

LES COMMANDES CENTRALISÉES DU MÉTRO URBAIN DE PARIS

Jacques MAJOU
Ingénieur en chef

Pierre GIRY
Inspecteur principal hors classe

Annick RAPHANEL
Inspecteur

à la Direction des travaux neufs de la R.A.T.P.

2681



La Revue Générale des Chemins de fer
paraît mensuellement depuis juillet 1878
sous le patronage et avec la collaboration d'un
COMITÉ DE RÉDACTION

composé actuellement de :

MM.

BOYAUX, Directeur Général honoraire de la S.N.C.F.
DAUDEMARD-GRÉGNAC, Directeur de la Région du Nord de la S.N.C.F.
DINE, Directeur de la Région du Sud-Est de la S.N.C.F.
DUPUY, Directeur du Matériel et de la Traction de la S.N.C.F.
FIOC, Directeur des Etudes Générales de la S.N.C.F.
FONTGALLANT (de), Chef du Service de la Recherche de la S.N.C.F.
GENTIL, Directeur Général Adjoint de la S.N.C.F.
GUERVILLE, Directeur de la Région du Sud-Ouest de la S.N.C.F.
GUIBERT, Directeur Général de la S.N.C.F.
HUTTER, Directeur Général adjoint de la S.N.C.F.
LACOSTE, Directeur Commercial de la S.N.C.F.
LECLERC du SABLON, Directeur du Mouvement de la S.N.C.F.
LEGRAND, Directeur des Installations Fixes de la S.N.C.F.
MARTHELOT, Directeur de la Région de la Méditerranée de la S.N.C.F.
PONCET, Directeur honoraire de la S.N.C.F.
Président honoraire du Comité de Rédaction
RAVENET, Directeur de la Région de l'Ouest de la S.N.C.F.
RIBOUD, Directeur honoraire de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est,
Président honoraire du Comité de Rédaction
STEIN, Directeur Général adjoint de la S.N.C.F.
TOUCHOT, Directeur de la Région de l'Est de la S.N.C.F.
le Secrétaire Général de l'Union Internationale des Chemins de fer
GARREAU, Directeur honoraire de la S.N.C.F.
PRÉSIDENT

Siège du Comité : 20, Boulevard Diderot, PARIS

Secrétaire Général :

MOUSTARDIER, Ingénieur en Chef honoraire de la S.N.C.F.

BUT de la REVUE GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FER

La Revue Générale des Chemins de fer rassemble toutes les documentations qui touchent à l'industrie des Chemins de fer. Elle est destinée à tenir ceux qui s'occupent de ces importantes questions au courant des travaux exécutés, des progrès tentés ou réalisés et, en général, de tous faits techniques ou commerciaux qui, en France ou à l'Etranger, présentent quelque intérêt.

Elle publie des notes originales relatives à la construction des chemins de fer, à leur entretien, à l'établissement et aux essais du matériel fixe et roulant, à la traction, etc., des études économiques ou financières, des documents ayant trait à l'exploitation technique et commerciale, des statistiques, des arrêts de jurisprudence, etc.

Elle insère dans la dernière livraison de chaque année une table des matières indexée suivant les principes de la classification décimale.

LES COMMANDES CENTRALISÉES DU MÉTRO URBAIN DE PARIS

Jacques MAJOU

Ingénieur en chef

Pierre GIRY

Inspecteur principal hors classe

Annick RAPHANEL

Inspecteur

à la Direction des travaux neufs de la R.A.T.P.

1 - HISTORIQUE

De tous temps, les exploitants du métro se sont heurtés au problème de la régulation de la marche des trains. Ce problème est délicat du fait que les aléas des temps de stationnement ⁽¹⁾ ne sont pas négligeables devant le temps de parcours et que les irrégularités de marche qui en résultent ont, aux heures de pointe, une tendance naturelle à s'accroître et à s'étendre.

Les conducteurs sont tenus au respect d'une marche type; en conséquence ils doivent passer à l'heure prévue dans les stations successives de la ligne et tenter de combler, dans toute la mesure du possible, tout retard pris en cours de route. S'ils ne peuvent y parvenir, ce retard est « annoncé », en principe dès qu'il atteint une minute. Traditionnellement, le chef de la première station rencontrée était alerté et prévenait le « chef de départ » du terminus amont. Celui-ci faisait « retenir », par l'intermédiaire des chefs de station, les trains qui précédaient le train retardé, en vue de limiter les discontinuités d'intervalle. Le même processus était repris pour chaque minute de retard supplémentaire. Un contrôle, par sondage, du respect de la marche type par les conducteurs était effectué par les « chefs de secteur » (chefs conducteurs), en se référant à leur montre.

On conçoit que ces moyens étaient peu efficaces.

Une première amélioration fut tentée en 1953 sur la ligne n° 13. A partir de postes téléphoniques spéciaux placés au bout des quais, les conducteurs devaient, à l'arrêt des trains, signaler leur retard au chef de régulation du terminus Saint-Lazare, lequel pouvait retenir des trains en station en commandant directement des feux de « départ sur ordre » (D.S.O.) placés à la sortie de ces stations.

La recherche de moyens plus efficaces, basés sur une information continue de la situation des trains

en ligne, s'est poursuivie pendant de longues années, appuyée sur des essais en simulation réalisés sur des modèles construits spécialement à cet effet.

Elle a abouti en 1967 à la réalisation de la commande centralisée de la ligne n° 1 qui assure une régulation automatique de la marche des trains et fournit les moyens nécessaires au chef de régulation pour prendre toutes mesures utiles en cas de perturbation.

Ce système comprend :

- un tableau de contrôle portant un synoptique de la ligne : on y voit la position et l'identité (2 chiffres) des trains ainsi que l'aspect des signaux de manœuvre, la position des branchements etc.; on peut y commander les itinéraires des terminus et des services provisoires ⁽²⁾ ainsi que la distribution du courant de traction issu des postes de redressement;
- un pupitre : le chef de régulation y dispose de liaisons téléphoniques avec les stations, les signaux de manœuvre et les cabines de conduite des trains, ainsi que de la commande des feux de D.S.O. Dans ce pupitre sont incorporées des machines-programmes qui, d'une part commandent automatiquement les itinéraires de terminus (changement de voie, garage et dégarage), d'autre part transmettent dans les terminus les ordres de départ des trains conformément à l'horaire. Des facilités sont données au chef de régulation pour apporter des corrections momentanées à cet horaire;

(1) Temps d'arrêt des trains dans les stations.

(2) A proximité de certaines stations, les voies comportent une communication. Lorsque, à la suite d'un accident, on désire n'exploiter qu'une partie de la ligne, on peut ainsi établir un « service provisoire » dans telle ou telle de ces stations qui fait alors office de terminus.

MISE EN SERVICE DES COMMANDES CENTRALISÉES PAR LA R.A.T.P.

Installations déjà en service ou en cours de réalisation

Lignes	Fonctions + en cours de réalisation (+) en service				Année de mise en service (5)		
	(1)	(2)	(3)	(4)	Métro urbain	Métro régional	Assistance technique
Montréal ligne n° 1	(+)	(+)		(+)			1966
Montréal — n° 2	(+)	(+)		(+)			1966
Montréal — n° 4	(+)	(+)		(+)			1967
Paris — n° 1	(+)	(+)	(+)	(+)	1967 - 1968		
					1969 (6)		
Paris — n° 11	(+)				1967		
Paris — n° 4	(+)	(+)	+		1969 - 1973		
Paris — n° 7	(+)		(+)		1969		
Mexico — n° 1	(+)	(+)		(+)			1969
Paris — n° 3	(+)	(+)	+		1970 - 1973		
Mexico — n° 2	(+)	(+)		(+)			1970 - 1972
Mexico — n° 3	(+)	(+)		(+)			1970 - 1972
Paris — n° 9	(+)	(+)	(+)		1970 - 1971		
Paris — Sceaux	(+)		(+)			1972	
Paris — n° 8	(+)	(+)	+		1972 - 1973		
Paris — n° 12	(+)	(+)	(+)		1972		
Paris — Boissy-St-Léger	(+)	(+)		(+)		1972	
Paris — n° 2	+	+	+		1973		
Paris — n° 5	+	+	+		1973		
Santiago — n° 1	+	+	+	+			1974 - 1976
Paris — n° 6	+	+	+		1974		
Paris — n° 10	+	+			1974		
Paris — n° 13 et 14	+	+			1974		

(1) Fonctions de base : tableau de contrôle optique et pupitre de commande (sans identification des trains).
(2) Identification des trains.
(3) Régulation du mouvement des trains (« départs programmés » ou autre).
(4) Commande programmée automatique des itinéraires dans les terminus.
(5) L'indication de plusieurs dates marque la mise en service en plusieurs étapes.
(6) Compte non tenu de la période expérimentale pour la ligne n° 1 de Paris.

— en 1970 sur les lignes n° 3 et 9, puis en 1972 sur les lignes n° 8 et 12 (avec identification des trains par calculateur CII-10010 - télétransmission C.S.E.E. REDECA II).

Entre temps, en 1969, l'expérience « départs programmés des stations » de la ligne n° 7, qui visait à maîtriser le temps de stationnement, se révélait d'une telle efficacité qu'en l'espace de 6 mois on put porter, aux heures de pointe, le nombre des trains de cette ligne de 50 à 58 et réduire l'intervalle de 115 à 95 secondes.

Cette méthode consiste, d'une part, à fournir au conducteur des informations horaires liées à sa marche et à son temps de stationnement, d'autre part, à faciliter le respect des temps de stationnement théoriques (contrôle de l'accès des voyageurs à quai par la commande programmée des portillons automatiques et annonce sonore du départ du train).

Les « départs programmés » furent ensuite étendus, respectivement en 1971 et 1972, aux lignes n° 9 et 12

en profitant de quelques améliorations grâce à la participation du calculateur de commande centralisée.

Aujourd'hui de nouveaux équipements sont en cours de réalisation et seront mis en service en 1973 :

- les commandes centralisées des lignes n° 2 et 5, avec départs programmés des stations;
- les départs programmés des lignes n° 3 et 4 en adjonction aux commandes centralisées existantes. Ces départs programmés seront « automatiques », c'est-à-dire que les instructions de marche ne seront plus visualisées à l'intention des conducteurs mais transmises directement au pilote automatique.

Ces prochaines réalisations marqueront une nouvelle étape dans l'évolution fonctionnelle et technologique des commandes centralisées du métro de Paris. En effet, les fonctions de « départs programmés » seront intégrées dans un processus de régulation horaire générale de la ligne, entièrement traité par les calculateurs de commande centralisée (la Télémécanique - T 2000).

Fig. 1 — Poste de commande centralisée du métro urbain

Les meubles du tableau de contrôle optique et du pupitre groupent deux lignes chacun :

- *Au centre : les lignes n^{os} 8 et 9,*
- *A gauche : les lignes n^{os} 3 et 4,*
- *A droite : les lignes n^{os} 1 et 12 (non visibles sur la figure).*



Les réalisations futures bénéficieront, en outre, d'une régulation d'intervalle plus efficace que celle mise en œuvre sur la ligne n° 1. La régulation, fondée sur l'horaire, sur des conditions de stationnement et sur des conditions d'intervalle, sera alors « globale » et permettra d'optimiser l'exploitation des trains dans les limites autorisées par la signalisation ou le pilotage automatique.

Il est à noter que cette évolution est marquée, non seulement par les progrès technologiques dont ont bénéficié les calculateurs et les dispositifs de télétransmission, mais aussi par l'expérience acquise par l'exploitation des lignes équipées. En outre, cette expérience a été enrichie par les réalisations d'installations similaires dont la Régie a été responsable à l'étranger, à savoir :

- en 1966 et 1967 sur les trois lignes du métro de Montréal (avec identification des trains et commande automatique des itinéraires par circuits câblés, télétransmission Delle-Lepaute);
- en 1970 et 1971 sur les trois lignes du métro de Mexico (avec identification des trains et commande automatique des itinéraires par ordinateur G.E.-Thomson-THAC 4020, télétransmission Thomson-THC 542 ⁽¹⁾).

2 - LES COMMANDES CENTRALISÉES DES LIGNES N° 3, 8, 9, et 12

Les diverses commandes centralisées réalisées sur le métro urbain répondent toutes aux mêmes principes d'exploitation mais comportent certes des différences technologiques et fonctionnelles qu'il serait fastidieux de présenter ici. C'est pourquoi le texte qui suit est uniquement consacré aux commandes centralisées des lignes n° 3, 8, 9 et 12, récentes et de même type. Elles ont été mises en service :

- en avril 1970 (ligne n° 3 : Pont de Levallois - Gallieni);
- en novembre 1970 (ligne n° 9 : Pont de Sèvres - Mairie de Montreuil);
- en février 1972 (lignes n° 8 : Place Balard - Maisons-Alfort et n° 12 : Porte de la Chapelle - Mairie d'Issy).

⁽¹⁾ Il est rappelé, pour mémoire, que les lignes régionales du métro de Paris ont été pourvues d'une commande centralisée :

- en janvier 1972, la ligne de Sceaux (commande centralisée sans identification des trains - télétransmission Alsthom Téléglog);
- en mai et juin 1972, la ligne de Boissy-Saint-Léger (commande automatique des itinéraires par ordinateur CII-10020, télétransmission sur système C.G.C.T.- Téléconta VII, identification des trains sur écran cathodique CG.A.-S F I M).

Sur les lignes n° 9 et 12, les « départs programmés » ont été mis en service, respectivement, en décembre 1971 et mai 1972.

2.1. Configuration générale

Comme le montre la figure 2, une installation de commandes centralisées comprend un ensemble d'appareillages situés au poste central et des équipements en ligne reliés au poste central par une télétransmission.

Au poste central, unique pour l'ensemble du métro urbain, se trouvent :

- le « tableau de contrôle optique » (T.C.O.) associé à un pupitre d'exploitation;
- le calculateur ⁽¹⁾, l'armoire « traction » ⁽²⁾, et les baies de télétransmission situés dans une salle technique à l'étage inférieur et appelée « salle des relais » ⁽³⁾.

Fig. 2 — Configuration d'une commande centralisée

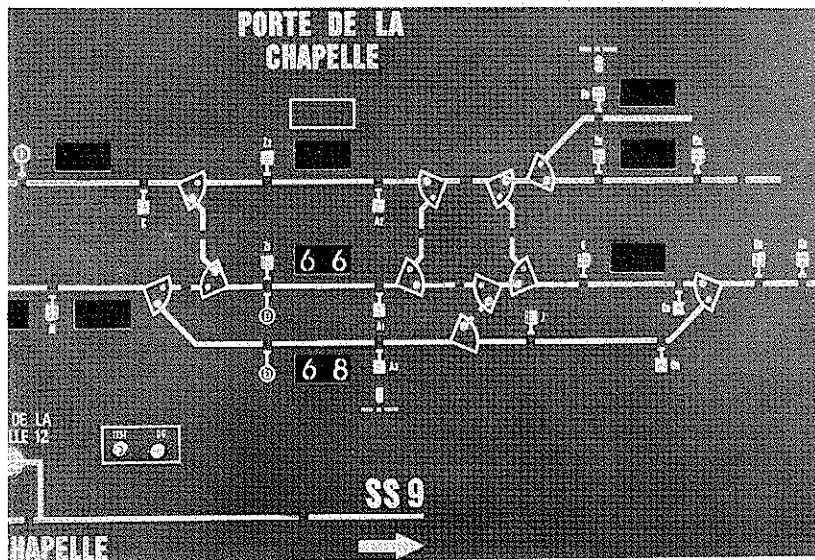
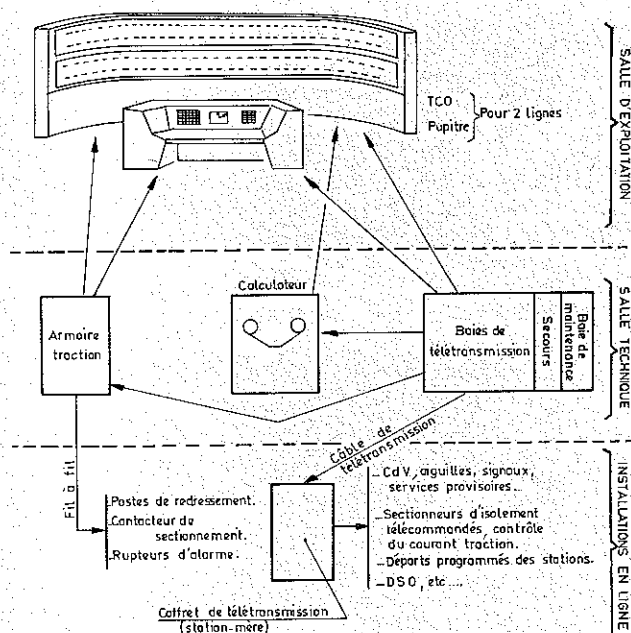


Fig. 3 — Tableau de contrôle optique

A la partie supérieure, le tracé synoptique des voies est complété par des voyants de contrôle des circuits de voie, des positions d'aiguilles, des signaux de manœuvre, des commutateurs de fosses de visite.

Des visualisateurs à deux chiffres, associés à certains circuits de voie, permettent d'identifier chaque train.

A la partie inférieure, se trouvent les voyants linéaires de contrôle de l'alimentation en courant de traction, la tirette de test de ces voyants et un bouton de déclenchement général du courant de traction.

En ligne sont répartis les équipements terminaux de la télétransmission auxquels sont reliés la plupart des appareillages contrôlés et commandés. Les autres appareillages, concernant l'alimentation en courant de traction, sont, par sécurité, reliés au poste central par fils directs.

2.2. Tableau de contrôle optique

Chaque T.C.O. (fig. 3) comporte deux parties fonctionnelles :

— l'une, relative à la circulation des trains, donne à chaque instant :

- la position de chaque train sur la ligne par la signalisation lumineuse des circuits de voie (c.d.v.) occupés et son identité par la visualisation d'un numéro à deux chiffres;
- la position des aiguilles;

- l'aspect des signaux de manœuvre;
- la possibilité de commander et de contrôler les services provisoires;

— l'autre, relative à la distribution du courant de traction, comporte :

- des voyants de contrôle (absence de tension 750 V, actionnement des rupteurs d'alarme ⁽⁴⁾);

⁽¹⁾ On entend ici par « calculateur » un ensemble informatique comportant deux unités centrales et leurs périphériques.

⁽²⁾ Cette armoire rassemble les organes du poste central, concernant la commande et le contrôle de l'alimentation en courant de traction.

⁽³⁾ Tous les postes de commande centralisée du métro urbain sont groupés dans le même bâtiment. Dans une première salle de 500 m², on trouve les équipements des lignes n° 1, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12 ainsi que ceux de la ligne de Sceaux du métro express régional. Une deuxième salle de surface équivalente recevra les équipements des autres lignes du métro urbain ainsi que ceux d'un poste de commande de la distribution d'énergie sur les réseaux.

⁽⁴⁾ Les rupteurs d'alarme, installés le long de la ligne, approximativement tous les 100 m, permettent de couper le courant de traction en cas d'urgence.

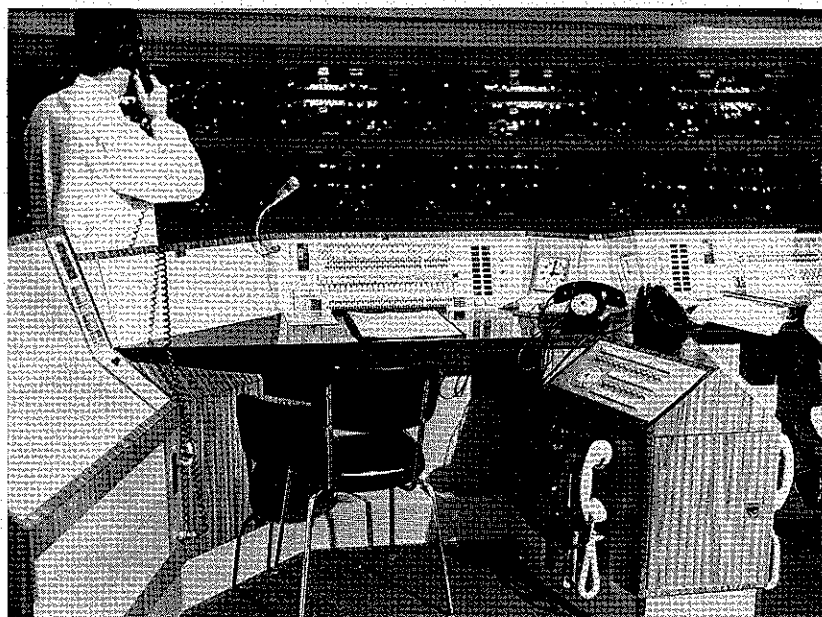


Fig. 4 — Pupitre du chef de régulation de la ligne n° 8

On voit sur ce pupitre, couplé avec celui de la ligne n° 9, de gauche à droite :

- une platine téléphonique pour les liaisons avec les trains ;
- une platine de réserve pour la commande des terminus ;
- une platine « trafic » pour les liaisons téléphoniques avec les chefs de station, les postes de signaux de manœuvres ainsi que pour la commande et le contrôle des indications de « départ sur ordre » et des portillons ;
- une platine d'alarmes (« traction » et « télétransmission ») ;
- des boutons de test « traction » et de déclenchement général ;
- une horloge, et sur l'épi central, la platine du téléphone de service.

- des boutons de commande des appareillages « traction » (contacteurs de sectionnement : CS; sectionneurs d'isolement télécommandés : SIT, etc.);
- des boutons de déclenchement général ou de section.

Les T.C.O. sont formés de panneaux modulaires raccordés par connecteurs aux armoires d'appareillages.

2.3. Pupitre

Dans chaque pupitre (fig. 4) sont encastrées des platines :

- de téléphonie pour les liaisons de service notamment avec les trains ⁽¹⁾;
- de commandes ou de contrôles, qui doivent être à portée de main du chef de régulation : déclenchement général du courant de traction, départs sur ordre, portillons, etc.

Des platines sont réservées pour la commande ultérieure, automatique et manuelle des départs en terminus.

2.4. Télétransmission (fig. 5)

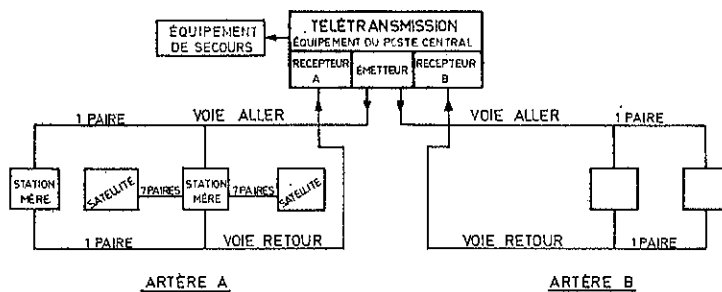
Les liaisons de commande et de contrôle entre le P.C.C. et la ligne sont pour la plupart assurées par une télétransmission électronique REDECA II de la C.S.E.E.

Chaque ligne comprend son propre équipement. Ce système utilise des registres à décalage à l'émission et à la réception, ce qui permet, par l'intermédiaire d'une horloge « pilote », de transférer les messages porteurs d'informations :

- sur la voie « aller », du poste central vers toutes les stations-mères;
- sur la voie « retour », en sens inverse.

Au poste central, des messages « aller » sont émis cycliquement. Ces messages portent obligatoirement une adresse d'interrogation d'un groupe de contrôles (tous ces groupes sont donc interrogés cycliquement) et éventuellement l'information d'une commande à transmettre (cette information concerne l'adresse et la nature de la commande). L'adresse d'interrogation, définie par le cycle d'exploration, et l'adresse de la commande, liée à un événement aléatoire, correspondent en général à des stations différentes. Les messages « aller » ainsi constitués sont chassés du poste central, par décalage bit à bit, et transmis par la voie « aller » à toutes les stations, connectées en parallèle. La station qui reconnaît une adresse d'interrogation substitue au message emmagasiné

Fig. 5 — Principe de la télétransmission



(1) Système de téléphonie par courant porteur circulant entre les rails de roulement et les barres de courant.

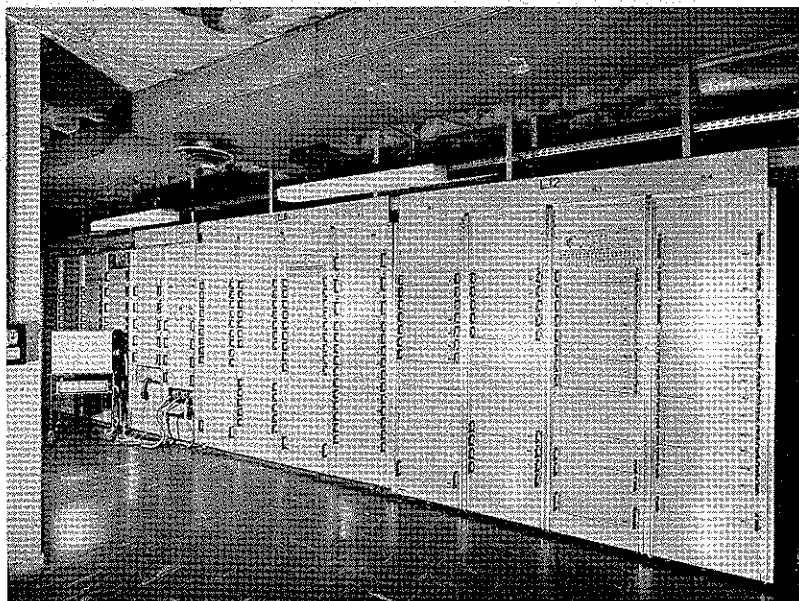


Fig. 6 - Armoires de télétransmission au poste central

De gauche à droite :

- l'armoire de maintenance composée du poste central de secours et d'une baie de test reliée à l'équipement d'une station-mère (banalisée pour les 4 lignes);
- deux armoires « quadruple » identiques, l'une concerne le poste central de la ligne n° 8, l'autre celui de la ligne n° 12.

A gauche du poste central de secours, sont installées deux armoires « quadruple » identiques pour les lignes n° 3 et 9.

Ci-dessous : Fig. 7 - Équipement de télétransmission d'une station-mère

A la partie supérieure, le coffret de « télétransmission » regroupe l'équipement électronique; sur le côté arrivent trois connecteurs; l'un sert de raccordement au châssis, l'autre de test pour la maintenance, le troisième personnalise la Station en lui attribuant ses adresses « Station » et « groupe ».

Sur le châssis, sont installés, de haut en bas :

- le coffret de « mémorisation » à relais constituant le terminal des commandes normales et le point de rassemblement des télécontrôles, qui est raccordé au châssis par connecteur;

- les fusibles;
- les alimentations;
- les relais terminaux des commandes de haute fiabilité;
- le répartiteur de raccordement des câbles.

dans un registre, un message « retour » caractérisant l'état des contrôles du groupe interrogé (30 positions binaires par groupe).

La station qui reconnaît l'adresse de la commande, prend en compte la commande correspondante (excitation d'un relais de sortie). Par décalage bit à bit, seul le message « retour » chargé des contrôles est transmis de la station interrogée au poste central pour prise en compte (sortie de chaque contrôle sur relais). En fait les déplacements bit à bit des messages « aller » et « retour » sont simultanés car le registre du poste central, la voie « aller », les registres de station et la voie « retour » forment un « anneau » dans lequel les messages tournent d'une façon pseudo-continue.

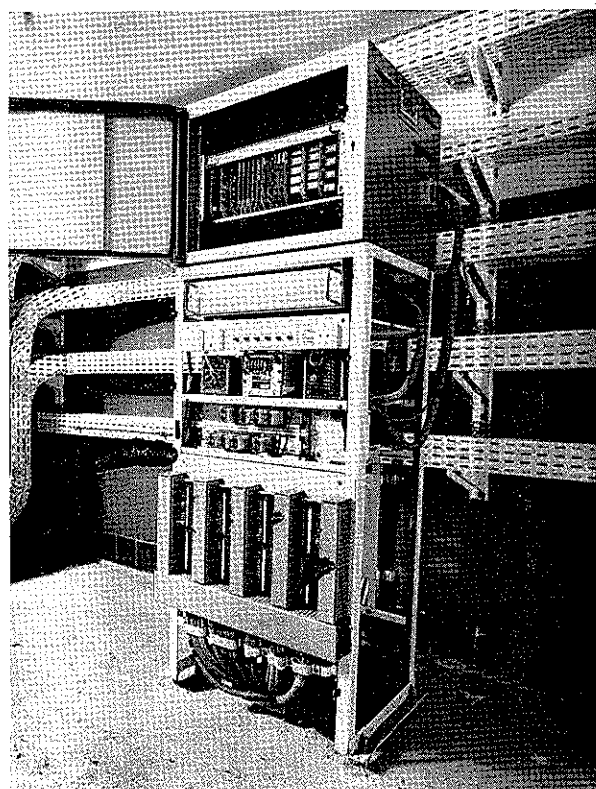
Le temps de réponse du système (temps d'exécution d'une commande, durée du cycle de scrutation des contrôles), ainsi que des raisons économiques, ont conduit à définir une structure de ligne comportant :

- deux artères A et B pour les voies « aller » et « retour » ⁽¹⁾;
- des stations-mères reliées au poste central et auxquelles sont raccordées, par codage simple, une ou deux stations satellites ne comportant ainsi qu'un appareillage simplifié.

Les caractéristiques principales des équipements sont les suivants :

— au P.C.C. (fig. 6) :

- un poste central pour chaque ligne, constitué d'une armoire « quadruple » dont les trois premières baies sont équipées de relais pour les télécontrôles, la quatrième rassemblant les modules « émission », « réception » et traitement des

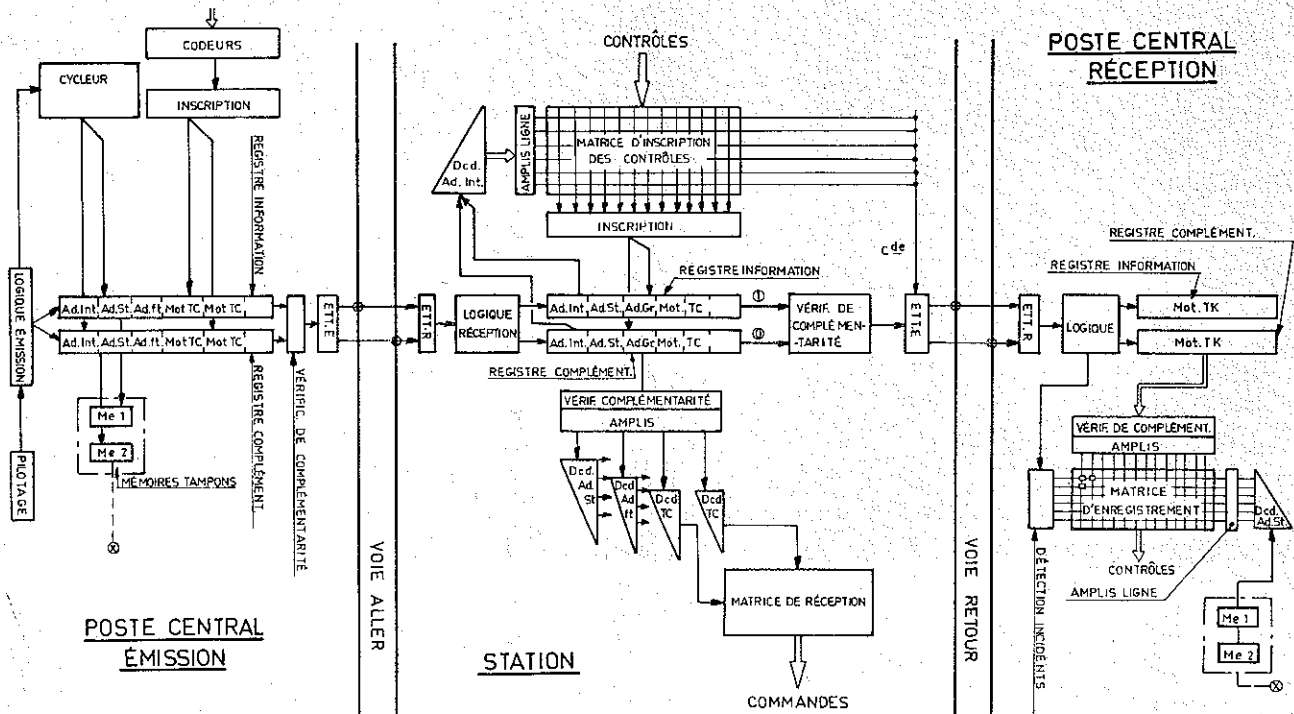


informations; les équipements sont montés dans des tiroirs raccordés au châssis par connecteurs;

- un équipement de secours comportant essentiellement l'appareillage de transmission d'un poste central (émetteur, récepteur); il se substitue automatiquement à l'un des quatre postes en cas de défaillance de l'un d'eux;

⁽¹⁾ Dans le message « aller » envoyé simultanément sur les deux voies « aller », l'adresse d'interrogation des contrôles correspond à deux stations-mères (une sur l'artère A, l'autre sur l'artère B) qui répondent chacune et simultanément sur leur voie de retour propre.

Fig. 8 — Organisation de la télétransmission



- une baie de maintenance permettant de tester tous les équipements de télétransmission du poste central et de la station; elle sert à l'ensemble des installations des quatre lignes;
- dans les stations-mères (fig. 7), des coffrets de « télétransmission » et de « mémorisation »; ces coffrets sont standards, interchangeables et transportables;
- dans les stations satellites, un équipement qui est le prolongement de celui de la station-mère, mais ne comporte essentiellement qu'un châssis, support d'un coffret de « mémorisation » et d'un répartiteur.

2.4.1. Caractéristiques de la télétransmission

L'émission en ligne est réalisée avec une rapidité de modulation de 1 200 bauds; la fréquence porteuse est de 12 kHz, à déplacement de fréquence ($\pm 1\,200$ Hz).

La structure des signaux est trivalente; le niveau d'émission des signaux en ligne est de 5 V.

Chaque message « aller » est constitué de 32 digits dont 6 codés en binaire pour l'adresse d'interrogation des contrôles (avec 1 digit de parité) et 4 groupes de 5 pour l'envoi d'une télécommande ⁽¹⁾ :

- les deux premiers groupes définissent le mot de télécommande. Les codages sont réalisés en combinaison C_5^2 et C_5^3 , leur utilisation est fonction du niveau de sécurité demandé;

- chaque message « retour » est composé de 31 bits dont 30 utiles;
- la durée d'un message et de l'intervalle message est de 70 ms;
- l'émission d'une télécommande dure 310 ms et bloque le cycle d'interrogation des contrôles pendant 250 ms;
- la durée maximale d'un cycle de télécontrôle est de 1,89 s (27 messages);
- le temps séparant le moment où une commande est envoyée du moment où le contrôle de cette commande (contrôle du relais appartenant à la télétransmission) est affichée est au maximum de 2,2 s;
- les registres à décalage sont essentiellement réalisés par des circuits intégrés DTL, à haute immunité au bruit, sous boîtier plastique. L'installation comporte environ 12 000 circuits intégrés de ce type pour les quatre lignes;
- les relais des baies de réception des contrôles au P.C.C., du coffret de « mémorisation » en station, sont des relais miniatures SIEMENS ⁽²⁾ embrochables et montés sur circuits imprimés; l'inscription des contrôles en station s'effectue sur des relais CLARE à contacts mouillés au mercure;

⁽¹⁾ 27 digits seulement sont utilisés, mais le module à 32 digits a été rendu nécessaire pour rester conforme au message « retour ».

⁽²⁾ Certains, ceux utilisés pour le contrôle des C.D.V. notamment, sont des relais bistables à maintien magnétique.

- les relais terminaux des commandes de haute fiabilité en station sont de type MTI; ils sont embrochables (fig. 7);
- la centralisation des contrôles en station, le traitement des commandes au P.C.C. et la prise des contrôles par l'ordinateur nécessitent environ 20 000 diodes.

2.4.2. Description du fonctionnement de la liaison

La figure 8 représente le schéma d'une liaison entre le poste central et une station dans les deux sens. Les voies « aller » et « retour » y sont schématiquement représentées, d'autres stations sont également connectées sur les mêmes voies comme le montre la figure 5.

Émission du message « aller »

Le « pilotage » joue le rôle d'une « horloge » et génère des signaux chargés de faire progresser le registre à décalage double (registre information et registre complément) qui, à son tour, émet en ligne les signaux à la vitesse de 1 200 bauds.

Ces signaux sont groupés en messages émis successivement et séparés entre eux par un intervalle de temps.

Toutes les séquences nécessaires à la création d'un message et de son intervalle sont réalisées par la « logique émission » associée à un index qui se propage dans le registre double.

La commande d'intervalle-message provoque également la commande du « cycleur ».

En absence de messages de télécommande, seule l'adresse d'interrogation des contrôles (Ad. Int.) composée de 7 bits (6 en code binaire GRAY et un de parité), issue du cycleur, est inscrite dans le « registre information ». Simultanément, le complément est inscrit dans le « registre complément ». Toute erreur d'inscription qui tendrait à inscrire dans une position de même rang des deux registres, soit deux 0, soit deux 1 serait immédiatement détectée à la sortie du registre et le message refoulé.

Le code d'adresse inscrit dans le registre double est reproduit dans deux séries de « mémoires tampons » de façon à identifier le message « retour ».

Les impulsions qui sortent du « registre information » pendant la période de décalage sont prises en charge par l'équipement terminal de transmission émission (ETT. E) pour être émises en ligne sous forme d'impulsions modulées en déplacement de fréquence avec remise à zéro. (Le contenu du « registre complément » n'est ici utilisé, comme en station d'ailleurs, que pour vérification locale).

Réception en station

Les 32 impulsions qui constituent un message « aller » sont reconstituées à l'arrivée par l'équipement terminal de transmission réception (ETT. R), en impulsions démodulées, qui par l'intermédiaire de la « logique réception » attaquent le double registre.

La première impulsion est une impulsion de service qui a pour objet d'effacer le registre réception station et d'y inscrire un index.

Les 31 autres impulsions sont introduites dans le double registre à la cadence des impulsions reçues. L'index, en se déplaçant, compte le nombre de ces impulsions. Un dispositif vérifie que le rythme d'arrivée des impulsions et le contrôle de complémentarité sont corrects.

Après ces trois vérifications, le message est validé et l'adresse est décodée par le « décodage adresse d'interrogation des contrôles » (Dcd. Ad. Int.).

Ce message « aller » est reçu simultanément par toutes les stations, mais seule la station qui a reconnu son adresse est

rendue active, c'est-à-dire qu'elle va inscrire dans le message l'état de ses contrôles.

C'est le rôle de la « matrice d'inscription des contrôles » qui, physiquement, est répartie entre la station-mère et les satellites par le jeu des 14 conducteurs de liaison ⁽¹⁾.

L'équipement ETT. E de la station va alors préparer l'envoi du message « retour ».

Émission en station du message « retour »

L'arrivée du message suivant provoque :

- l'inscription des contrôles dans le registre double;
- la mise en émission effective de l'équipement ETT. E sur la voie de retour;
- l'envoi du message « retour » par décalage du « registre information ». Ainsi peut-on dire que l'arrivée d'un message chasse l'autre.

Réception du message « retour » au poste central

La réception du message au poste central est identique à celle de la station. Après introduction dans le double registre, le message subit les mêmes contrôles de validation (comptage, rythme, complémentarité).

Après contrôle, le message est décodé dans la « matrice d'enregistrement » pour finalement exciter les relais de sortie correspondants.

Émission et réception d'une télécommande

Au poste central émission, l'action origine d'une commande (manuelle ou automatique), après traitement et par l'intermédiaire d'une série de codeurs est prise en compte par les mémoires d'inscription qui l'introduisent dans le message « aller » sous forme de quatre groupes :

- une adresse station (Ad. St.) qui caractérise la station-mère;
- une adresse fonction (Ad. ft.) qui caractérise le sous-ensemble intéressé : station satellite ou station-mère elle-même;
- deux mots caractérisant la commande (Mot TC).

Les informations sont dirigées vers le registre double pendant la séquence « inscription » et sont ensuite expédiées vers la station (sans perturber l'interrogation des contrôles).

Après réception en station, le message de télécommande est décodé par les quatre décodeurs (Dcd.), ce décodage ne validant la commande que dans la station intéressée.

Le résultat est dirigé vers la matrice de réception qui, comme la matrice d'inscription des contrôles, est éclatée entre la station-mère et ses satellites.

2.5. Calculateurs

Un système informatique est utilisé pour gérer les fonctions suivantes :

- pour l'ensemble des quatre lignes : propagation des numéros de trains sur les quatre tableaux de contrôle optique (T.C.O.);
- pour les lignes n° 9 et 12 : régulation du trafic par commande des départs programmés des stations ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Dans la matrice, une ligne correspond à une adresse d'interrogation des contrôles, donc à 30 contrôles répartis entre station-mère et satellites. Une station-mère possède, en général, plusieurs adresses (le terminus de Gallieni, sur la ligne n° 3, en a 9).

⁽²⁾ Les « départs programmés » des lignes n° 9 et 12 sont décrits au chapitre 3.



Fig. 9
Calculateurs et périphériques

Au centre, deux équipements identiques, comportant chacun un calculateur CII 10 010 (20 K octets de mémoire) et une armoire « temps réel ».

A gauche, le « multiplexeur », qui sert de support au lecteur optique.

A droite, l'armoire du disque Sagem et de l'horloge externe.

Au premier plan, les deux imprimantes ASR 33.

Le calculateur utilisé est un CII - 10 010 (fig. 9) équipé :

- d'une mémoire centrale de 20 K octets,
- d'un panneau de commande et de maintenance,
- d'un téléimprimeur équipé d'un lecteur-perforateur de bande, pour la maintenance du calculateur et l'édition de messages de service : Teletype ASR 33,
- de périphériques « temps réel » constitués essentiellement de 48 lignes d'entrée à 16 bits, 8 lignes de sorties 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.

Cet ensemble est entièrement doublé avec passage automatique en cas de défaut de l'un quelconque des organes.

L'installation comporte, en outre, des périphériques non doublés, banalisés pour les deux calculateurs :

- un disque SAGEM MS 300 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 R.A.T.P.) permettant essentiellement la remise à l'heure des pendules des départ programmés,
- un lecteur optique de bande perforée pour l'entrée des programmes.

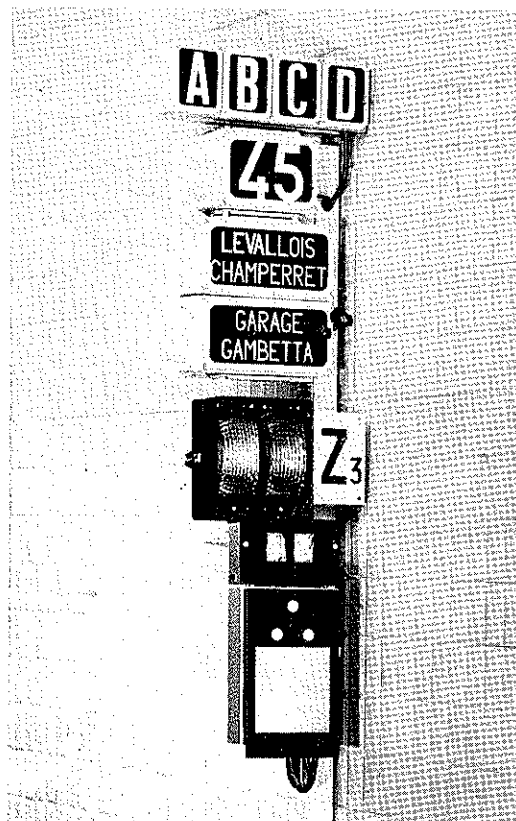
Les deux calculateurs travaillent en « temps réel », ils gèrent le même programme, mais un seul, dit

Fig. 10 — Indicateurs de départ en terminus

De haut en bas :

- des indicateurs de type de marche, vitesse, destination et garage et un signal de manœuvre (concernent les équipements de signalisation du poste de manœuvre local) ;
- un indicateur de numéro du train à partir (affiché par le calculateur, par l'intermédiaire de la télétransmission lorsque le train arrive à quai) ;
- un coffret regroupant trois indications :
 - départ sur ordre (trois lampes en triangle) commandé du PCC ;
 - AA - HS (avertisseur d'alarme hors service dans l'interstation) commandé du PCC ;
 - SS/SSO commandé à pied d'œuvre.

Ces trois indications clignotent lorsqu'elles sont commandées ; les deux dernières sont de plus, l'une de couleur bleue, l'autre rouge.



L'acquisition des données de « temps réel » (occupation de circuits de voie, état des itinéraires) se fait par lecture des contacts des relais récepteurs de contrôle de la télétransmission, par programme, en multiplexage de temps.

Cette fonction qui consiste à visualiser au T.C.O. chaque train par son numéro de service, est assurée par le système informatique.

Le numéro de service, à deux chiffres, est introduit dans le système par le conducteur qui dégare son train au terminus, grâce à un « dispositif de numérotation » relié au P.C.C. par la télétransmission.

En outre, lorsque son train est à quai départ, le conducteur peut s'assurer, en regardant un indicateur placé à proximité, que son numéro a été correctement pris en compte par le P.C.C. (fig. 10).

Lorsqu'un train de service, venant des ateliers par exemple, pénètre sur la ligne par une voie de raccordement, sa numérotation est par contre portée automatiquement « 00 ».

En voie courante, où le sens de circulation est unique, la progression des numéros de train au T.C.O. dépend essentiellement des occupations successives de circuits de voie, lesquelles sont transmises au P.C.C. par télécontrôle. Dans les zones de manœuvre, ces conditions sont complétées par les télécontrôles

La gestion de cette propagation par un calculateur présente un grand intérêt car tous les transferts de numéro d'une position à l'autre font appel au même algorithme. Cet algorithme, ne résidant qu'une seule fois dans le programme, peut donc être très performant. Il peut notamment reconstituer la situation exacte des trains sortant d'une zone qui, à la suite d'une panne, ne fournirait plus ses télécontrôles de circuit de voie.

Le programme est écrit en langage ASTROL 8. Il comporte environ 4 500 instructions de deux octets chacune. Les tables de circuits de voie, d'itinéraires occupent environ 11 K octets de mémoire centrale.

- initialisation de l'ensemble des programmes;
- gestion des interruptions et du dialogue entre les deux unités centrales;
- acquisition des données;
- traitement des informations (circuits de voie, itinéraires, numéros...);
- édition des résultats sur le T.C.O., les équipements de télétransmission et, éventuellement, le télé-imprimeur.

La figure 11 représente très schématiquement la configuration du système informatique des lignes n° 3, 8, 9 et 12.

ENTREES 44x16 FILS MULTIPLEXEES 6 FOIS

44x16x704 TRAFIC L3

44x16x704 INF ALARMES L3

MULTIPLEXEUR

CONTRÔLES TÉLÉTRANSMISSION

M1 M2

M8

L3

L8

L9

L12

ASR33

LIAISON PROGRAMMÉE (8 FILS)

COUPLEUR DISQUE

DISQUE 70K OCTETS

UC10.010 16K OCTETS (CALC.1)

REGISTRE N° DE TRAINS

REGISTRE ADDRESSES VISUALISATEURS

SORTIE 248 BITS EN PARALLÈLE ADDRESSES VISUALISATEURS (8 N° DE TRAINS)

LIAISON DIALOGUE CALC.1/CALC.2

LECTEUR RUBAN PERFORÉ

COUPLEUR TEMPS REEL

UC10.010 16K OCTETS (CALC.2)

ASR33

COUPLEUR DISQUE

REGISTRE SÉRIALISATION CALC.1

1 PAIRE INFORMATION (ADDRESSES VISUALISATEURS 108 BITS CODES EN BINAIRE N° DE TRAINS DIZ. & UNI. 2x4 BITS CODES EN BCD)

1 PAIRE HORLOGE

1 PAIRE VALIDATION

PAIRE HORLOGE

PAIRE INFORMATION N° TRAINS

VISUALISATEURS

TCO L3

TCO L8

TCO L9

TCO L12

COMMUTATION

COMMUTATION

TELECOMMANDE AFFICHAGE DES N° DE TRAINS EN TERMINUS

L3

L8

L9

L12

ADRESSE LIGNE 4 BITS

ADRESSE NUMÉROTEUR 4 BITS CODES BCD

DIZAINES & UNITÉS N° TRAINS 2x4 BITS CODES BCD

SORTIE 8 BITS ADDRESSES DE CSE DU MULTIPLEXEUR (CALC.1)

SORTIE CALC.1 12 FILS

SORTIE CALC.2 12 FILS

COMMUTATION

COMMUTATION

PROGRAMMES OPÉRATIONNELS

TABLES DES 4 LIGNES

PROGRAMMES DIALOGUES (ENTRÉE CALC & ASR33 ETC...)

TOUTES ALARMES

1 PAIRE INFORMATION (ADDRESSES VISUALISATEURS 108 BITS CODES EN BINAIRE N° DE TRAINS DIZ. & UNI. 2x4 BITS CODES EN BCD)

1 PAIRE HORLOGE

1 PAIRE VALIDATION

PAIRE HORLOGE

PAIRE INFORMATION N° TRAINS

VISUALISATEURS

TCO L3

TCO L8

TCO L9

TCO L12

COMMUTATION

COMMUTATION

TELECOMMANDE AFFICHAGE DES N° DE TRAINS EN TERMINUS

L3

L8

L9

L12

ADRESSE LIGNE 4 BITS

ADRESSE NUMÉROTEUR 4 BITS CODES BCD

DIZAINES & UNITÉS N° TRAINS 2x4 BITS CODES BCD

SORTIE 8 BITS ADDRESSES DE CSE DU MULTIPLEXEUR (CALC.1)

SORTIE CALC.1 12 FILS

SORTIE CALC.2 12 FILS

COMMUTATION

COMMUTATION

PROGRAMMES OPÉRATIONNELS

TABLES DES 4 LIGNES

PROGRAMMES DIALOGUES (ENTRÉE CALC & ASR33 ETC...)

TOUTES ALARMES

1 PAIRE INFORMATION (ADDRESSES VISUALISATEURS 108 BITS CODES EN BINAIRE N° DE TRAINS DIZ. & UNI. 2x4 BITS CODES EN BCD)

1 PAIRE HORLOGE

1 PAIRE VALIDATION

PAIRE HORLOGE

PAIRE INFORMATION N° TRAINS

VISUALISATEURS

TCO L3

TCO L8

TCO L9

TCO L12

COMMUTATION

COMMUTATION

TELECOMMANDE AFFICHAGE DES N° DE TRAINS EN TERMINUS

L3

L8

L9

L12

ADRESSE LIGNE 4 BITS

ADRESSE NUMÉROTEUR 4 BITS CODES BCD

DIZAINES & UNITÉS N° TRAINS 2x4 BITS CODES BCD

SORTIE 8 BITS ADDRESSES DE CSE DU MULTIPLEXEUR (CALC.1)

SORTIE CALC.1 12 FILS

SORTIE CALC.2 12 FILS

COMMUTATION

COMMUTATION

PROGRAMMES OPÉRATIONNELS

TABLES DES 4 LIGNES

PROGRAMMES DIALOGUES (ENTRÉE CALC & ASR33 ETC...)

TOUTES ALARMES

1 PAIRE INFORMATION (ADDRESSES VISUALISATEURS 108 BITS CODES EN BINAIRE N° DE TRAINS DIZ. & UNI. 2x4 BITS CODES EN BCD)

1 PAIRE HORLOGE

1 PAIRE VALIDATION

PAIRE HORLOGE

PAIRE INFORMATION N° TRAINS

VISUALISATEURS

TCO L3

TCO L8

TCO L9

TCO L12

COMMUTATION

COMMUTATION

TELECOMMANDE AFFICHAGE DES N° DE TRAINS EN TERMINUS

L3

L8

L9

L12

ADRESSE LIGNE 4 BITS

ADRESSE NUMÉROTEUR 4 BITS CODES BCD

DIZAINES & UNITÉS N° TRAINS 2x4 BITS CODES BCD

SORTIE 8 BITS ADDRESSES DE CSE DU MULTIPLEXEUR (CALC.1)

SORTIE CALC.1 12 FILS

SORTIE CALC.2 12 FILS

COMMUTATION

COMMUTATION

PROGRAMMES OPÉRATIONNELS

TABLES DES 4 LIGNES

PROGRAMMES DIALOGUES (ENTRÉE CALC & ASR33 ETC...)

TOUTES ALARMES

1 PAIRE INFORMATION (ADDRESSES VISUALISATEURS 108 BITS CODES EN BINAIRE N° DE TRAINS DIZ. & UNI. 2x4 BITS CODES EN BCD)

1 PAIRE HORLOGE

1 PAIRE VALIDATION

PAIRE HORLOGE

PAIRE INFORMATION N° TRAINS

VISUALISATEURS

TCO L3

TCO L8

TCO L9

TCO L12

COMMUTATION

COMMUTATION

TELECOMMANDE AFFICHAGE DES N° DE TRAINS EN TERMINUS

L3

L8

L9

L12

ADRESSE LIGNE 4 BITS

ADRESSE NUMÉROTEUR 4 BITS CODES BCD

DIZAINES & UNITÉS N° TRAINS 2x4 BITS CODES BCD

SORTIE 8 BITS ADDRESSES DE CSE DU MULTIPLEXEUR (CALC.1)

SORTIE CALC.1 12 FILS

SORTIE CALC.2 12 FILS

COMMUTATION

COMMUTATION

PROGRAMMES OPÉRATIONNELS

TABLES DES 4 LIGNES

PROGRAMMES DIALOGUES (ENTRÉE CALC & ASR33 ETC...)

TOUTES ALARMES

1 PAIRE INFORMATION (ADDRESSES VISUALISATEURS 108 BITS CODES EN BINAIRE N° DE TRAINS DIZ. & UNI. 2x4 BITS CODES EN BCD)

1 PAIRE HORLOGE

1 PAIRE VALIDATION

PAIRE HORLOGE

PAIRE INFORMATION N° TRAINS

VISUALISATEURS

TCO L3

TCO L8

TCO L9

TCO L12

COMMUTATION

COMMUTATION

TELECOMMANDE AFFICHAGE DES N° DE TRAINS EN TERMINUS

L3

L8

L9

L12

ADRESSE LIGNE 4 BITS

ADRESSE NUMÉROTEUR 4 BITS CODES BCD

DIZAINES & UNITÉS N° TRAINS 2x4 BITS CODES BCD

SORTIE 8 BITS ADDRESSES DE CSE DU MULTIPLEXEUR (CALC.1)

SORTIE CALC.1 12 FILS

SORTIE CALC.2 12 FILS

COMMUTATION

COMMUTATION

PROGRAMMES OPÉRATIONNELS

TABLES DES 4 LIGNES

PROGRAMMES DIALOGUES (ENTRÉE CALC & ASR33 ETC...)

TOUTES ALARMES

1 PAIRE INFORMATION (ADDRESSES VISUALISATEURS 108 BITS CODES EN BINAIRE N° DE TRAINS DIZ. & UNI. 2x4 BITS CODES EN BCD)

1 PAIRE HORLOGE

1 PAIRE VALIDATION

PAIRE HORLOGE

PAIRE INFORMATION N° TRAINS

VISUALISATEURS

TCO L3

TCO L8

TCO L9

TCO L12

COMMUTATION

COMMUTATION

TELECOMMANDE AFFICHAGE DES N° DE TRAINS EN TERMINUS

L3

L8

L9

L12

ADRESSE LIGNE 4 BITS

ADRESSE NUMÉROTEUR 4 BITS CODES BCD

DIZAINES & UNITÉS N° TRAINS 2x4 BITS CODES BCD

SORTIE 8 BITS ADDRESSES DE CSE DU MULTIPLEXEUR (CALC.1)

SORTIE CALC.1 12 FILS

SORTIE CALC.2 12 FILS

COMMUTATION

COMMUTATION

PROGRAMMES OPÉRATIONNELS

TABLES DES 4 LIGNES

PROGRAMMES DIALOGUES (ENTRÉE CALC & ASR33 ETC...)

TOUTES ALARMES

1 PAIRE INFORMATION (ADDRESSES VISUALISATEURS 108 BITS CODES EN BINAIRE N° DE TRAINS DIZ. & UNI. 2x4 BITS CODES EN BCD)

1 PAIRE HORLOGE

1 PAIRE VALIDATION

PAIRE HORLOGE

PAIRE INFORMATION N° TRAINS

VISUALISATEURS

TCO L3

TCO L8

TCO L9

TCO L12

COMMUTATION

COMMUTATION

TELECOMMANDE AFFICHAGE DES N° DE TRAINS EN TERMINUS

L3

L8

L9

L12

ADRESSE LIGNE 4 BITS

ADRESSE NUMÉROTEUR 4 BITS CODES BCD

DIZAINES & UNITÉS N° TRAINS 2x4 BITS CODES BCD

SORTIE 8 BITS ADDRESSES DE CSE DU MULTIPLEXEUR (CALC.1)

SORTIE CALC.1 12 FILS

SORTIE CALC.2 12 FILS

COMMUTATION

COMMUTATION

PROGRAMMES OPÉRATIONNELS

TABLES DES 4 LIGNES

PROGRAMMES DIALOGUES (ENTRÉE CALC & ASR33 ETC...)

TOUTES ALARMES

1 PAIRE INFORMATION (ADDRESSES VISUALISATEURS 108 BITS CODES EN BINAIRE N° DE TRAINS DIZ. & UNI. 2x4 BITS CODES EN BCD)

1 PAIRE HORLOGE

1 PAIRE VALIDATION

PAIRE HORLOGE

PAIRE INFORMATION N° TRAINS

VISUALISATEURS

TCO L3

TCO L8

TCO L9

TCO L12

COMMUTATION

COMMUTATION

TELECOMMANDE AFFICHAGE DES N° DE TRAINS EN TERMINUS

L3

L8

L9

L12

ADRESSE LIGNE 4 BITS

ADRESSE NUMÉROTEUR 4 BITS CODES BCD

DIZAINES & UNITÉS N°

Le travail du calculateur se décompose en trois parties principales :

- l'acquisition des données;
- le traitement des données avec l'élaboration des résultats;
- la sortie des résultats.

A ces parties principales, il faut ajouter un programme de lancement et le dialogue entre les deux calculateurs.

En effet, pour rendre le système plus fiable, celui-ci est composé de deux calculateurs dont l'un est prêt à pallier toute défaillance de l'autre. Les deux calculateurs gèrent le même programme, mais un seul dit « pilote » assure l'ensemble des « sorties » et synchronise les « entrées » de l'autre sur les siennes.

Acquisition des données

Les données sont regroupées sur 44 liaisons de 16 bits gérées par un multiplexeur commandé par programme.

L'acquisition des informations relatives à une ligne se fait, sur interruption, toutes les deux secondes.

Traitement des données propres à l'identification des trains

Numérotation

Le calculateur décode le numéro émis par le dispositif de numérotation du terminus, va chercher en mémoire le numéro du c.d.v. correspondant au point de composition et y range le numéro du train.

Propagation des numéros

Dans le cas général, cette propagation s'effectue d'amont en aval à la réception des changements d'état des circuits de voie. Des modules de traitement spéciaux permettent d'assurer une propagation correcte :

- lorsque certains circuits de voie sont défectueux, c'est-à-dire qu'ils ne changent pas d'état;
- dans les zones de manœuvre où la propagation peut se faire d'aval en amont et d'une voie sur l'autre;
- lorsqu'un train entre en ligne ou en sort par un raccordement entre lignes; dans le premier cas, le calculateur lui attribue le numéro 00, dans le second cas, il supprime son numéro.

Affichage des numéros en terminus

Pour cet affichage, le calculateur dispose en mémoire d'une table des c.d.v. comportant un visualisateur de quai de départ (fig. 10). A l'occupation du c.d.v., le numéro de train est transmis à ce visualisateur de quai en même temps qu'au T.C.O.

Sortie des résultats : visualisation des numéros de trains au T.C.O.

L'affichage des numéros au T.C.O. est commandé par un dispositif périphérique particulier.

Ce dispositif est composé :

- d'un « sérialisateur » transformant les informations « parallèles » issues du calculateur en informations « série » destinées aux 4 T.C.O.;
- d'un décodeur qui, à partir de ces informations « séries », commande les visualisateurs à deux chiffres.

Pour un c.d.v., les informations se composent :

- d'un mot d'adresse de 10 bits, codés en binaire, pour chaque visualisateur,
- du numéro de train codé en B.C.D. (2×4 bits).

La distribution des informations en mode « séries », sur le millier de visualisateurs que comportent les T.C.O., permet de réduire le nombre des fils de liaison.

Le *sérialisateur* est relié au calculateur par deux sorties de 8 bits ⁽¹⁾ sur lesquelles arrivent successivement le mot d'adresse du visualisateur et le numéro de train correspondant. Ces deux messages sont pris en mémoire par deux registres différents; un repère permet d'identifier la transition des deux informations.

Une horloge interne indépendante à 270 kHz fixe le rythme de transmission.

Trois informations sortent du sérialisateur :

- un ordre de validation permettant de repérer l'adresse et le numéro dans le message;
- l'adresse suivie du numéro;
- les tops « horloge ».

Le *décodeur d'adresse* est relié à chaque visualisateur par deux paires (« information » et « top horloge »).

A partir des informations « série » issues du sérialisateur, le décodeur sélectionne le visualisateur intéressé par décodage d'adresse et transmet sur la paire « information » de ce visualisateur le numéro à afficher, toujours codé en série. Le décodage du numéro et la commande des tubes « NIXIE » sont assurés par le registre 2×4 bits du visualisateur.

2.6. Traction

Les liaisons avec les appareillages « traction » en ligne sont réalisées les unes en fil à fil (liaisons de sécurité), les autres par télétransmission.

La logique des divers circuits « traction » est assurée par des relais montés sur châssis dans une armoire (fig. 12); l'alimentation de ces relais est réalisée à partir de l'ensemble batteries-chargeurs installé pour les équipements « traction » de toutes les lignes du métro urbain.

2.7. Divers

Un réseau de câbles par fonction : télétransmission (câbles mauves) et traction (câbles rouges) est actuellement constitué; il permet de relier le P.C.C. aux armoires de répartition des diverses lignes où aboutissent les circuits de chaque ensemble à commander ou contrôler.

3 - LES « DÉPARTS PROGRAMMÉS DES STATIONS » SUR LES LIGNES N° 9 et 12

3.1. Fonctions

Le dispositif de « départs programmés des stations » exprime ses ordres sous la forme :

- d'un *indicateur de quai*, placé au point d'arrêt du train et affichant à l'intention du conducteur :

- le type de marche imposé,
- l'heure décalée, propre à la marche type ⁽²⁾,

⁽¹⁾ Cette sortie de deux fois 8 fils est nécessitée par les 10 bits parallèles du mot d'adresse (10 bits en binaire = 1 024 adresses).

⁽²⁾ La notion d'heure décalée est précisée plus loin.

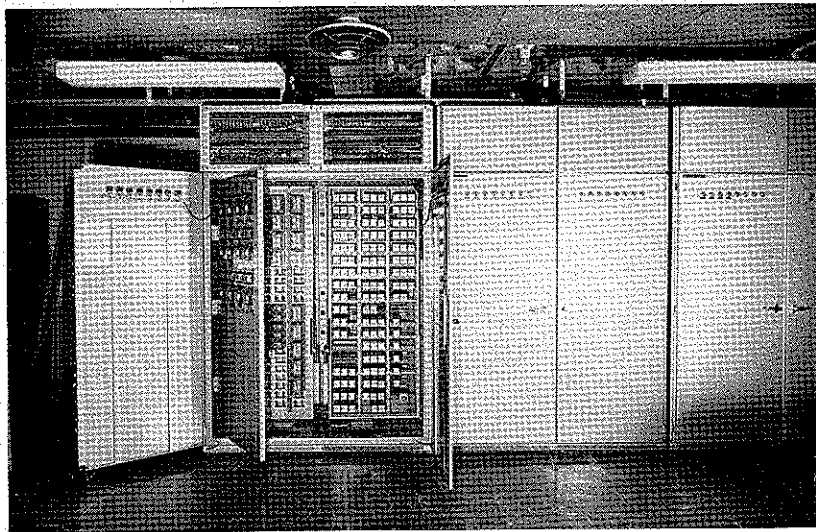


Fig. 12 — Armoire d'appareillage
« traction »

Chaque ligne est équipée d'une armoire « traction » de conception identique :

- les câbles de liaison arrivent sur un répartiteur frontal ;
- les portes sont équipées de voyants de discordance (un par PR) ;
- à l'intérieur, sur châssis pivotants, sont installés :
 - au premier plan, à gauche, des plaquettes de réglage ;
 - à l'arrière, à gauche, les relais de sécurité, type NSI ;
 - à droite, les relais secondaires type MORS 2001.

- l'intervalle de temps réel avec le train précédent,
- le temps réel de stationnement ⁽¹⁾ ;

- d'un bruiteur annonçant au conducteur et aux voyageurs l'échéance du temps de stationnement ⁽¹⁾ ;
- de la commande, au moment prévu, définie plus loin, de la fermeture des portillons automatiques.

3.1.1. Types de marche

Quatre types de marche A, B, C et D sont prévus sur le métro urbain. Ils correspondent respectivement à l'affluence du soir, à celle du matin, aux heures creuses de la journée et au service de nuit.

Le type de marche est donné par le chef de départ au terminus, et porté à la connaissance du chef de régulation au P.C.C. Lorsqu'un nouveau type de marche est commandé pour un train, l'ordre est pris en charge par le calculateur du poste central et transmis en station au fur et à mesure de l'avance de ce train.

3.1.2. Heure décalée

C'est l'heure légale diminuée du temps de parcours théorique, lequel, propre à une marche type donnée et à une station donnée, est égal au temps qui doit s'écouler entre le départ effectif du train au terminus et le départ de ce train de la station considérée.

Pour chaque quai de station, les quatre valeurs de temps de parcours (une par marche type) sont prédéterminées dans l'appareillage local et sélectionnées par le type de marche envoyé par le calculateur.

Pour suivre son horaire, le conducteur doit partir de chaque station lorsque l'heure décalée coïncide avec son heure de départ du terminus.

3.1.3. Intervalle

L'intervalle est affiché dans chaque station ; il représente le temps écoulé depuis le départ du train

précédent. Il est initialisé par la pédale de « sortie » de la station.

3.1.4. Temps de stationnement

Il n'est affiché que dans les stations les plus chargées de la ligne.

Le compteur du temps de stationnement est initialisé par une pédale d'« arrêt » située un peu avant le point d'arrêt théorique du train. La remise à zéro est effectuée au franchissement de la pédale de « sortie ».

3.1.5. Commande des bruiteurs

La fin du temps de stationnement prévu à l'horaire est matérialisée par le fonctionnement de bruiteurs qui ne sont donc installés que sur les quais dont les indicateurs affichent le temps de stationnement.

Les bruiteurs ne sont commandés qu'en marche A et B, c'est-à-dire aux heures d'affluence.

Un peu avant la fin du temps de stationnement prévu, les bruiteurs avertissent :

- les voyageurs, que les portes du train vont être fermées,
- le conducteur, qu'il doit entamer la procédure de départ.

Pour différencier les deux voies, le son est émis à un seul ton sur la voie n° 1 et à deux tons alternés sur la voie n° 2.

Si le temps écoulé depuis le départ du train précédent est supérieur à un certain seuil, les bruiteurs sont actionnés avec quelques secondes d'avance afin de permettre à ce train de résorber peu à peu son retard.

⁽¹⁾ Dans les stations les plus chargées seulement.

Au P.C.C., le chef de régulation a la possibilité d'annuler cette « réduction du temps de stationnement » sur toute une voie.

3.1.6. Fermeture chronométrique des portillons

La fermeture et l'ouverture des portillons d'accès aux quais sont normalement assurées par le train à son entrée et à sa sortie de station par actionnement de pédales.

Dans les stations importantes de la ligne, une fermeture chronométrique (c'est-à-dire automatique au bout d'un temps donné après le départ du train) est effectuée en marche A ou B.

Pour tous les types de marche, l'ouverture reste commandée par la pédale de « sortie ».

Initialisé par le franchissement de la pédale de « sortie », un compteur provoque la fermeture automatique des portillons du quai considéré au bout d'un temps « T » (deux temps T1 et T2 sont prévus pour chacune des marches A ou B).

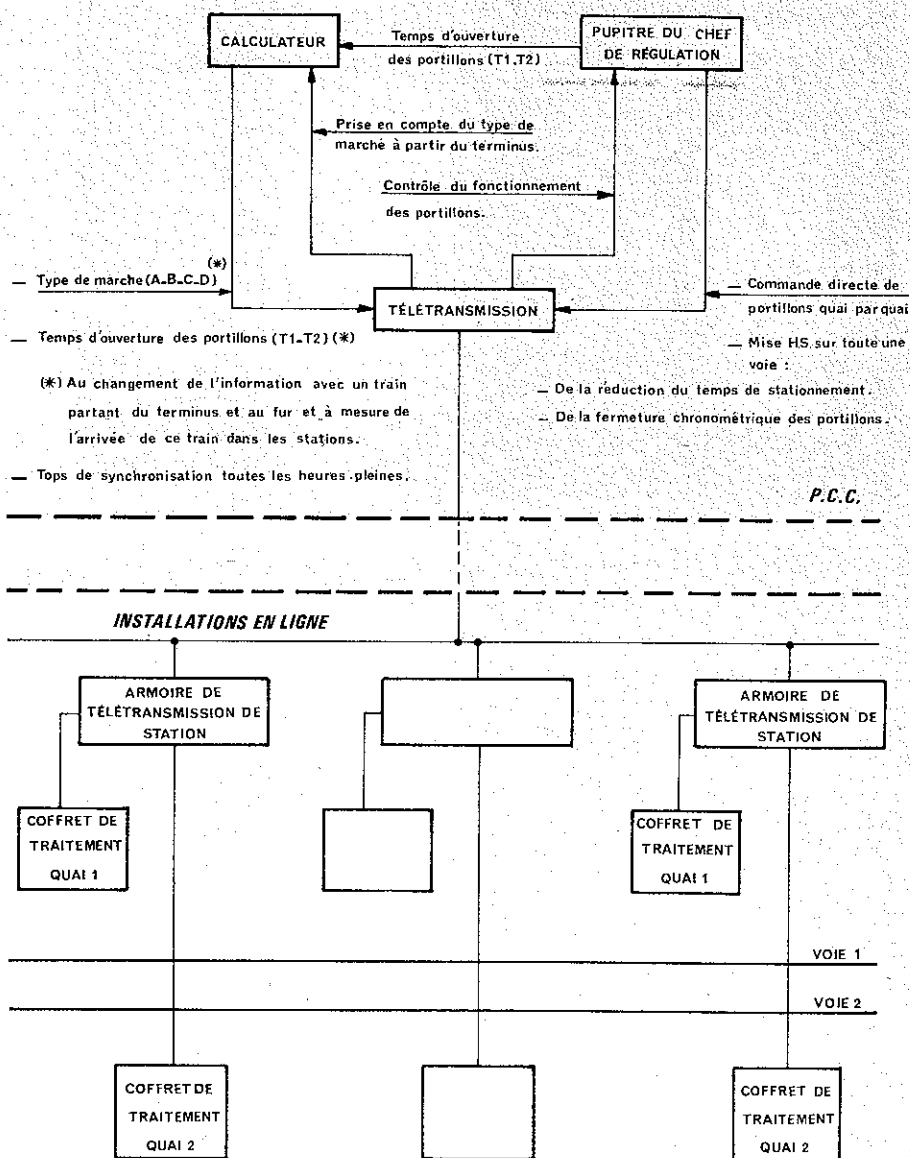
Ainsi le temps d'ouverture des portillons, donc le nombre de voyageurs admis sur le quai, est-il, aux heures de pointe, approximativement le même quel que soit le retard ou l'avance du train suivant.

Du P.C.C., le chef de régulation peut :

- ouvrir et fermer immédiatement les portillons quai par quai;
- choisir T1 ou T2;
- annuler la fermeture chronométrique des portillons voie par voie, cette fermeture se rétablit alors, station par station, avec le premier train partant du terminus après la commande de remise en service.

En station, un commutateur autorise ou non la mise en service locale de cette chronométrie.

Fig. 13 — Principe des « départs programmés des stations »



3.2. Description des installations

La configuration du système est présentée sur la figure 13.

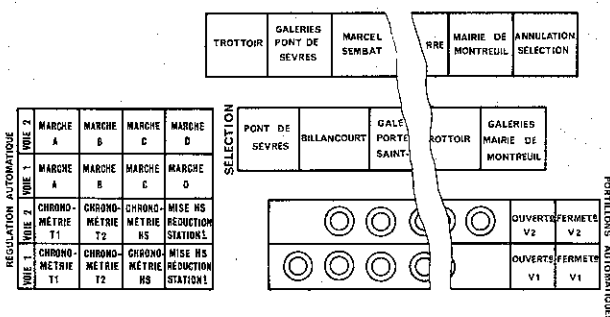
3.2.1. Équipement du P.C.C. et télétransmission

Le calculateur, le pupitre du chef de régulation et la télétransmission sont ceux utilisés pour la commande centralisée.

Outre le type de marche et le temps d'ouverture des portillons (T1 ou T2), le calculateur envoie toutes les heures pleines, des tops de synchronisation à partir d'une horloge synchronisée sur le réseau horaire de la R.A.T.P.

La figure 14 représente la platine du pupitre de la ligne n° 9, à la disposition du chef de régulation.

Fig. 14 — Platine de commande des « départs programmés » de la ligne n° 9



3.2.2. Équipement des stations

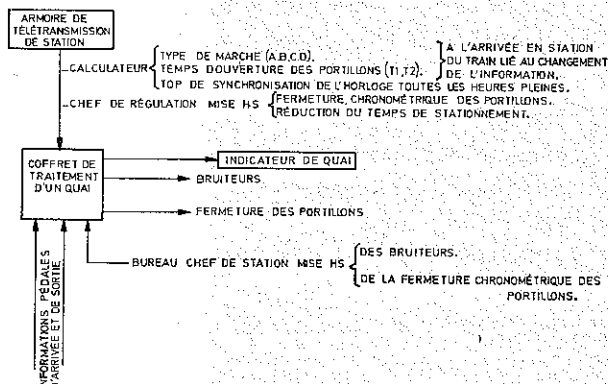
La figure 15 montre l'équipement d'un quai.

Outre les informations transmises par le canal de la télétransmission et issues soit du calculateur, soit du pupitre du chef de régulation, arrivent également au coffret de traitement, des informations locales concernant soit le mouvement des trains (pédales d'« arrêt » et de sortie), soit des décisions prises par le chef de station.

Enfin, c'est à partir du coffret de traitement que se font :

- les affichages sur l'indicateur de quai,
- la commande des bruiteurs,
- la commande de fermeture des portillons.

Fig. 15 — « Départs programmés » Équipement d'une station



3.2.2.1. Coffret de traitement

Il est représenté sur la figure 16.

D'un poids de 25 kg environ et montés sur connecteurs, tous les coffrets sont interchangeables.

Toute la logique électronique est composée de circuits intégrés et montée sur cartes enfichables ainsi que les différents relais de contrôles et de commande.

Une horloge synchronisée par les tops horaires issus du calculateur délivre des tops secondes à partir d'un diapason à 1 000 Hz et pilote les différents compteurs. Une batterie lui assure une autonomie supérieure à une heure.

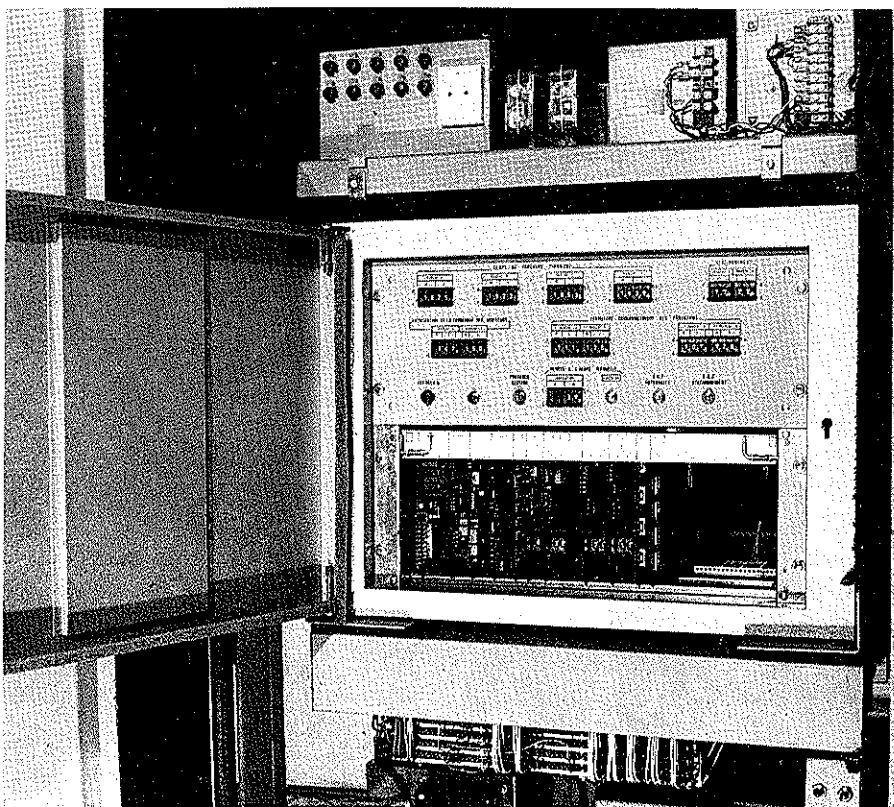


Fig. 16 — Coffret de traitement

Il est logé dans une armoire sur chaque quai de la station.

Au-dessus du coffret proprement dit, se trouvent, de gauche à droite, les fusibles, l'oscillateur des bruiteurs et son amplificateur et deux coffrets d'alimentations diverses.

Sur le coffret, à la partie supérieure, apparaissent, sur une platine, les différents cadrans de pré-sélection.

A la partie inférieure du coffret sont logées les cartes électroniques enfichables.

3.2.2.2. Indicateur de quai

Comme on peut le voir sur la figure 17, l'indicateur de quai affiche de haut en bas :

- le type de marche,
- l'heure corrigée,
- le temps écoulé depuis le départ du train précédent,
- le temps de stationnement (ici zéro car le train n'est pas encore à quai; on voit en effet que le train précédent n'est parti que depuis 6 secondes).

3.2.2.3. Bruiteurs et commande des portillons

Les « bruiteurs » sont en pratique des haut-parleurs répartis sur le quai et alimentés par un oscillateur suivi d'un amplificateur.

La commande de fermeture des portillons et l'inhibition de l'ordre venant de la pédale d'« entrée » sont transmises par câble directement au coffret des portillons de quai.

4 - CONCLUSION — RÉSULTATS OBTENUS

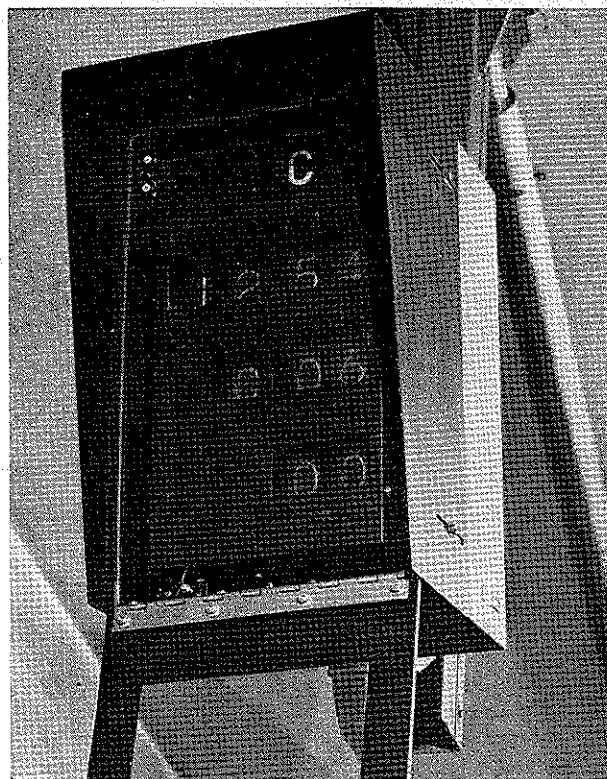
L'amélioration que les *commandes centralisées* ont apportée à l'exploitation des lignes est considérable. En effet :

- la surveillance de la ligne qu'exerce le P.C.C. permet de contrôler à tout moment la régularité de l'espacement des trains, d'éviter l'aggravation d'une perturbation naissante et d'assurer ainsi l'utilisation optimale de la capacité du transport disponible;
- la résolution des incidents s'effectue plus rapidement grâce à l'intervention immédiate du chef de régulation au moyen des liaisons téléphoniques directes dont il dispose, notamment avec les agents des trains;
- la mise en action très rapide des services provisoires par le P.C.C. limite les conséquences de tout accident sur l'exploitation de l'ensemble de la ligne.

Ces résultats, évidents pour ceux qui participent à la vie des lignes, sont difficilement chiffrables car ils se manifestent lors d'événements essentiellement aléatoires.

On peut toutefois citer cet exemple : en décembre 1966 (mois le plus chargé de l'année), avant la mise en service du P.C.C. sur la ligne n° 1, les jours ouvrables, le retard journalier moyen à la fin de la période d'affluence du soir avait atteint 19 mn 35 s; il n'était plus que de 5 mn 25 s en décembre 1967, après la mise en service du P.C.C. En décembre 1971, il était tombé à 2 mn 20 s.

Fig. 17 — Indicateur de quai



De plus, l'existence du P.C.C. permet, grâce à ses équipements de télécommunications et de télécommande, de faire circuler les trains de conception moderne avec un seul agent à bord et également d'envisager l'exploitation des stations avec un personnel réduit.

En ce qui concerne les *départs programmés*, les résultats sont plus précis :

L'installation des départs programmés sur les lignes n° 9 et 12 a permis d'obtenir les résultats suivants :

- sur la ligne n° 9, l'intervalle a été ramené de 1 mn 45 s à 1 mn 35 s permettant ainsi, aux heures d'affluence, d'accroître de 10 % environ la capacité de transport de la ligne;
- sur la ligne n° 12, l'intervalle a été ramené de 1 mn 50 à 1 mn 40 s, ce qui correspond également à un gain de capacité de 10 %.

Après l'expérience de la ligne n° 7, ces résultats confirment l'intérêt des départs programmés qui ont permis de réduire l'intervalle minimal d'exploitation, sans modifier les caractéristiques de la voie et du matériel roulant.

En même temps qu'une augmentation possible du nombre de trains mis en ligne et donc du nombre de places offertes aux voyageurs, une plus grande régularité dans le passage des trains a été obtenue, facilitant encore l'écoulement du trafic.