande de l'itinéraire résulte d'une action manuelle locale sur le bouton du PRS, ou action sur le bouton du pupitre du PCC, ou action programmée par l'ordinateur.

- Par la nécessité de renseigner l'aiguilleur sur la situation de l'itinéraire commandé, on installe au-dessus de chaque bouton un voyant dit " voyant de table " qui s'allume :

- . Au blanc clignotant si l'itinéraire est enregistré,
- . Au blanc fixe si l'itinéraire est formé
- . Il s'éteint à la destruction de l'itinéraire .

Le tracé de l'itinéraire commandé est allumé au blanc au T.C.O lorsque cet itinéraire est enclenché (allumage au blanc des voyants de zone).

b) Fonctionnement du P.R.S : figures (20 et 21)

Les différentes phases de fonctionnement sont :

- Commande de l'itinéraire (action de l'aiguilleur ou de l'ordinateur)
- Préparation de l'itinéraire (disposition des aiguilles)
- Formation de l'itinéraire et enclenchement
- Contrôle de l'itinéraire (ouverture du carré).

Voir organigramme I .

c) Les relais utilisés au P.R.S :

+ Relais C.Ag (commande des aiguilles)

C'est un relais basculeur à deux positions stabilisées; son basculement à droite ou à gauche est obtenu par l'excitation passagère de l'enroulement correspondant.

Il joue le même rôle que le levier d'aiguille dans un poste mécanique .

+ Relais E.It (enclenchement de l'itinéraire)

C'est un relais basculeur ayant deux fonctions:

-bascule à l'ouverture: -il enclenche les C.Ag par coupure de
l'alimentation de la chafé de transit
-il permet l'ouverture du carré.

-basculé à la fermeture: il libère les enclenchements .

Le relai E.It est commun à tous les itinéraires ayant une même origine.

+ Relais R.It (répétiteur de l'itinéraire)
.....

C'est un relais qui matérialise la formation de l'itinéraire;il est propre à chaque itinéraire.

d) Enclenchements de l'itinéraire :

+ Enclenchement d'approche :

L'enclenchement d'approche empêche toute modification d'un itinéraire à partir du moment où le mécanicien d'un train voit un signal ouvert pour cette itinéraire .Devant empêcher la modification de la position des appareils,il pourrait être réalisé sur les aiguilles;en fait,il est reporté sur le levier du carré de protection qu'il enclenche à l'ouverture.Les appareils se trouvent ainsi immobilisés indirectement du fait de leur enclenchement avec le signal ouvert .

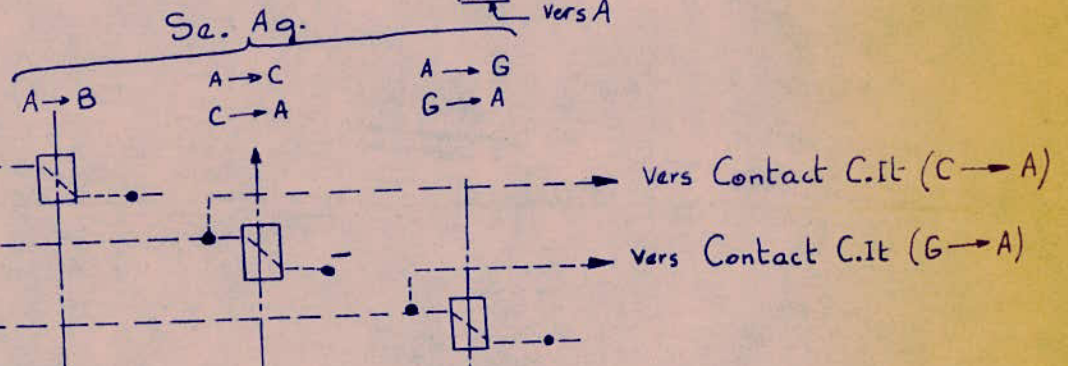
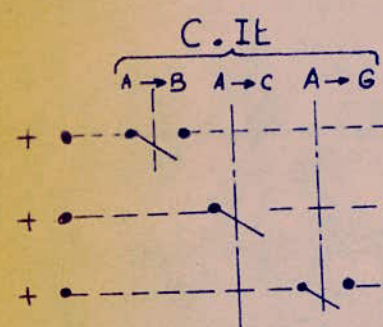
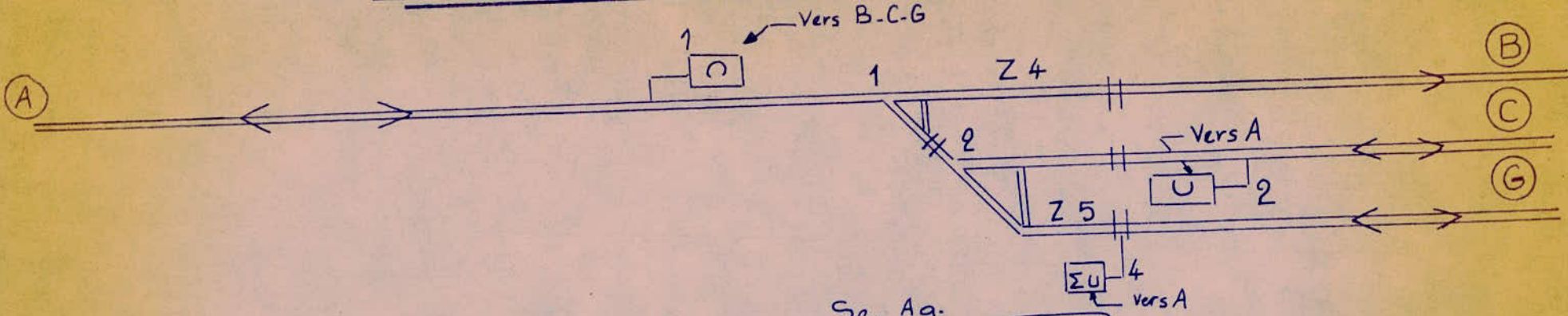
+ Enclenchement de transit :

Il immobilisera les aiguilles pendant le passage du train.

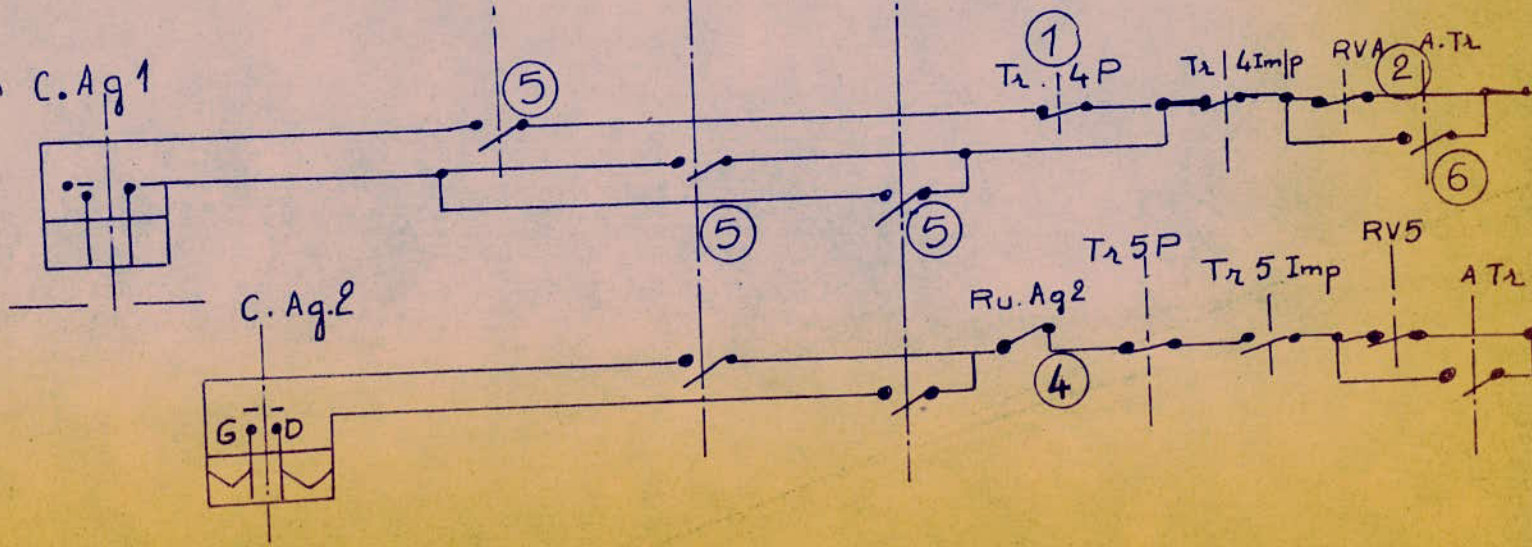
+ Enclenchement de parcours et de convergence :

Il immobilisera les aiguilles et interdit l'ouverture des carrés des itinéraires incompatibles.

PREPARATION DES ITINERAIRES.

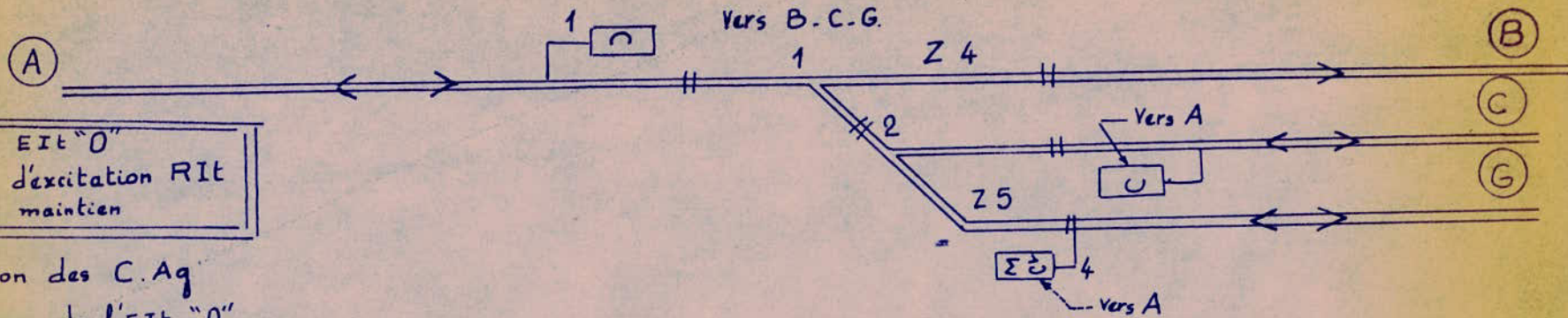


- 1) le T₂ 4P interdit la commande l'Aq.1 à gauche lorsqu'il est chuté
- 2) Enclenchement par zone propre
- 3) Enclenchement dès la formation de tout itinéraire Impair.
- 4) Relais Rupteur évite Coupure forts intensités par C. Ag.
- 5) Commande de l'Aq. par l'itinéraire choisi
- 6) Débranchement de zone.

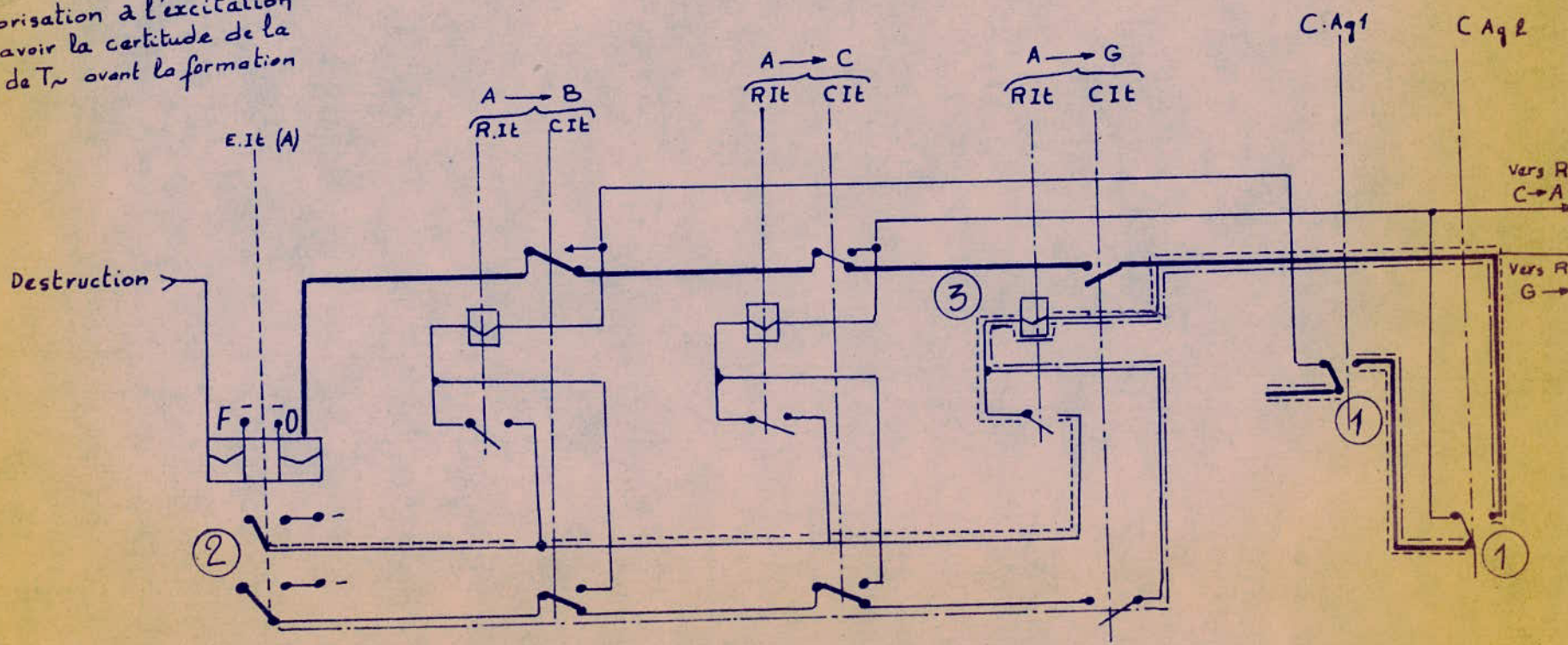


FORMATION DES ITINERAIRES

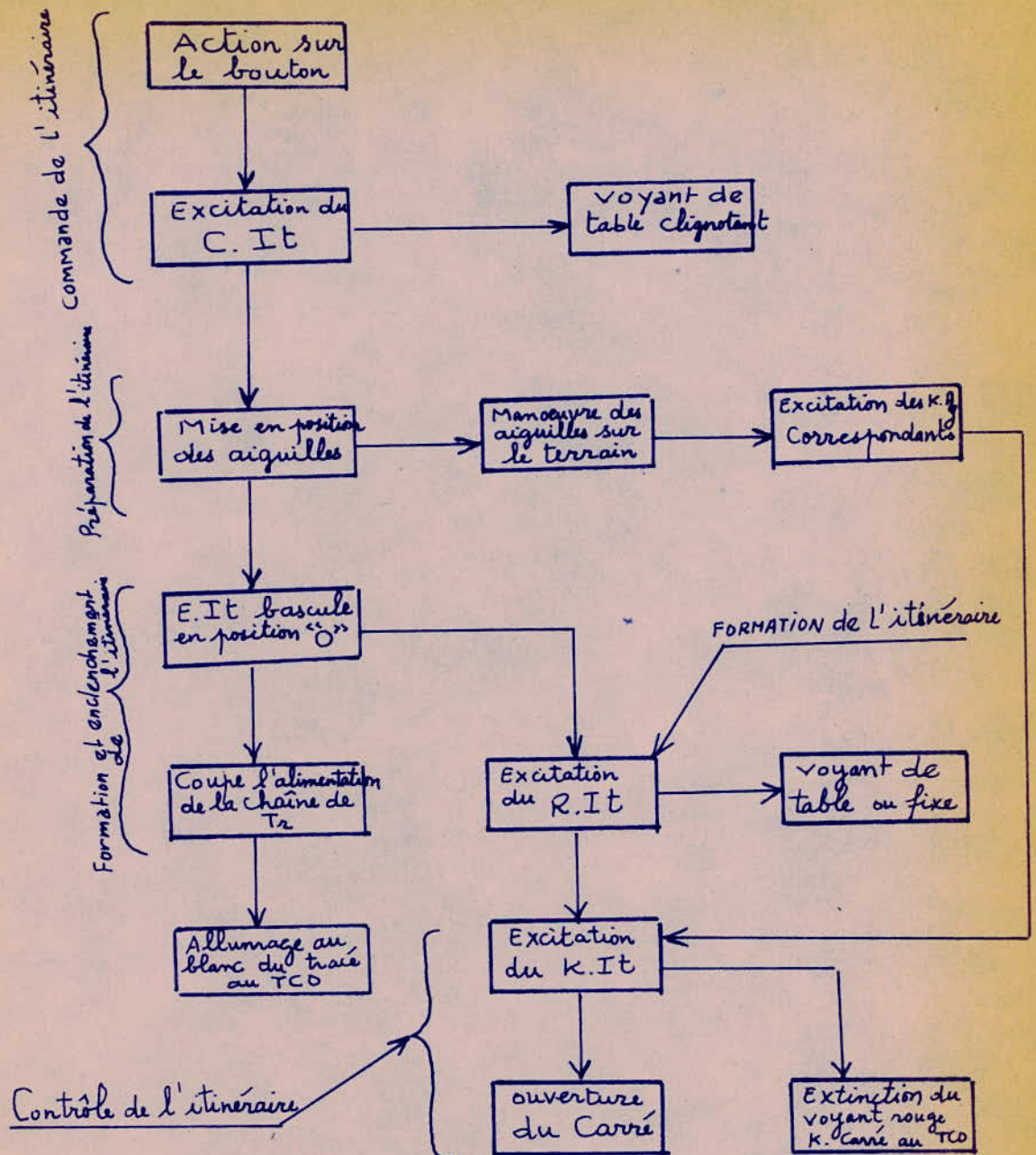
Fig. (21)



- ① vérification des C.Ag
- ② vérification de l'EIt "0"
- ③ Temporisation à l'excitation pour avoir la certitude de la chute de T_m avant la formation



65



"ORGANIGRAMME I" COMMANDE D'UN ITINERAIRE

- It: itinéraire C.It: Commande itinéraire
 E.It: Enclenchement de l'itinéraire T₂: transit
 R.It: Répétiteur de l'itinéraire k.It: Contrôle de l'itinéraire
 C.Ag: Commande de l'aiguille.

2) Commande des barrières :

Ce sont des barrières qui s'⁵abaissent au passage des trains, afin d'interdire la circulation aux usagers de la route.

- Levée (ouverture) par manœuvre électrique commandée automatiquement ou non, ne nécessitant qu'une énergie relativement faible et un seul contact d'actionnement.

- Maintien électromagnétique en position de levée sous faible consommation.

- Descente (fermeture) par gravité par simple coupure de courant .

Les mouvements de fermeture et d'ouverture ^{sont commandés par la rupture} ou l'établissement d'un seul circuit par barrière.

L'appareillage de commande doit être un relais (commande automatique ou manuelle à boutons-poussoirs).

3) Commande des signaux:

La sécurité ferroviaire repose principalement sur la manoeuvre correcte des aiguilles et des signaux. Les signaux (sauf les signaux automatiques) sont commandés à distance par l'aiguilleur. ^{sortes de}

Il existe deux [✓]signaux à commander :

- Signaux mécaniques (sous forme de cocarde)
- Signaux électriques (sous forme de panneaux) .

Ces derniers sont préférables et sont plus utilisés dans la commande centralisée .

Types de signaux électriques: figure (22)

+ Carré fermé: Ce signal commande au conducteur l'arrêt ^{avant} le signal. Le conducteur ne pourra pas repartir tant que le signal donnera cette indication .

+ Sémaphore fermé :

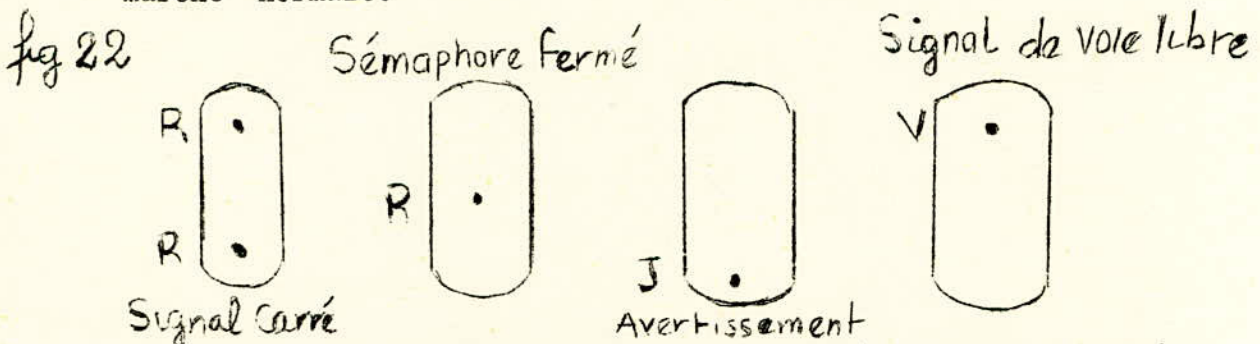
Commande au conducteur de marquer l'arrêt avant le signal . Le conducteur pourra ensuite répartir très prudemment .

+ L'avertissement fermé :

Commande au conducteur de régler sa vitesse de façon à pouvoir s'arrêter avant le signal suivant (sémaphore ou carré) qui pourra être fermé.

+ Le signal de voie libre :

Indique au conducteur qu'il peut continuer ou reprendre sa marche normale.



4) Destruction automatique de l'itinéraire (organigramme II)

- Dispense l'aiguilleur de toute manœuvre après le passage d'un mouvement qui détruit-lui-même l'itinéraire.

- Conditions de destruction automatique (D.A) :

+ Occupation de la zone en aval du signal,

+ Action sur la pédale de D.A. donnant l'assurance que le train a franchi le signal

+ Libération de la zone donnant la certitude que le train est complètement engagé dans l'itinéraire.

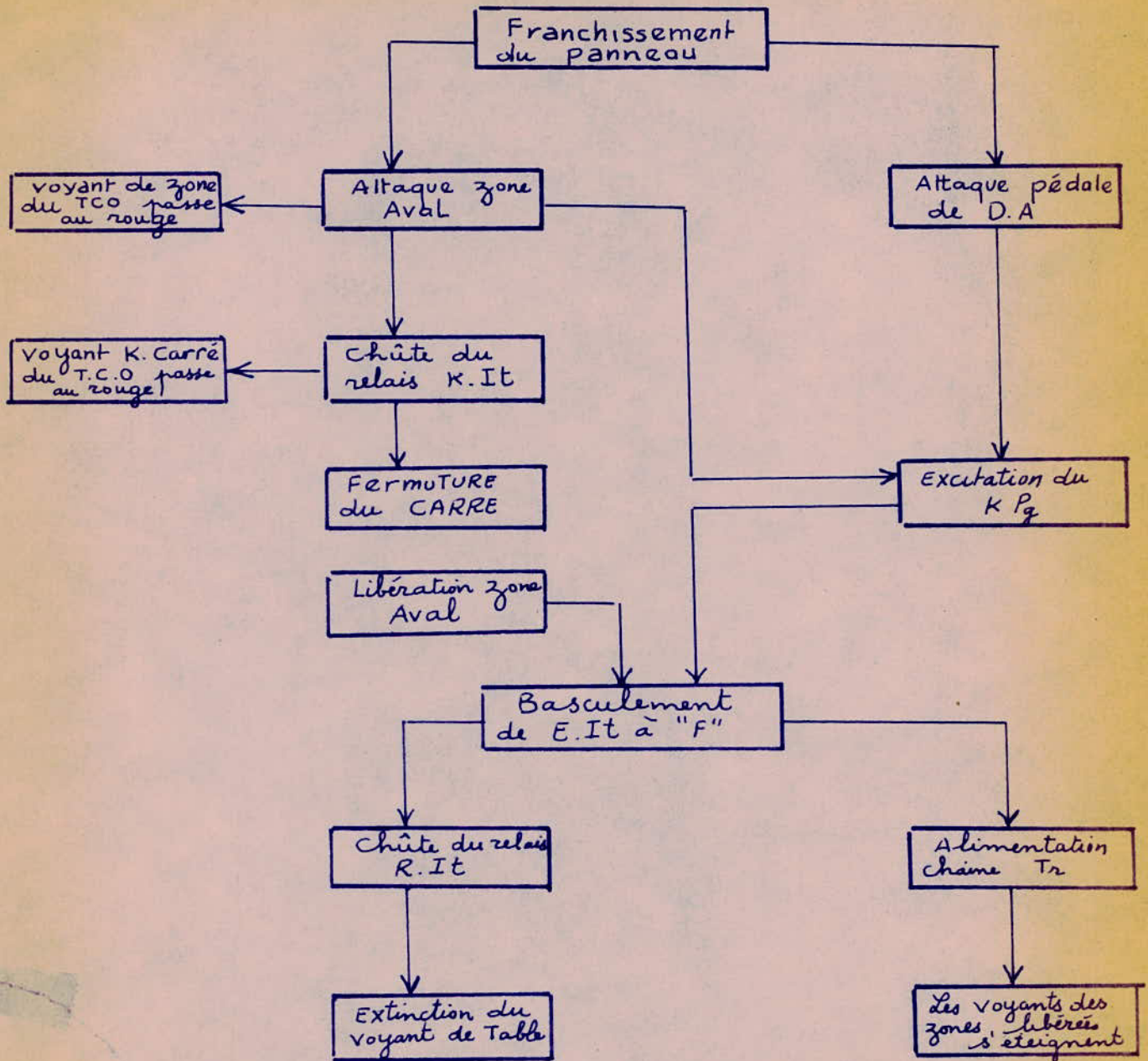
5) Tracé permanent (Tp) :

Lorsque plusieurs mouvements se succèdent sur un même itinéraire,

l'action de destruction automatique est annulée. Cela évite au surveillant de commander le même itinéraire avant chaque passage.

L'itinéraire est alors enregistré.

L'action sur un bouton doit pouvoir rétablir la destruction automatique.



ORGANIGRAMME de la
DESTRUCTION AUTOMATIQUE

N° II

6) Moteurs d'aiguilles:

a) Généralités: Les aiguilles sont actionnées à distance par des moteurs électriques.

L'action permanente due à la position du levier est transformée en action fugitive. Le moteur est asservi à l'organe de commande: Une deuxième action inverse ^{sur} l'organe de commande, alors que le moteur n'a pas terminé sa course entraîne le retour en position initiale.

La mise sous tension et la rupture en charge des circuits de manoeuvre du moteur sont assurées : par des contacts de relais récepteurs pouvant supporter une forte intensité.

b) Types de moteurs:

On distingue :

- Les moteurs pour aiguilles enclenchées qui ne sont pas talonnables et qui assurent le calage des aiguilles.

Temps de manoeuvre 4 à 8 secondes.

- Les moteurs pour aiguille de triage talonnable et renversable exceptionnellement:

Temps de manoeuvre $\frac{3}{10^e}$ de seconde.

Ces moteurs sont à courant continu ($48^V - 115^V$) ou à courant alternatif triphasé.

La commande des moteurs $48 - 115^V$ impose un câble à conducteur de forte section et une distance réduite entre le poste et l'aiguille pour limiter les chûtes en ligne.

L'utilisation des moteurs interchangeable triphasés permet la réalisation de commande jusqu'à une distance de 4 km (alimentation de départ 380^V)

c) Freinage et stabilisation :

L'alimentation du moteur est coupée automatiquement par les contacts de fin de course. Le moteur possède un frein qui agit à la fin de course et dont le rôle essentiel est d'éviter:

- Les chocs de fin de course
- Les rebondissements susceptibles de couper les contacts de contrôle
- Les dévirages qui peuvent se produire au passage des circulations.

III) FLUIDIFICATION D'UN NOEUD FERROVIAIRE :

La recherche en matière de chemin de fer s'oriente vers l'automatisation des installations de sécurité pour aider, à tous les niveaux, aiguilleurs et régulateurs à fluidifier la circulation sur les lignes ou noeuds ferroviaires très chargés: d'abord, en donnant aux opérateurs une information continue et précise sur la position des trains; ensuite, en développant l'automatisme de la commande des itinéraires (un ordinateur remplaçant l'aiguilleur tant que l'ordre de passage des trains est conforme au programme établi); enfin, en éclairant les opérateurs sur les décisions à prendre en cas de difficultés imprévues. Aussi, quand on éprouve des difficultés de circulations sur un noeud de réseau, par suite de l'accroissement du débit ou de la densité de la circulation, on fait appel à l'ordinateur de la commande centralisée.

1) Comment se présentent les conflits : fig (23)

Les obstacles à la fluidité des trafics sont constitués par les conflits entre circulations .
Ils se produisent dans des " Noeuds " c'est-à-dire des lieux où les voies s'enchevêtrent, et les deux éléments constitutifs d'un Noeud où peut surgir un conflit sont la " convergence " et le " cisaillement " de deux itinéraires.

Le point P est un point où il ne peut passer qu'une circulation à la fois .

2) Les inconvénients de l'arrêt d'un train en cas de conflit:

Les inconvénients de l'arrêt d'un train sont essentiellement les suivants:

- dépenses supplémentaires d'énergie,
- usure du matériel;
- retard dans la marche du train et perte de débit sur la voie où il circule.

La fluidification a pour but de réduire les conséquences de l'arrêt d'un train en cas de conflit et, à la limite, d'éviter cet arrêt en le remplaçant par un ralentissement approprié.

3) Résolution d'un conflit :

Etant donné deux files de trains convergeant vers le point P ; il s'agit de déterminer l'ordre optimal de passage de chacun de ces trains en fonction d'un critère .

Il est intuitif que l'exploitation des raccordements sera la meilleure lorsque tous les trains rencontreront tous les signaux à " voie libre ". Compte tenu de cette hypothèse, il sera nécessaire de retarder certains de ces trains afin de les présenter au " bon " moment à ces signaux .

Le critère d'optimalité sera donc le suivant : en affectant un coût de retard par unité de temps à chacun des trains (coût appelé coefficient de pondération) il s'ensuivra que le retard subi par un train coûtera le produit de ce retard par le coefficient de pondération de ce train. On cherchera donc à rendre minimal le coût

global de l'ordonnement des circulations.

Le coût global est la somme des retards pondérés de tous les trains. On l'appelle fonction économique de l'ordonnement.

Si on note :

\bar{h}_i = l'heure à laquelle passerait le train i au signal d'entrée du point P s'il suivait sa marche normale,

h_i : l'heure à laquelle il passera effectivement,

p_i = son coefficient de pondération.

on a donc à rendre minimale la quantité :

$$\sum p_i (h_i - \bar{h}_i)$$

Le fait que les trains doivent rencontrer tous les signaux à voie libre se traduit par des inégalités entre les heures de passage de chaque paire de trains i et j en conflit.

Ces inégalités sont déterminées par les données caractéristiques des mouvements et par les données fixes propres au nœud ferroviaire.

On aura:

$$h_j \geq h_i + \frac{a_i + l_i}{v_i}$$

$$h_j \geq h_i + \frac{a_{oi} + l_i}{v_i} + \frac{b_{oj}}{v_{oj}^0}$$

où l'on désigne par:

v_i : la vitesse du train i l_i : la longueur du train i ,

a_i : la distance séparant un signal d'entrée ouvert pour un train i du point permettant la mise à voie libre du signal d'entrée pour train j .

a_{oi} : la distance séparant un signal d'entrée ouvert pour un train i , du point permettant le passage à voie libre d'un signal d'annonce pour un train j ,

b_{oi} : la distance entre le signal d'annonce et le signal carré pour le train i .

Il est évident qu'il faut aussi :

$$h_i \geq \bar{h}_i$$

4) Commande des signaux de Régulation : (Fig24)

les signaux de régulation sont constitués par des flèches lumineuses pouvant présenter trois indications :

- flèche tournée vers le bas : réduire la vitesse à 30Km/h
- flèche tournée vers le haut : reprise
- extinction : système non en service .

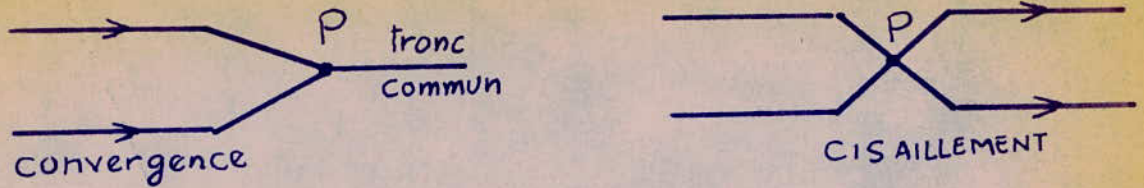
L'ensemble des signaux de régulation est allumé par l'automatisme central à l'approche des trains et il s'éteint par les détecteurs de passage .

Un processus de correction permet de réagir entre certaines limites si un train s'écarte de la marche qui lui est assignée par l'ordinateur , qui travaillant en temps réel , note les instants de franchissement de chaque détecteur de passage et prend les mesures appropriées .

REMARQUE :

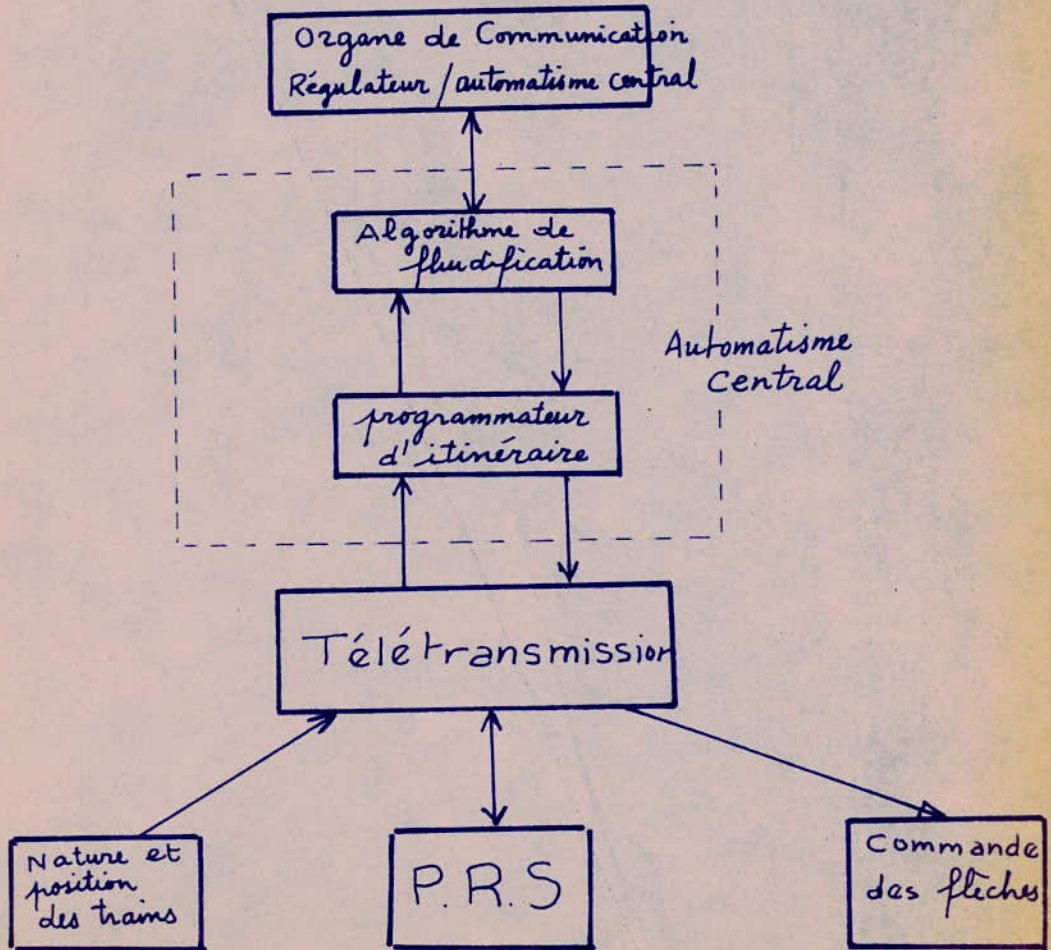
Comme nous l'avons dit , les PRS peuvent être raccordés à l'ordinateur par la télétransmission , pour commander les itinéraires ; Mais leur conception est un peu lourde et compliquée . Pour cela , on a été amené à chercher une nouvelle technique de postes et on a mis au point les postes P.E.X.I plus adaptés à la commande centralisée .

N'ayant pu trouver de documentation sur ces postes (P.E.X.I) leur étude dans ce présent ouvrage n'a pas été possible .



CONFLIT

Fig 23



ORGANISRAMME de la FLUIDIFICATION

fig 24

Quatrième Partie : APPLICATION A LA REGION ALGEROISE :

- 1) Presentation du réseau et utilité d'une C.C.
- 2) Fonctions à assurer par la C.C.
- 3) Equipements à prévoir
- 4) Exemple de parcours sur TCO .

Le plan de transport dans l'algerois a pour objectif l'amélioration de la circulation et du transport dans la région " Est " d'Alger , dans le but de permettre :

- Une plus grande participation de la SNTF au transport des voyageurs " grandes lignes " ainsi qu'au transport des marchandises .
- L'organisation des transports voyageurs " banlieue " .

Ceci implique l'extension du trafic , qui nécessitera alors une Commande Centralisée du système .

Dans ce qui suit , nous traitons une application possible de l'étude précédente , à l'aménagement de la région .

NOUS nous bornerons à la présentation du réseau , aux fonctions que la Commande Centralisée doit assurer , à l'équipement nécessaire et enfin à la présentation d'un exemple de parcours (EL-HARRACH - OUED SMAR) vu sur

T.C.O.

...../.....

1) Présentation du réseau et utilité de la CC.

La ligne actuelle , reliant Alger Centre (TAFOURAH) à THENIA , est une ligne à double voie de 52 Km . Au niveau d'EL-HARRACH (11 Km) vient se brancher sur cette ligne , la ligne allant vers BLIDA .

Le Trafic actuel sur cette ligne est de 62 trains par 24 H (ceux qui partent et ceux qui arrivent). Pour le moment le "Con - tonnement téléphonique" est suffisant; ce qui ne sera pas le cas lorsque le nombre de trains augmentera (plus de 100 trains par 24H) .

On projette de réaliser , dans le cadre du Trafic banlieue , une branche reliant CAROUBIER à ROUIBA en passant par BORDJ-EL-KIFFAN.

Lorsque la densité du Trafic augmente , une Commande Centralisée permettra de faire suivre les trains à 1500m environ l'un de l'autre, ainsi que l'aiguillage à distance .

Organisation possible de la C.C. : (Fig25)

-P.C.C à ROUIBA

- 14 Gares satellites : ~~BBB~~-EL-OUED(en projet) , TAFOURAH, HUSSEIN-DEY , CAROUBIER(en projet) , EL-HARRACH , GUE DE CONSTANTINE, PINS MARITIMES(en projet) , OUED-SMAR , BORDJ-EL-KIFFAN(en projet) ; DAR-EL-BEIDA , LE HAMIZ , ROUIBA , REGHAIA et THENIA .

PROJET D'AMENAGEMENT DE LA REGION ALGEROISE

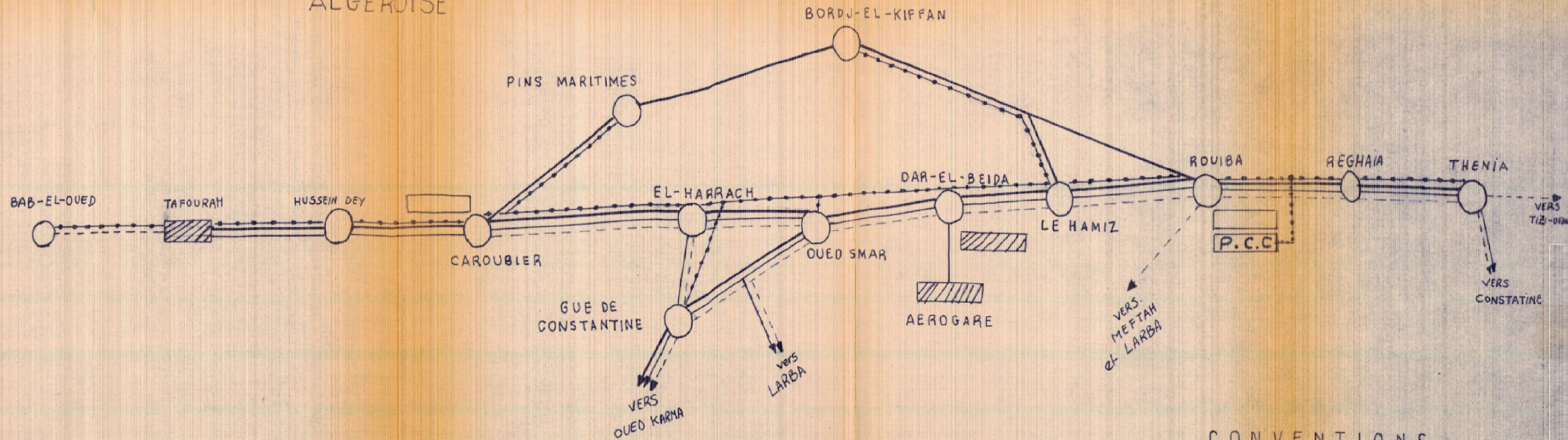




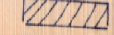



FIG 25

CONVENTIONS

-  LIGNE DE TELETRANSMISSION
-  TRAFIC BANLIEUE
-  TRAFIC VOYAGEURS LONG PARCOURS (GRANDES LIGNES)
-  TRAFIC MARCHANDISES
-  GARE VOYAGEURS
-  GARE MARCHANDISES

2) Fonctions à assurer :

Dans la région algéroise , la Commande Centralisée doit assurer les fonctions suivantes :

- Suivi des trains sur TCO
- Commande automatique des itinéraires par ordinateur en fonction des tableaux de marches des trains
- Possibilité d'intervention du Surveillant par télécommande pour interdire l'opération automatique et octroyer des itinéraires selon son choix (ceci est rendu possible à l'aide d'un pupitre relié directement à la télétransmission),
- Fluidification du trafic à EL-HARRACH et OUED-SMAR
- Télécommande et Télécontrôle des passages à niveau
- Identification des trains et Visualisation des numéros au TCO ,
- Départs programmés des stations ,
- Régulation du trafic en dehors des nœuds par B.A.L. (Bloc Automatique Lumineux) .

3) Equipements à prévoir :a) Au PCC :
.....

TCO ← Pupitre - Calculateur - Enregistreur .

+ Réaliser le TCO donnant une vue d'ensemble, d'Alger à Thenia , de l'état d'occupation des voies , l'aspect des signaux , la position des aiguilles et la visualisation du numéro du train ;

+ Installer le long de la ligne des circuits de voie et des relais de contrôle de l'occupation des Contons;

+ Disposer d'un calculateur fonctionnant en temps réel , par exemple un calculateur III 10010 , équipé :

- D'une mémoire de 20K octets
- D'un panneau de commande et de maintenance
- D'un télécimprimeur équipé d'un lecteur perforateur

de bande

- De périphériques " temps réel " constitués d'entré-
-sortie à 16 bits et d'une horloge "temps réel" .

Ce calculateur est pourvu :

- D'un contrôle de parité en mémoire
- D'une protection d'écriture en mémoire
- D'un accès direct à la mémoire
- D'un dispositif spécial de protection contre les

défauts d'alimentation

L'installation doit être doublée et comporter aussi :

- Un disque stockant les programmes de dialogue avec les périphériques et les tables propres à chaque ligne .

- Une horloge externe (synchronisée par l'horloge de distribution horaire du réseau) permettant essentiellement la remise à l'heure des pendules des départs programmés

- Un lecteur optique de bande perforée pour l'entrée des programmes .

b) Aux postes satellites :
.....

+ Chaque poste satellite doit pouvoir passer de la télécommande à la commande locale d'où nécessité d'avoir un pupitre local pour commander les PRS ou les PEXI et un TCO réduit pour le contrôle .

+ Installation des PRS ou des postes P.E.X.I.

+ RELier les relais à commander ou à contrôler par groupe de 15 , attribuer une adresse à chaque groupe , et les raccorder aux armoires de la télétransmission , (une armoire pour la télécommande et une autre pour le télécontrôle) .

c) Dispositif de télétransmission :
.....

Pour acheminer l'information , il faut un dispositif de télétransmission comme celui déjà étudié dans la deuxième partie .

Mise en place d'une ligne Omnibus constituée d'une quarte de bande passante 1200Hz , si on prend un Modem comme celui que nous avons décrit .

d) Sur la voie :
.....

Installation du B.A.L.

4) Exemple de parcours sur TCO :

Nous avons représenté sur la Fig26 une portion de TCO matérialisant la ligne " El-Harrach _ Oued Smar " .

Le tracé synoptique lumineux des voies (cantons) est complété par des voyants de contrôle , des positions d'aiguillages , des signaux de manœuvre . Des visualisateurs , associés à certains circuits de voie , permettent d'identifier chaque train .

Considérons un train , auquel , on octroie l'itinéraire AB . La route commandée s'affiche au blanc au TCO (les circuits de voie CV_1 , CV_2 , et CV_3) .

Le signal (I) s'ouvre ; ce dernier se mettra au vert si , bien entendu , tous les circuits de voie de la route sont libres et si les aiguilles Ag_1 et Ag_2 sont bien dans la position requise .

Le carré (II) se ferme , il s'allume en rouge , protégeant ainsi le croisement K . Le train peut donc entrer dans l'itinéraire tracé , il s'annonce en foulant le circuit de voie CV_1 qui s'éclaire en rouge .

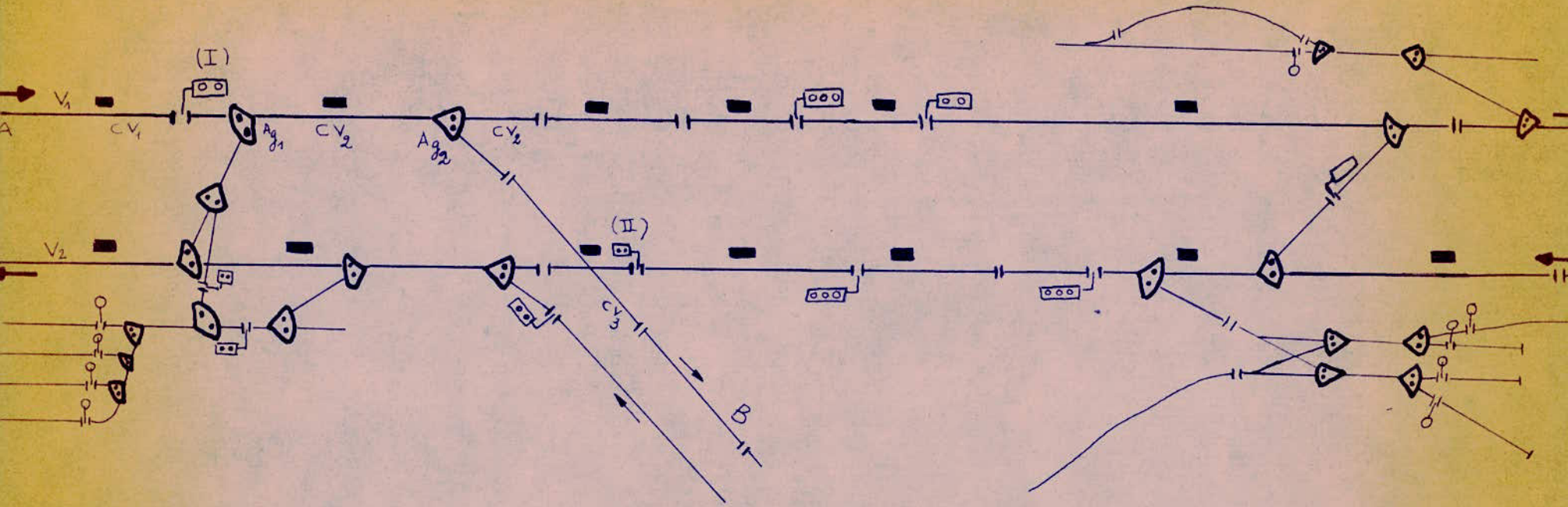
Le mouvement du train sera suivi au TCO par l'allumage successif au rouge des circuits de voie de la route .

Au moment où le convoi franchit le croisement K , le dernier essieu libère une pédale de destruction automatique de l'itinéraire tracé ; alors :

- Les circuits de voie CV_1 , CV_2 et CV_3 s'éteignent
- LE carré (II) s'ouvre .

EL-HARRACH

OUED-SMAR



82

TABEAU DE CONTROLE OPTIQUE TCO

montrant la disposition géographique du Réseau
EL-Harrach - Oued-Smar (5Km)

fig 26

CONCLUSION

Nous pensons avoir donné une vue assez complète sur la centralisation des commandes et des contrôles dans le domaine ferroviaire, et particulièrement sur la transmission des données, composante essentielle dans toute commande à distance .

Nous avons omis volontairement le traitement des données au niveau de l'ordinateur (qui est un travail d'informaticiens) , ainsi que les problèmes posés par la signalisation aux grandes vitesses et leurs solutions (communication voie-machine ou PCO-machine).

Nous avons jugé utile de compléter notre étude par un chapitre consacré à la régulation du Trafic aux nœuds , sans entrer trop dans les détails .

Pour être plus complet , nous avons envisagé une application possible de commande centralisée à l'aménagement de l'Algérie ; le problème est traité d'une façon succincte , car il n'est pas possible de faire un travail d'une telle importance dans le cadre d'un projet de fin d'études ; C'est un travail d'ingéniering qui nécessite une équipe plus importante et plus expérimentée d'ingénieurs ; pour ce faire , il aurait fallu étudier d'abord le programme d'exploitation Optimum , compte tenu de l'installation existante et devant exister dans un avenir très proche , en déduire la signalisation nécessaire , puis vient alors l'étude de la centralisation des commandes .

Le domaine ferroviaire est un domaine où la sécurité est de rigueur ; on doit y penser avant toute chose . L'étude et l'installation d'une commande centralisée doivent se faire avec grande prudence car les trains transportent des êtres humains . La commande automatique (par ordinateur) est contrôlée à tous les niveaux par des êtres humains (surveillants) . Bien entendu , ce contrôle est d'autant plus strict qu'on transporte des personnes ou de la marchandise , qu'on roule à grandes ou à faibles vitesses .

Nous espérons avoir donné ici un aperçu sur le rôle et le fonctionnement de l'important outil qu'est la commande centralisée pour la gestion des grands Trafics Ferroviaires .

BIBLIOGRAPHIE

- + ORDINATEURS en temps réel par J.P. NANTET
(Edition MASSON & Cie)
- + MACHINES de traitement de l'information par P. DEBRINE
Tome I (MASSON & Cie)
- +THEORIE de la transmission de l'information par A. SPATARU
Tome II (MASSON & Cie)
- +LES APPLICATIONS de l'électronique à la Signalisation par R. VIDRIL
S.N.C.F
- +QU'EST-CE QUE LA TELEINFORMATIQUE par F. CHENIQUE - R. BRUNET
(DUNOD)
- + Revue Generale des Chemins de Fer :
 - Fevrier 1974
 - Mai 1973
- + Revue d'Automatisme
 - Fevrier 1973
 - Mai 1970
- + Revue Cybernétique et Electronique dans les Chemins de Fer
 - Novembre 1967 (Edition française) .
- Notice de fonctionnement de la Télétransmission REDECA
(De la C.S.E.E.)

