

RÉGIE AUTONOME DES TRANSPORTS

ARCHIVES
PARISIENSATION



DIRECTION DES
ÉTUDES GÉNÉRALES

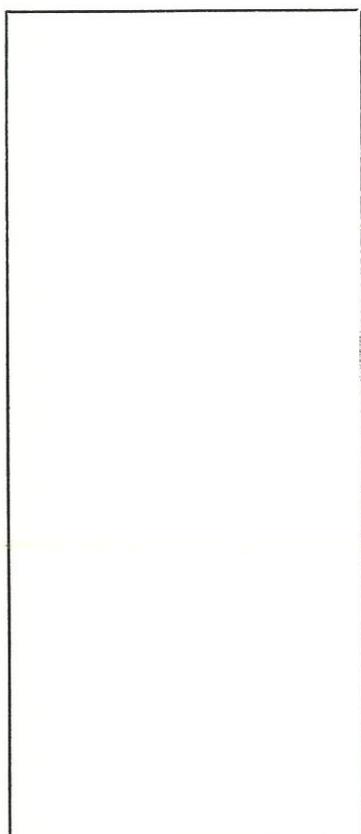
LE MÉTRO URBAIN

JUIN 1973

BID 0062

RÉGIE AUTONOME DES TRANSPORTS PARISIENS

**DIRECTION DES
ÉTUDES GÉNÉRALES**



LE MÉTRO URBAIN

JUIN 1973

GÉNÉRALITÉS

INFRASTRUCTURE ET VOIE

LES TRAINS

Caractéristiques générales du matériel	12
Composition et rôle de l'équipe du train	19

LES STATIONS

Vente et contrôle des titres de transport	21
Canalisation des voyageurs	23
Exploitation à départs programmés	25
Appareils élévateurs et translateurs	25
Eclairage - Information du public	26
Rôle du chef de station	27
Nettoisement et hygiène	28

LA LIGNE

Tracé et mode d'exploitation des terminus	29
Équipement technique des terminus - Voies de manœuvre	31
Organisation du terminus pour l'utilisation du personnel	32
Signalisation	34
Commande, contrôle et régulation de la marche des trains	36

ALIMENTATION DES LIGNES EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Postes de redressement et postes « éclairage et force »	39
Alimentation des lignes du métro urbain en courant de traction	41

ÉLÉMENTS D'ENSEMBLE DU RÉSEAU

Permanence de l'exploitation	43
Organismes divers de l'exploitation	44
Raccordements entre lignes	44
Etablissements pour l'entretien du matériel roulant	44
Entretien de la voie et des ouvrages - Trains de travaux - Atelier et parc de la voie	45
Surveillance et entretien des installations	47

LE MÉTRO URBAIN

Généralités

• Le métropolitain de Paris a été conçu, à l'origine, pour jouer un rôle exclusivement urbain, dans une ville enserrée dans des limites administratives matérialisées par des fortifications, et entourée par des communes de banlieue d'importance secondaire. Il a été créé pour remplacer de multiples lignes d'omnibus qui encombraient les rues trop étroites ; son tracé a été établi en souterrain (fig. 1 et 2), à l'exception de quelques sections en viaduc (fig. 3) permettant le franchissement des principales dépressions du relief parisien.



Fig. 1 et 2. — Tunnel de type courant.

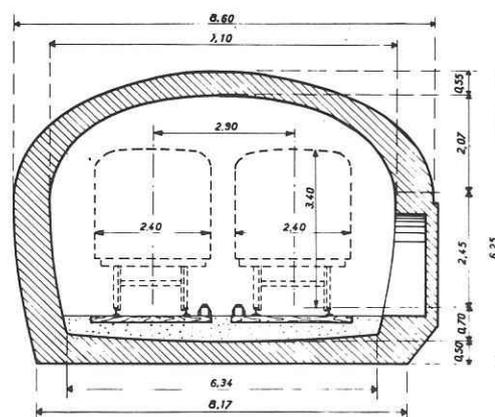


Fig. 3. — Viaduc de type courant.

- A partir de 1934, le réseau a été prolongé dans certains secteurs de proche banlieue pour faire profiter des avantages de Paris, touchant les transports, les communes les plus peuplées.

Ces données expliquent les caractéristiques essentielles du tracé et de l'exploitation du réseau :

- lignes courtes sans embranchement (à l'exception de la ligne n° 13) dont les longueurs sont comprises entre 1,3 et 19,6 km ;
- maillage serré couvrant aussi régulièrement que possible tout l'intérieur de Paris ;
- gabarit étroit du matériel (2,40 m) et courbes de faible rayon permettant de construire les lignes économiquement, à faible profondeur sous les rues ;
- stations rapprochées (interstation moyenne 536 m) et de faible longueur (75 m, 90 m ou 105 m) ;
- tarif unique quelle que soit la longueur du parcours, que le voyageur emprunte une ou plusieurs lignes (1) ;
- trains de capacité relativement faible (550 à 980 voyageurs) en raison de leur gabarit étroit et de leur longueur, mais se succédant à des intervalles courts (intervalle minimal à l'heure d'affluence : 95 s) ;
- trains parcourant chaque ligne de bout en bout, à une vitesse commerciale comprise entre 21 et 26 km/h en raison du rapprochement des stations (la vitesse maximale autorisée est de 70 km/h).

- Les 16 lignes du métro ont une longueur totale de 173,2 km, dont 163,3 km en souterrain et 9,9 km en viaduc. Elles desservent 343 points d'arrêt constituant 271 stations comptées nominativement ; sur ces 271 stations, il y a 52 stations de correspondance.



Fig. 4. — Station de type courant.

(1) Exception faite du cas du prolongement en banlieue de la ligne n° 8 au-delà de CHARENTON-ÉCOLES.

Les trains circulent « en navette » entre les deux terminus de la ligne, la durée de la course étant de l'ordre d'une demi-heure sur la plupart des lignes (40 à 50 minutes sur 4 lignes seulement).

Le service des trains sur le réseau est continu depuis 5 h 30 — premier départ de chaque terminus — jusqu'à 1 h 15, arrivée du dernier train.

La composition des trains d'une ligne, à l'exception de celle des trains de la ligne n° 13, est fixe au cours de la journée.

L'intervalle des trains, resserré aux heures d'affluence, est allongé jusqu'à 5 à 7 minutes pendant les heures creuses, les trains en excédent étant garés sur des voies dépendant des terminus.

Le trafic du réseau métropolitain est du même ordre de grandeur que celui des plus grandes villes du monde (New-York, Londres, Moscou, Tokyo) dont la majorité des mouvements collectifs de la population s'effectue (sauf à Londres) par le métro.

- Un des soucis principaux des services d'exploitation du métro est le maintien de la régularité de l'intervalle, plutôt que le respect d'un horaire déterminé. La constance de l'intervalle assure, en effet, aux heures d'affluence, le transport régulier des voyageurs qui se présentent dans les stations : le retard inopiné d'un train sur une ligne a tendance à s'accroître en raison du nombre supérieur des voyageurs qui attendent dans chaque station le train retardé. Un tel retard engendre une perturbation « en cascade » sur toute la ligne, il se reporte d'une voie sur l'autre au passage du train retardé au terminus.

- Un autre but principal, visé par l'exploitation, est la garantie de la sécurité ; cette sécurité impose des mesures tout à fait particulières dans un réseau de transport souterrain, où des concentrations très importantes de voyageurs ont lieu dans les trains, les quais et les accès des stations. Elle touche aussi bien la marche des trains que les déplacements de ces voyageurs lorsqu'ils circulent dans les stations, montent dans les voitures ou en descendent.

Le maintien de la sécurité fait appel, d'une part, à des dispositions techniques très diverses, mécaniques, électriques, électroniques, pneumatiques, et, d'autre part, à la présence d'agents de l'exploitation entraînés à prendre toutes les mesures utiles, aussi bien en service normal qu'en cas de défaillance du matériel ou des installations.

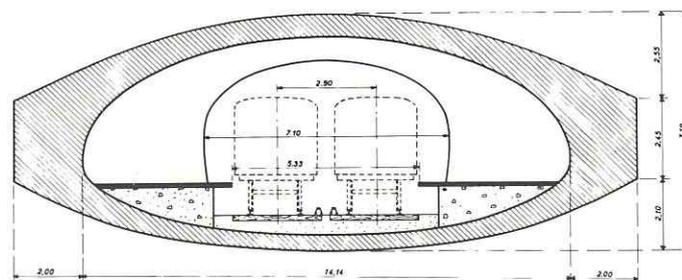


Fig. 5. — Station de type courant.

Contexture du métro urbain

(au 1^{er} octobre 1972)

Lignes	Terminus	Longueur (km)			Stations			
		totale	hors Paris	partie aérienne	en service	corres-pondances	aériennes	longueur (m)
1	Château de Vincennes Pont de Neuilly	14,6	4	0,1	23	9	1	90 (2)
2	Nation Dauphine	12,3		2,2	25	10	4	75
3	Gallieni Pont de Levallois	11,7	1,8		25	9		75 (2)
3 bis	Porte des Lilas Gambetta	1,3			4	2		75
4	Porte de Clignancourt Porte d'Orléans	10,6			26	11		90 (2)
5	Eglise de Pantin Place d'Italie	11,2	1,5	1,2	20	9	2	75
6	Nation Etoile-Charles de Gaulle	13,6		6,1	28	10	13	75
7	Porte de la Villette Mairie d'Ivry	15,4	1,6		31	9		75 (2)
7 bis	Pré-Saint-Gervais Louis-Blanc	3,1			8	3		75
8	Balard Maisons-Alfort- Les Juilliottes	19,0	5	0,3	34	11		75 (2)
9	Pont de Sèvres Mairie de Montreuil	19,6	4,6		37	11		75 (2)
10	Porte d'Auteuil Gare d'Orléans-Austerlitz	9,5			20	8		75
11	Mairie des Lilas Châtelet	6,3	0,8		13	7		75
12	Mairie d'Issy Porte de la Chapelle	13,9	1,5		28	8		75
13	tronc commun Gare Saint-Lazare	1,3						
	branche Pleyel Carrefour Pleyel	3,9	2,7		9	3		75
	branche Clichy Porte de Clichy	1,3			3	1		
	total	6,5			12	4		
14	Porte de Vanves Invalides	4,6			9	3		75
Total Réseau Métropolitain		173,2	23,5	9,9	343 (1) (271)	124 (1) (52)	20	

(1) Ce chiffre donne l'ensemble des points d'arrêt ; le chiffre entre parenthèses, celui des stations comptées nominativement.

(2) Un certain nombre de stations ont 105 mètres de longueur.

Caractéristiques d'exploitation par ligne

(Hiver 1972-1973)

Méthodes d'Exploitation (3)	Durée moyenne de la course (affluence du soir)	Vitesse commerciale (km/h)	Nombre maximal de trains	Nombre de voitures et type (4)	Nombre de départs journaliers	Intervalle minimal (s)	Voitures/km annuels (1971) (millions de V.k)
PCC - PA	34 mn 05 s	25,8	46	6 P	360	110	18,8
	34 mn 15 s	21,6	40	5 C	341	110	12,5
PCC	31 mn 15 s	22,4	39	5 F	335	105	11,7
PCC	3 mn 15 s	23,9	4	4 C	263	180	0,7
PCC - PA	29 mn 50 s	21,4	40	6 P	364	105	14,2
	29 mn 50 s	22,6	36	5 C	321	110	11
	37 mn 35 s	21,8	42	5 C	299	110	12,7
PCC - DP	42 mn 30 s	21,7	58	5 C/F	350	95	15,7
	8 mn	22,9	8	4 C	231	155	1,8
PCC	47 mn 35 s	24,0	58	5 C	343	105	18,5
PCC - DP	50 mn 05 s	23,4	66	5 C	370	95	20
	24 mn 30 s	23,3	24	4 C	295	135	6,7
PCC - PA	14 mn 45 s	25,5	15	4 P	275	145	4,2
PCC - DP	37 mn 40 s	22,1	49	5 C	357	100	14,6
	12 mn 45 s	24,6		1 ou 2 éléments de 3 voitures ART		110	
	7 mn 30 s	21,1	16		368	165	4,4
		22,9	12	4 C	278	150	3
							170,5

(3) PCC : Ligne dotée d'un poste de commande et de contrôle centralisés.
 PA : Trains équipés du pilotage automatique.
 DP : Lignes exploitées en « départs programmés ».

(4) P : Matériel sur pneumatiques.
 C : Matériel ancien.
 F : Matériel fer moderne.
 ART : Matériel articulé.

Infrastructure et voie

- Si l'on excepte quelques sections construites au bouclier, ou encore établies en tranchées couvertes, le tunnel du réseau métropolitain a été construit sur sa plus grande longueur par la méthode dite « belge » au moyen de puits et de galeries d'avancement boisées, permettant l'abattage progressif de toute la section du souterrain. Le tunnel est constitué par une voûte en « anse de panier », en maçonnerie de meullères ou de moellons, portée par des piliers en béton s'appuyant sur un radier légèrement cintré. Les dimensions intérieures du tunnel courant sont de 7,10 m de largeur sur 5,20 m de hauteur. Les stations sont également voûtées, à l'exception d'une minorité qui comporte un plafond plat métallique (constructions anciennes) ou en béton armé.

Les quais encadrent les voies, sauf quelques exceptions ; ils sont larges de 4 mètres en général et leur niveau est à 0,85 m au-dessus du rail (1,04 m pour les lignes n^{os} 1, 4 et 11, desservies par des trains sur pneumatiques), permettant l'accès dans les voitures avec une marche de 14 à 20 cm.

Le tracé des lignes comprend des rampes dépassant rarement 40 mm par mètre (ce chiffre est de 20 mm pour les chemins de fer classiques), le rayon minimal des courbes est de 75 m, et exceptionnellement de 40 m.

- La voie, d'écartement normal (1,440 m), est constituée en presque totalité par des rails de type Vignole (52 kg au mètre) posés sur traverses en bois et ballast. Sur certains tronçons, les voies ont été posées sur plate-forme en béton.

L'alimentation en courant de traction est assurée, sous tension de 750 V continu, par « 3^{eme} rail », barre de profil massif en T supportée par des isolateurs en béton isolant.

Le retour du courant s'effectue par les rails de roulement, éclissés en conséquence, qui concourent également au fonctionnement de la signalisation par « circuits de voie ».

- Trois lignes modernisées sont équipées de matériel sur pneumatiques, circulant sur une voie spéciale comprenant :

- deux longrines métalliques ou en béton armé, pour le roulement des roues porteuses sur pneumatiques (fig. 6 et 7) ;

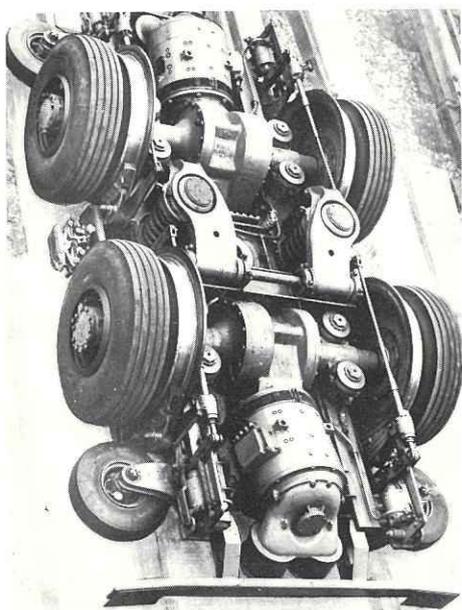


Fig. 6. — Bogie du matériel roulant sur pneumatiques.

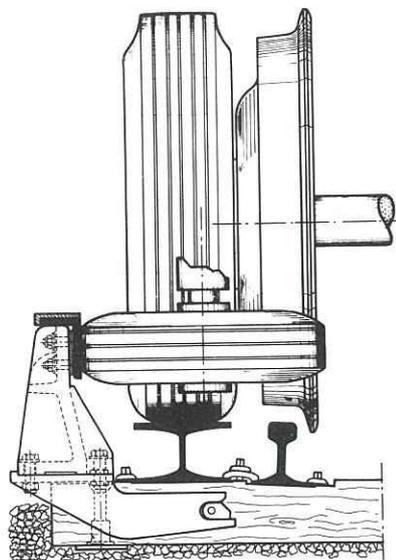


Fig. 7. — Principe du roulement sur pneumatiques.

- deux barres latérales formant chemin de roulement pour des roues de guidage munies de pneumatiques ; ces barres, montées sur isolateurs, assurent en même temps l'arrivée du courant de traction ;
- deux rails de type classique assurant :
 - le retour du courant de traction et le fonctionnement de la signalisation, grâce à des frotteurs équipant le train ;
 - l'appui de roues de sécurité en cas de crevaison d'un pneumatique ;
 - le guidage des trains par les roues de sécurité, au franchissement des appareils de voie selon le même principe que pour le matériel classique.

- La ventilation du souterrain est assurée, soit par les accès aux stations et par des baies d'aération naturelle, soit par des postes de ventilation électromécaniques (au nombre de 124) qui aspirent vers l'extérieur l'air du tunnel ou, au contraire, insufflent de l'air frais dans le souterrain.

Sur les lignes à gros débit dotées de matériel moderne, où le dégagement de chaleur dû aux caractéristiques accrues du mouvement des trains est important, des installations de réfrigération permettent de reporter les calories dégagées dans les stations vers des postes de ventilation plus ou moins éloignés.

L'épuisement des eaux d'infiltration motive la présence de 235 postes d'épuisement, généralement installés aux points bas des biefs, et dont le fonctionnement comporte de multiples dispositifs de sécurité ayant pour but d'assurer leur maintien en service en toutes circonstances.

Les trains

Caractéristiques générales du matériel

(voir planches pp. 14 à 18)

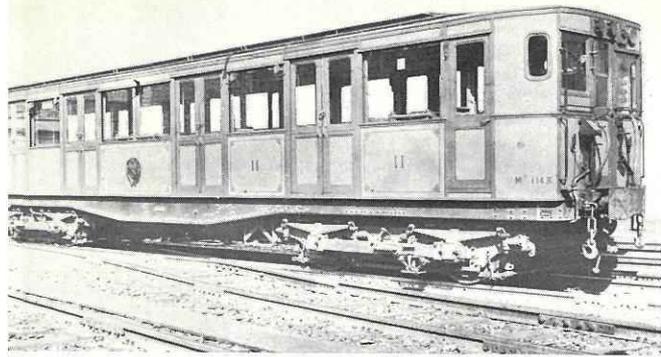
- Tout le matériel roulant en service, même le plus ancien, est de construction entièrement métallique, sur bogies.

La largeur des caisses est de 2,400 m, la hauteur au-dessus du rail de 3,430 m ; quant à la longueur de la caisse, elle est de 13,600 m pour les matériels les plus anciens : cette longueur a été portée ensuite à 14,200 m ou 14,400 m, avec entraxe des bogies de 10.000 m, ces cotes étant limitées par les courbes de faible rayon du réseau. Sur les matériels modernes, les motrices d'extrémité des trains, comportant une loge, ont été portées à 15,100 m.

- Les motrices les plus anciennes ont un seul bogie moteur ; toutes les motrices construites depuis 1927 ont leurs deux bogies moteurs. Les motrices construites jusqu'en 1953 comportaient toutes une loge de conduite ; à partir de cette date, en vue d'accroître la capacité des trains, les voitures motrices ont été spécialisées : motrices d'extrémités avec loges de conduite et motrices intermédiaires sans loge.

Des remorques sont incluses dans les rames de matériels anciens, ainsi que dans les rames du matériel sur pneumatiques. Ce dernier a d'excellentes performances d'accélération et de freinage en raison de la forte adhérence des roues.

- L'équipement de traction des motrices, à unités multiples, est du type Sprague-Thomson (à contacteurs électromagnétiques), pour les anciens matériels et du type JH (à arbre à cames commandé électriquement) pour les nouveaux.



▲ Fig. 8. — Matériel roulant de type ancien (1930).

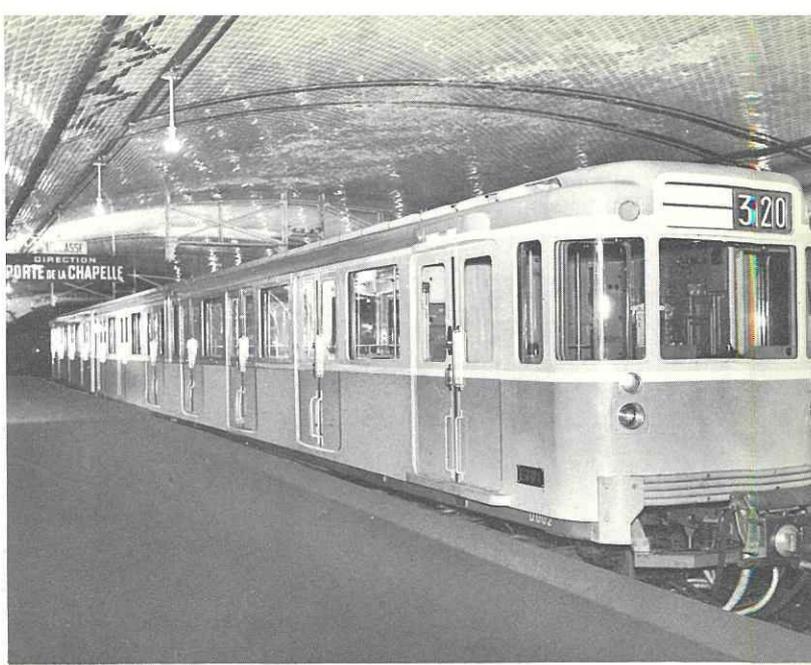


Fig. 9. — Matériel roulant articulé (1952). ▶



Fig. 10. — Matériel roulant sur pneumatiques (1963). ▲

Fig. 11. — Intérieur de matériel roulant sur pneumatiques.



▼ Fig. 13. — Matériel roulant moderne à roulement classique.

Fig. 12. — Intérieur du nouveau matériel roulant. ▼



MATÉRIEL ROULANT A VOYAGEURS DU RÉSEAU MÉTROPOLITAIN

(Composition du parc du matériel au 1^{er} juillet 1972)

Types	Nombres	Longueur de caisse (m)	Portes	Date de commande	Traction	Observations
MATÉRIEL ANCIEN	137	13,350	3×1 m	1906-11	2 moteurs 175 ch, 1 équipement Sp. Th.	— à grande loge
	207	13,600	3×1,2 m	1921	2 moteurs 175 ch, 1 équipement Sp. Th.	
Motrices (2 ^{ème} classe) avec loge de conduite	58	14,200	3×1,2 m	1926	4 moteurs 175 ch, 2 équipements Sp. Th.	
	594	14,200	4×1 m	1928-33	4 moteurs 175 ch, 2 équipements Sp. Th.	— dont 21 avec équipement JH et 4 moteurs de 200 ch
	996					
Remorques (1 ^{ère} cl. - 2 ^{ème} cl.) et mixtes	43	12,450	3×1 m	1908-11		
	68	13,600	3×1,2 m	1921-25		
	40	14,200	3×1,2 m	1926		
	858	14,200	4×1 m	1929-33		
	1 009					
MATÉRIEL ARTICULÉ Eléments automoteurs articulés à 3 caisses avec coupleur automatique ; loges occupables par les voyageurs.	40	Longueur hors tampons 36,620	11×1,2 m	1949	4 moteurs 92 ch, 1 équipement JH	1 élément équivaut à 2,5 voitures classiques
MATÉRIEL SUR PNEUMATIQUES						
Motrices avec loge	224	15,095	4×1,3 m	1954-66	4 moteurs 110 ou 140 ch,	
Motrices sans loge	206	14,390	4×1,3 m	1954-66	1 équipement JH ou CEM	
Remorques	197	14,390	4×1,3 m	1954-66		
	627					
MATÉRIEL MODERNE (1) à roues métalliques						
Motrices avec loge	157	15,095	4×1,3 m	1966-70	2 moteurs de 245 ch (1 par bogie)	(en cours de livraison ¹)
Motrices sans loge	235	14,390	4×1,3 m	1966-70	ou 4 moteurs de 128 ch	
Remorques	2	14,390	4×1,3 m	1966-67		
	394					

COMPOSITION DES RAMES

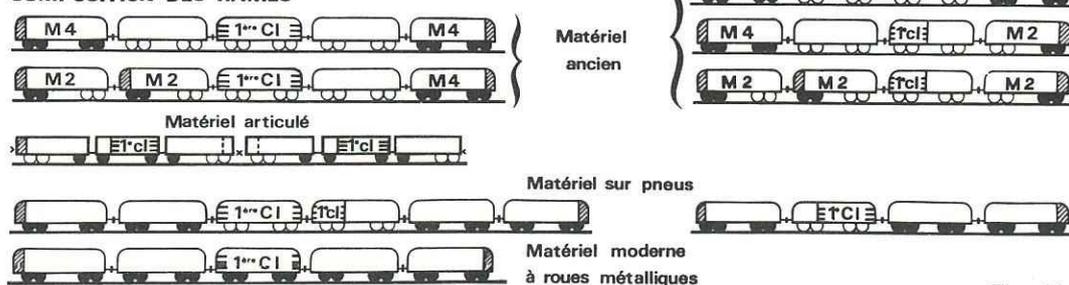
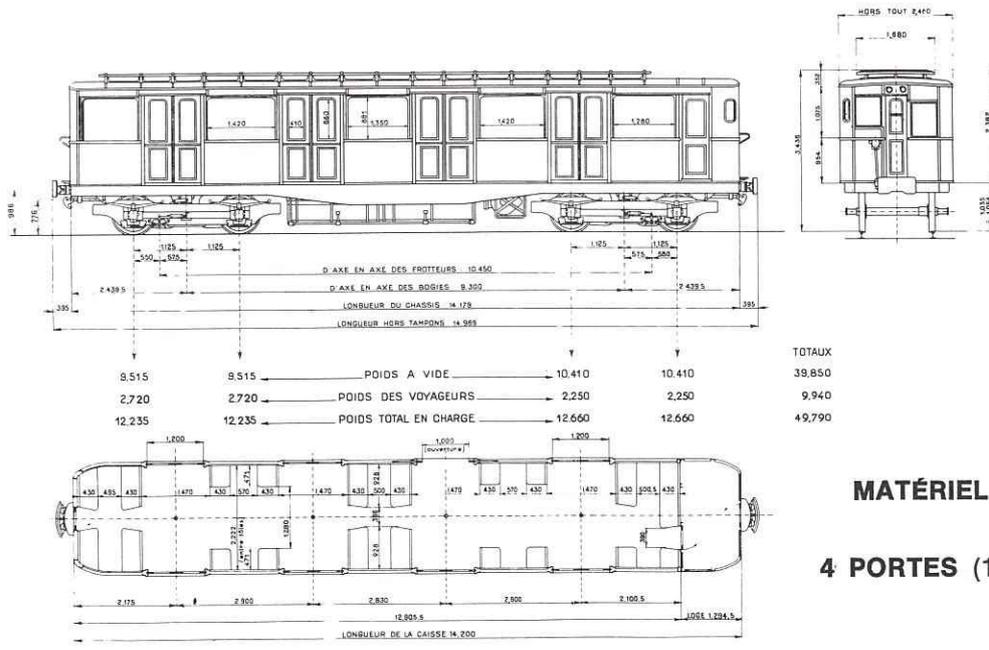


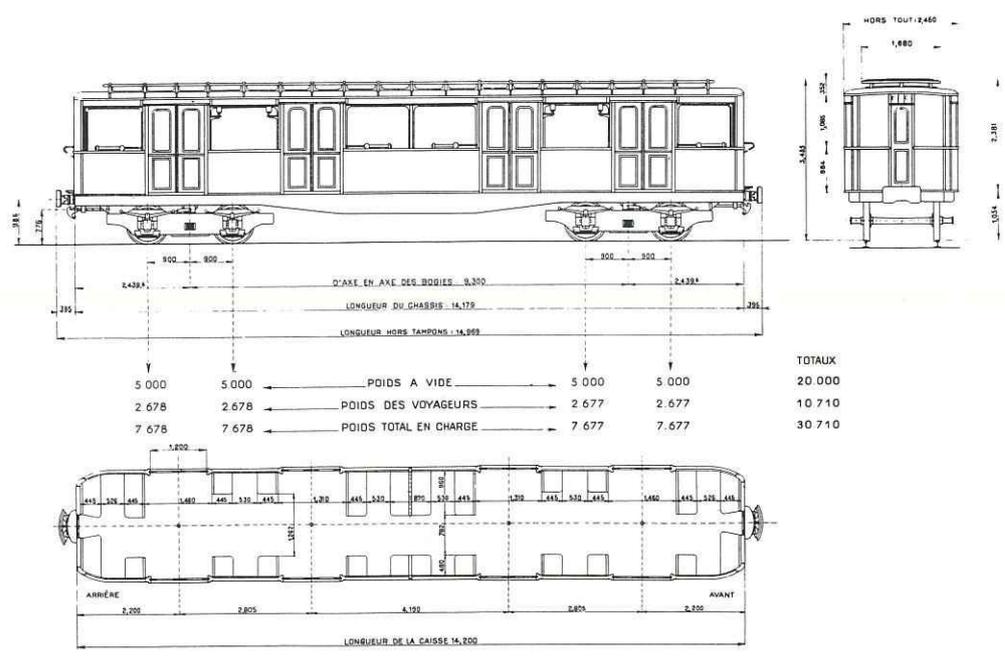
Fig. 14.

(1) 661 voitures modernes (motrices et remorques) sont actuellement en commande. Elles seront affectées, au fur et à mesure de leur livraison, sur les lignes n^{os} 9 et 12.



MATÉRIEL 14,200

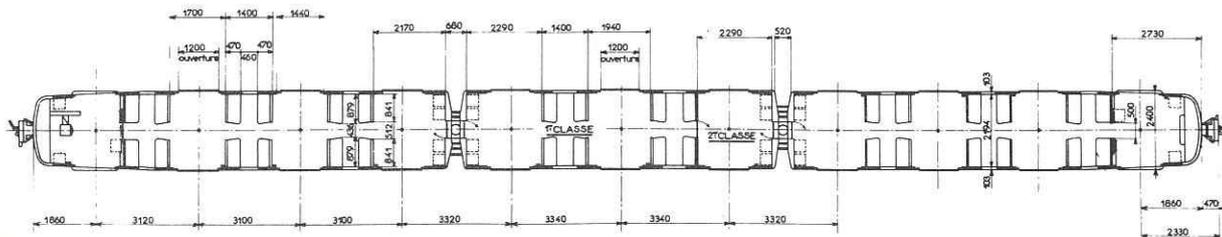
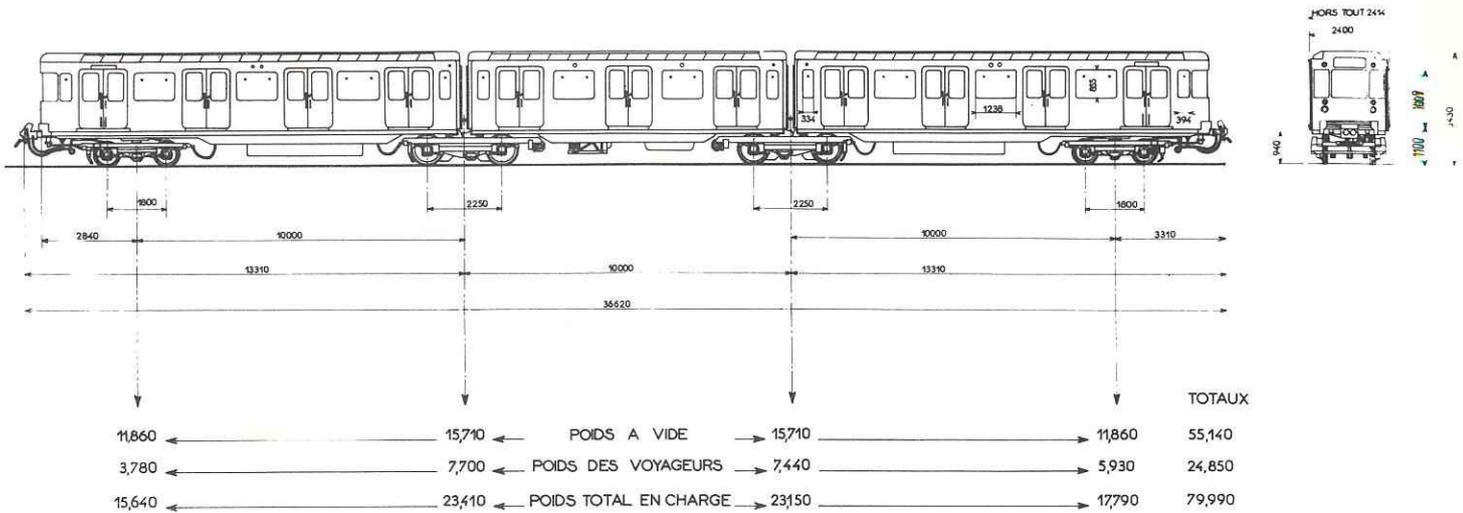
4 PORTES (1928-1933)



- **Traction** : deux groupes de deux moteurs commandés chacun par un équipement de traction :
 - moteur cuirassé (175 ch unihoraire à 700 V) à suspension par le nez,
 - équipement de traction à unités multiples Sprague-Thomson, à contacteurs séparés à commande électromagnétique,
 - tension de commande 700 V.
- **Frein continu** Westinghouse :
 - timonerie à un sabot par roue,
 - 1 groupe motocompresseur par motrice.
- **Attelage** : à tampon central.
- Construction métallique rivée, revêtement tôle vitrifiée, sol ciment magnésien.
- Portes à vantaux conjugués, à fermeture pneumatique.
- Signal de départ contrôlant la fermeture des portes.
- Aération par lanterneau et glaces équilibrées d'un seul côté de la voiture.

- **Eclairage** sous tension 700 V (3 circuits de 5 lampes en série) :
 - double alimentation tête et queue du train,
 - alimentation de secours à l'arrêt par perche branchée sur feeder.
- Téléphone de loge à brancher sur la ligne du tunnel, (sur la ligne n° 7, téléphone à haute fréquence avec le P. C. C.).

	Nombre de voyageurs		Charge normale = Cn
	Matrice	Remorque	Cn = (a + b) p
Debout	116	119	a = Nombre de voyageurs assis
Assis	28	34	surface des couloirs + plates-formes (m ²)
Total	144	153	b = $\frac{\quad}{0,17}$
			p = 70 kg



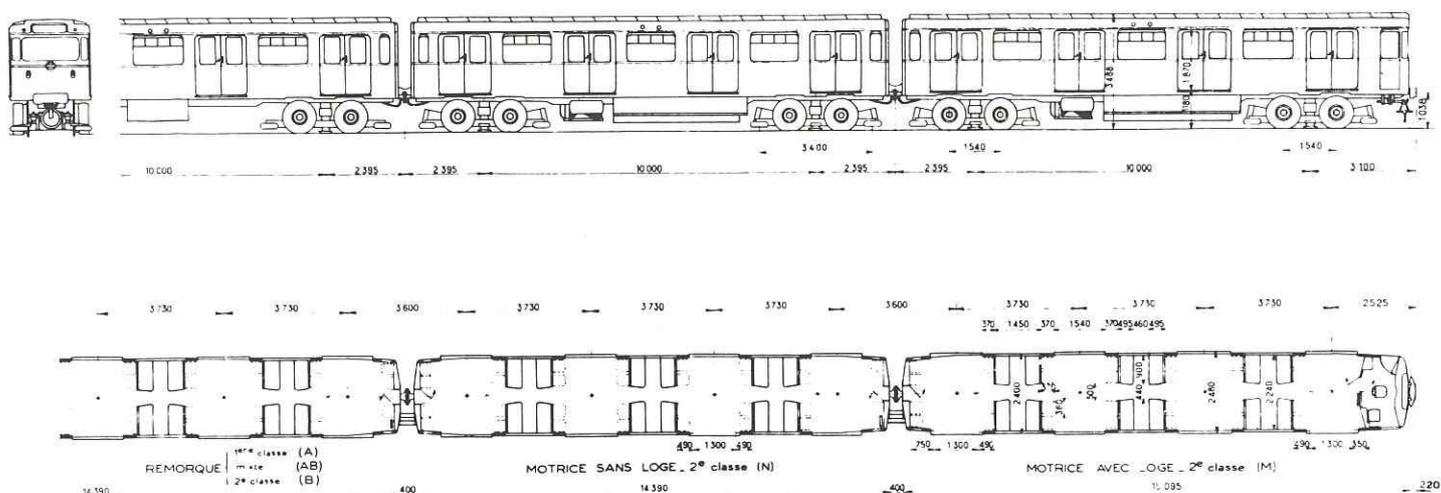
MATÉRIEL ARTICULÉ (1952)

Nombre de voyageurs

	Caisse extrême queue	Caisse centrale	Caisse extrême tête	Total
Assis	24	16	24	64
Debout	112	94	85	291
Total	136	110	109	355

19 strapontins — Voir page précédente la définition de la charge normale.

- **Traction** : deux groupes de deux moteurs commandés chacun par un équipement de traction distinct :
 - moteur autoventilé (92 ch service unihoraire à 700 V) à suspension par le nez (sur les bogies centraux),
 - équipement de traction à unités multiples JH, à contacteurs actionnés par un arbre à cames à commande électrique,
 - courant de commande : 72 V, fourni par batterie.
- **Frein** : pneumatique Westinghouse (décharge égalisatrice, modérabilité au desserrage) avec « défreinage » électropneumatique contrôlé par décélérostat :
 - timonerie à 2 sabots par roue,
 - 1 groupe motocompresseur par élément.
- **Attelage** : automatique intégral Scharfenberg.
- Construction métallique soudée — Revêtements peints — Sol ciment magnésien.
- Portes à vantaux conjugués, à fermeture pneumatique — Signal de départ contrôlant la fermeture des portes.
- Aération par lanterneau avec aubages directeurs et glaces ouvrantes d'un seul côté.
- Eclairage normal sous tension 700 V ; tubes fluorescents en série — Eclairage de secours sur batterie, à allumage automatique.
- Plate-forme extrême utilisée comme loge de conduite (conducteur et chef de train) ; appareils de commande masqués par une porte.
- Contrôle de la marche par chronotachymètre enregistreur.
- Téléphone de loge à brancher sur la ligne du tunnel.

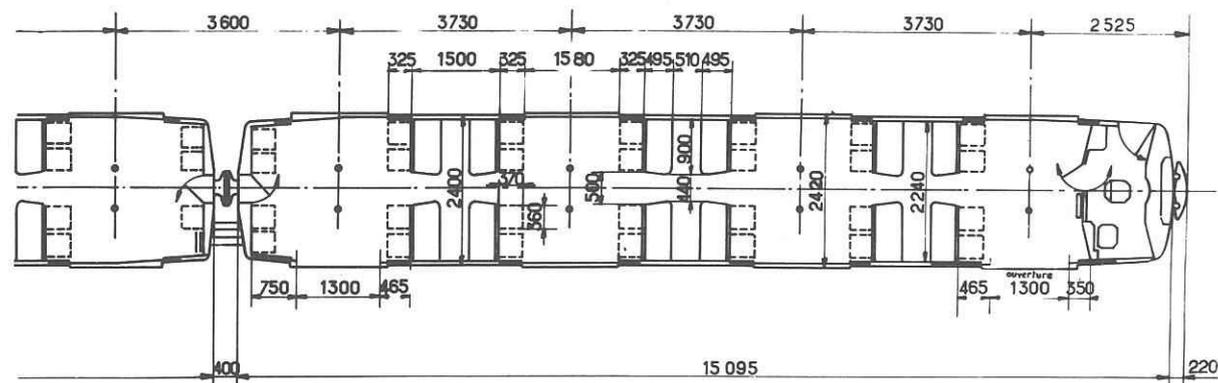
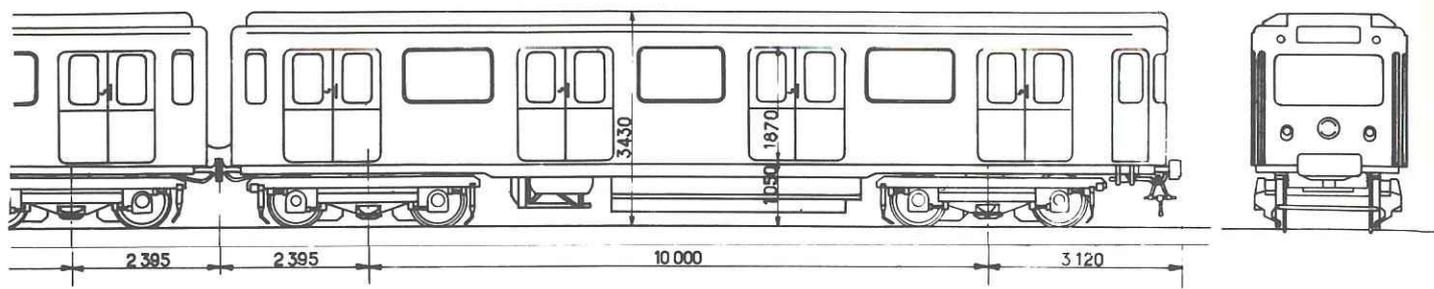


MATÉRIEL SUR PNEUMATIQUES TYPE MP 59 (1963-1966)

Masses (kg)	Motrice sans loge		Motrice avec loge	
	à vide	en charge	à vide	en charge
	23400	34500	23000	34600

	Voyageurs aux heures d'affluence			Voyageurs assis heures creuses (sièges et strapontins)
	Assis	Debout	Total	
Motrice avec loge : 2 ^{ème} classe (M)	24	135	159	52
Motrice sans loge : 2 ^{ème} classe (N)	24	142	166	55
Remorque : 1 ^{ère} classe (A)	24	142	166	55
Mixte (AB) : 1 ^{ère} classe	8	38	46	16
2 ^{ème} classe	16	104	120	39
Train de 6 voitures (M-N-A-AB-N-M) :				
1 ^{ère} classe	32	180	212	71
2 ^{ème} classe	112	658	770	324

- Pneumatiques :**
 - porteurs : Michelin « Métalic » F 16, rayon 0,500 m, pression : M ou N 9 bars, A ou B 6,5 bars ;
 - de guidage : Michelin 600 x 9 x, rayon 0,270 m, pression : 10 bars.
- Roues de sécurité :** métalliques de rayon 0,440 m.
- Traction :** quatre moteurs par motrice (puissance continue 140 ch, vitesse max. normale 3.520 tr/mn, poids 530 kg, tension 360 V). Transmission par pont à différentiel. Equipement de traction : contacteurs commandés par arbre à cames à 26 crans actifs ; entraînement par servomoteur électrique JH. Commande par courant basse tension 70 V.
- Frein :** 4 cylindres de frein par bogie, 2 sabots en bois par roue (sur la roue de sécurité).
- Commandes du frein :**
 - Frein « direct » à électrovalve modérable et relais pneumatique, contrôlé électriquement par le manipulateur (11 crans de freinage dont 1 d'urgence). En cas de rupture d'attelage, freinage instantané de tous les véhicules.
 - Frein d'immobilisation à commande à main et câbles flexibles pour le garage (1 bogie par voiture).
- Attelage :** à tampon central, type métro, aux extrémités d'un train. Coupleur automatique entre les voitures du train.
- Construction acier soudé. Sol aggloméré de caoutchouc. Revêtements intérieurs : plastique, stratifié.
- Portes à vantaux conjugués par vis, commandées à l'ouverture et à la fermeture par poussoir pneumatique.
- Signal de départ contrôlant la fermeture des portes.
- Aération par châssis ouvrant sur les baies latérales et par lanterneaux à aubes sur le toit.
- Eclairage par tubes fluorescents alimentés par le courant de traction ; éclairage de secours automatique par lampes à incandescence et batterie.
- Téléphone de loge à brancher sur la ligne du tunnel. Téléphone à haute fréquence de liaison avec le P. C. C.
- Système d'annonce par haut-parleurs dans les voitures. (Le conducteur et le chef de train se tiennent normalement dans la loge de conduite).



MATÉRIEL MODERNE A ROUES MÉTALLIQUES (Type 1967)

Masses (kg)	Motrice avec loge		Motrice sans loge	
	à vide	en charge C. C. R.	à vide	en charge C. C. R.
	26500	37500	25700	37200

	Voyageurs aux heures d'affluence			Voyageurs assis heures creuses (sièges et strapontins)
	Assis	Debout	Total	
Voiture avec loge : 2 ^{ème} classe	24	133	157	52
Voiture sans loge : 1 ^{ère} classe	24	140	164	55
2 ^{ème} classe	24	140	164	55
Train de 5 voitures : 1 ^{ère} classe	24	140	164	55
2 ^{ème} classe (M)	96	546	642	214
	120	686	806	269

Ce matériel est construit suivant deux variantes fabriquées respectivement pour les groupes de constructeurs C. I. M. T., d'une part, B et L-C. F. d'autre part.

• **Caisse** : construction acier soudé. Revêtements intérieurs : plastique, stratifié. Sol en dalles vinyl amiante.

- Portes à vantaux conjugués par vis, commandés à l'ouverture et à la fermeture par moteur pneumatique.
- Signal de départ contrôlant la fermeture des portes.
- Aération par châssis mobiles sur les baies latérales et par lanterneaux à aubes et diffuseurs.
- Eclairage par tubes fluorescents alimentés en tension alternative 250 V, 250 Hz
- Eclairage de secours automatique par tubes fluorescents 6 W alimentés par batterie et onduleurs.
- **Télécommunication** : téléphone de loge à brancher sur la ligne tunnel à titre transitoire.
- Téléphone H. F. avec le P. C. C. Interphone entre les deux loges de conduite, conjugué avec les haut-parleurs des compartiments de voyageurs.
- **Bogies** : construction acier soudé. Suspension biétagée par éléments élastiques en caoutchouc-métal. Roues acier, diamètre 860 mm.
- **Traction** : groupe C. I. M. T. : un moteur longitudinal par bogie attaquant les deux essieux par réducteur d'angle. Groupe « B et L-C. F. » : deux moteurs transversaux par bogie (arbre creux, accouplements élastiques et réducteur droit). Par moteur respectivement : puissance continue 180 et 93 ch, masse : 1 450 et 700 kg, vitesse max. 2 670 et 3 000 tr/mn.
- **Equipement de traction** : contacteurs commandés par arbre à cames à 26 crans actifs ; entraînement par servomoteur électrique JH commandé en basse tension 110 V.
- **Frein** : frein rhéostatique conjugué avec frein pneumatique à disque (C. I. M. T.) et à sabots (autre groupe), contrôlé électriquement par le manipulateur (6 crans de freinage normal, un cran de sécurité commandant uniquement le frein pneumatique).
- Réglage à la charge à trois paliers agissant, pour chaque voiture, sur les deux systèmes de freinage.
- En cas de rupture d'attelage, freinage pneumatique instantané de tous les véhicules.
- Frein d'immobilisation à commande à main pour le garage (1 bogie par voiture).
- **Attelage** : à tampon central, type métro, aux extrémités du train. Coupleur semi-automatique entre les voitures du train.
- **Auxiliaires** :
 - Sur toutes les motrices, groupe tournant pour production du courant alternatif 250 V, 250 Hz.
 - Batterie d'accumulateurs 70 V alimentée par courant redressé à partir de l'alternatif.
 - Sur toutes les motrices, sauf celles de première classe, compresseur de 600 litres/mn entraîné par moteur 750 V.

Un nouvel équipement électronique de contrôle des moteurs de traction à base de thyristors, le K. E. S. A. R. (commutateur électronique séquentiel d'alimentation et de régénération), comportant le freinage par récupération d'énergie électrique, est en cours d'essai.

L'équipement de frein, entièrement pneumatique sur les anciens matériels, est d'un système modérable à commande électropneumatique sur les matériels récents.

Sur le matériel moderne, un freinage rhéostatique agissant par les moteurs de traction évite, aux vitesses élevées, l'utilisation du freinage mécanique (frein à disques ou à sabots) ; celui-ci n'est alors utilisé qu'aux basses vitesses et en cas d'urgence.

Les portes sont à fermeture automatique pneumatique sur tous les matériels. Sur ceux qui sont construits depuis 1956, l'ouverture est également automatique ; toutefois, cette ouverture est subordonnée à l'actionnement d'une serrure à la disposition des voyageurs.

L'éclairage des trains est à incandescence sur les anciens matériels ; sur les matériels modernes, l'éclairage à tube fluorescent est alimenté soit par le courant de traction (avant 1967), soit par courant alternatif 250 V.

L'éclairage de secours, automatique sur accumulateurs sur les matériels récents, était obtenu antérieurement par une perche de prise de courant branchée sur un feeder disposé dans le tunnel.

Composition et rôle de l'équipe de train

- L'équipe d'un train est constituée, sur les lignes non équipées du pilotage automatique, par deux agents, le conducteur et le chef de train.

Le chef de train, sur les matériels anciens, prend place dans le compartiment des voyageurs se trouvant immédiatement derrière la loge de conduite ; sur les matériels modernes, il a sa place dans la loge.

Le conducteur, en service normal, assure la conduite du train, en respectant les indications données par la signalisation. Le chef de train, responsable du départ du train dans chaque station, surveille la montée et la descente des voyageurs, il commande le fonctionnement des portes et, si la signalisation l'autorise, il donne le signal du départ. Dans les stations en courbe et sur les quais très encombrés, un dispositif de télévision lui permet de surveiller toute la longueur de son train (fig. 15 et 16).



Fig. 15. — Caméra de télévision.



Fig. 16. — Surveillance de la montée des voyageurs par télévision.

- En cas d'incident, le chef de train assiste le conducteur pour la prise des mesures de sécurité nécessaires ; il donne aux voyageurs des indications en cas d'évacuation d'un train immobilisé dans le tunnel. Sur les matériels modernes, il dispose d'un système d'annonce par haut-parleurs répartis dans les voitures, permettant de donner aux voyageurs toutes les informations nécessaires en cas de perturbations du service.

- Sur les lignes dotées de matériel moderne et équipées du pilotage automatique (lignes n^{os} 1, 4 et 11 et prochainement lignes n^{os} 3, 7 et 6), seul le départ du train, après fermeture des portes, est commandé manuellement. Le dispositif de pilotage automatique assure les opérations de conduite et le respect de la signalisation, et permet l'exploitation à un seul agent (voir page 38).

- Une liaison permanente entre les loges des trains et le poste de commande et de contrôle centralisés (P. C. C.) est assurée par une installation téléphonique à haute fréquence, dont le courant passe par les barres d'alimentation de traction.

- Sur les matériels modernes, la marche des trains est contrôlée par un appareil chronotachymétrique enregistreur.

Cet appareil qui indique au conducteur la vitesse de son train, enregistre cette vitesse sur une bande de papier qui se déroule en fonction de la distance parcourue ; le temps est également indiqué sur la bande ainsi que l'actionnement du signal de départ.

Les stations

- Les installations d'une station correspondent à deux aspects de l'exploitation : d'une part, le passage des trains et d'autre part, l'admission du public, qui comprend la vente et le contrôle des titres de transport.

Le chef de station a un double rôle, l'un à caractère local concernant le public et le personnel de la station, l'autre lié au mouvement des trains sur la ligne, qui comporte surtout des interventions en cas de perturbation ou d'incident.

Vente et contrôle des titres de transport

- La vente des titres de transport est assurée dans chacune des stations du réseau par un bureau avec guichet installé dans la « salle de recette » établie en général à un niveau intermédiaire entre la voie publique et les quais (fig. 17).



Fig. 17. — Installation de vente et contrôle des billets et des cartes.
Station Charles-de Gaulle-Etoile.

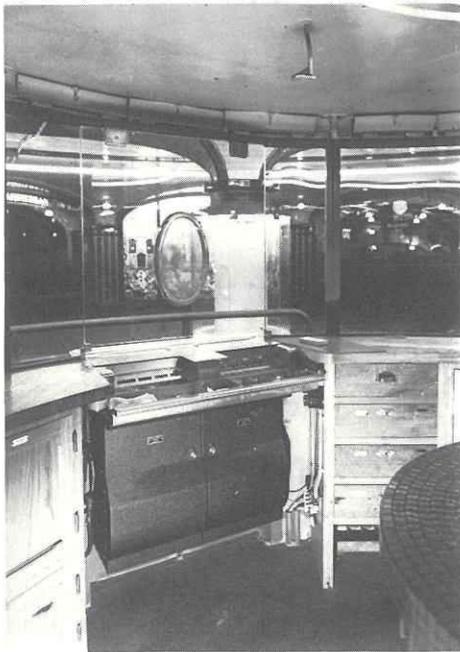


Fig. 18. — Machine auto-imprimeuse de billets et de cartes hebdomadaires.

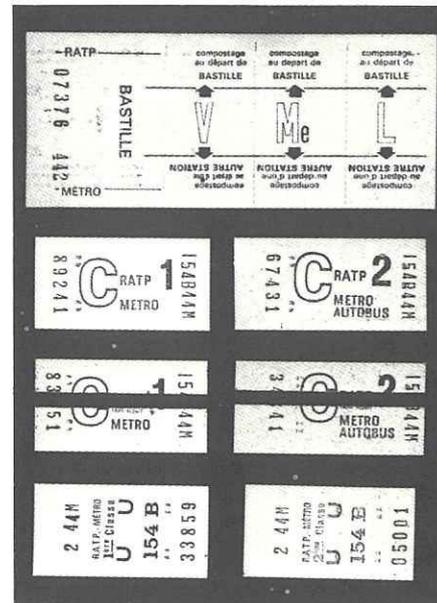


Fig. 19. — Titres de transport.

La « receveuse » du bureau de vente dispose d'une machine auto-imprimeuse (fig. 18) qui assure l'impression immédiate et la délivrance de différents types de titre de transport (fig. 19) ; la machine peut délivrer les billets par un, deux ou trois, ou par paquets de dix (la machine délivre sept titres de transport différents).

- Le contrôle des titres de transport est assuré par des agents qui oblitérent les billets et les cartes à l'aide d'une pince de contrôle ; cette pince perce le carton et imprime la date, un numéro repère et deux lettres.

Le contrôle s'effectue, soit à l'entrée des quais, soit dans la salle de recette ; dans de nombreuses stations, aux heures creuses, le contrôle est effectué par la « receveuse » du bureau de vente.

- Depuis 1971, le contrôle est assuré, dans un nombre croissant de stations, par des tourniquets associés à des composteurs dans lesquels les voyageurs eux-mêmes introduisent leur titre de transport (fig. 20). Ce type de contrôle constitue une étape intermédiaire dans le processus d'automatisation du contrôle qui sera achevé en 1974.



Fig. 20. — Composteurs et tourniquets de contrôle.

- Prochainement, la Régie entreprendra l'installation, sur tout le réseau métropolitain, d'un système de contrôle magnétique des titres de transport. Ce système utilisera des billets et des cartes dont les inscriptions en clair seront doublées par un enregistrement magnétique sur les « pistes » d'une couche d'oxyde métallique recouvrant le verso du carton.

La vente des billets et des cartes sera assurée par un appareil distributeur mis à la disposition d'un agent receveur (fig. 21) et situé dans le bureau de recette et, ultérieurement, par des batteries de distributeurs automatiques (fig. 22).

Le contrôle d'admission sera effectué par des portillons automatiques d'admission qui auront la forme, soit de tourniquets à trois branches, soit de « barrières à passage normalement ouvert » dans lesquelles la fermeture des battants intervient en cas de tentative de franchissement frauduleux.



Fig. 21. — Recette modernisée (vue partielle).
Appareil distributeur pour agent receveur.



Fig. 22. — Distributeurs automatiques de carnets de billets.

Dans les deux cas chaque portillon comportera une tête lectrice dans laquelle le voyageur introduira son billet ou sa carte et qui déterminera le fonctionnement du portillon.

Les têtes lectrices et les distributeurs seront tous reliés à un centre de calcul. Les calculateurs du centre seront reliés à un poste de concentration des données auquel ils transmettront les résultats journaliers de l'exploitation, relatifs au trafic et aux recettes.

Canalisation des voyageurs

La canalisation des voyageurs vers les quais, les sorties, les correspondances, est assurée par des dispositifs caractéristiques du métropolitain de Paris :

- portillons automatiques à l'entrée des quais (fig. 23) ;
- « battants doubles verrouillés » dont le second est déverrouillé par la manœuvre du premier, un seul sens de circulation étant ainsi autorisé ;

- « portes verrouillées » utilisables dans un seul sens ; la serrure de ces portes est déclenchée par la poussée d'un panneau mobile du vantail (fig. 24 et 25) ;
- tourniquets de sortie, infranchissables en sens inverse, pour les accès non gardiennés (fig. 26) ;
- portes diverses fonctionnant dans un sens ou dans les deux sens.

Les portillons automatiques peuvent toujours s'ouvrir dans la direction de la sortie sous la poussée d'une foule.



Fig. 23. — Portillons automatiques.



Fig. 24. — Portes verrouillées basses.



Fig. 25. — Portes verrouillées hautes.



Fig. 26. — Tourniquet de sortie.

Exploitation à départs programmés

La méthode des « départs programmés », en vigueur sur les lignes n^{os} 7, 9 et 12 et qui sera prochainement mise en application sur les autres lignes du réseau (à l'exception des petites lignes à faible trafic) vise à l'utilisation optimale de la capacité de transport mise en œuvre : en limitant, aux heures d'affluence, le temps de séjour des trains en station, et par là, leur charge, on améliore leur régularité de circulation ; il est alors possible de réduire l'intervalle et d'augmenter le nombre de trains circulant simultanément, ainsi que leur vitesse commerciale.

Le conducteur règle la marche de son train en fonction des indications données par des pendules placées en tête de chacun des quais de chaque station : ces pendules, synchrones, sont systématiquement retardées du temps que doit mettre un train pour aller du terminus en amont jusqu'à la station considérée : pour un train qui respecte son horaire, l'heure indiquée par la pendule à l'instant où il part de cette station est celle de son départ du terminus.

Les portillons des stations importantes s'ouvrent immédiatement après le départ du train mais se referment au bout d'un temps prédéterminé ; un nombre à peu près constant de voyageurs est admis sur le quai pour le passage de chaque train.

Un signal sonore, déclenché automatiquement, annonce aux voyageurs que les portes du train vont se fermer et qu'ils ne doivent pas tenter de monter en voiture.



Fig. 27. — Méthode des départs programmés. Horloge électronique de départ en station.

- 1^{ère} ligne : Indice de marche
- 2^{ème} ligne : Temps décalé (minutes et secondes)
- 3^{ème} ligne : Temps écoulé depuis le départ du train précédent
- 4^{ème} ligne : Temps de stationnement.

Appareils élévateurs et translateurs

- Certaines stations du réseau métropolitain sont établies à une assez grande profondeur, en raison du croisement des lignes ou du relief du sol.

Ces stations étaient, à l'origine, équipées d'appareils élévateurs lorsque la différence de niveau entre le quai et le sol était supérieure à 12 mètres. Un programme d'extension de ces appareils est actuellement en cours de réalisation.

Sur les 343 stations du réseau, 74 sont équipées d'appareils élévateurs : 10 d'ascenseurs, 62 d'escaliers mécaniques et 2 d'escaliers mécaniques et d'ascenseurs.

- Les ascenseurs de type moderne, ou modernisés, sont commandés automatiquement (fig. 28), leur mise en marche étant synchronisée, aux heures où cela est possible, avec le passage des trains ; la course la plus grande des ascenseurs est de 28,70 mètres.

Les escaliers mécaniques (fig. 29), au nombre de 145, sont en général à mise en marche automatique, par l'action de cellules photo-électriques qui commandent le démarrage lorsque les voyageurs se présentent. La dénivellation la plus forte desservie par des escaliers mécaniques est de 22,45 mètres.

De nouveaux escaliers mécaniques sont en cours d'installation.

- Pour réduire la distance à parcourir par les voyageurs dans les couloirs d'intercommunication entre lignes, parfois très longs en raison de l'implantation relative des stations, des trottoirs roulants équipent certaines stations de correspondance : (Châtelet : 2 trottoirs de 132 m de long — Montparnasse-Bienvenue : 3 trottoirs de 185 m de long) (fig. 31 et 30).

- La Régie exploite, à Montmartre en dehors du réseau métropolitain, un funiculaire d'une dénivellée de 36,07 mètres.



Fig. 28. — Ascenseurs automatiques.



Fig. 29. — Escaliers mécaniques.



Fig. 30. — Trottoirs roulants Maine-Montparnasse.



Fig. 31. — Trottoirs roulants de Châtelet.

- L'éclairage des stations, initialement alimenté par du courant continu à 600 V puis à 750 V, va l'être progressivement par du courant alternatif. Cet éclairage est assuré par tubes fluorescents.

L'installation de chaque station est prévue pour assurer le maintien de cet éclairage en toutes circonstances : les appareils sont répartis sur deux circuits d'alimentation entièrement distincts depuis la source du courant.

Quelques-uns de ces appareils peuvent, en cas de défaillance des deux sources haute tension, être alimentés en secours par un groupe Diesel.

L'éclairage du tunnel est assuré en permanence ainsi que celui des motifs lumineux qui, sur les quais, indiquent les accès de sortie (fig. 32).

De plus, des batteries d'accumulateurs garantissent, en cas de défaillance des réseaux d'alimentation, un éclairage « de jalonnement » permettant l'évacuation du public.

- Des plans du réseau sont apposés sur les quais, dans les salles de recette et sur les entourages des débouchés extérieurs des stations ; des plans lumineux (fig. 33), indiquant les itinéraires à emprunter pour atteindre toutes les stations du réseau, sont installés dans les stations les plus fréquentées (122 en service).

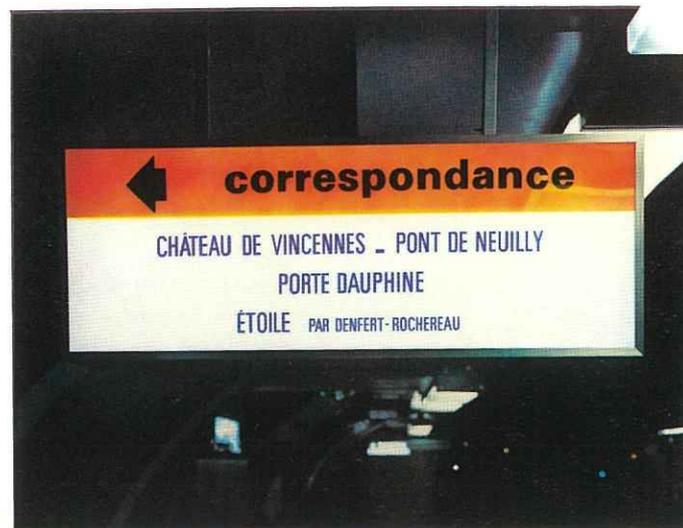


Fig. 32. — Panneaux lumineux de signalisation.

- Dans les stations importantes et notamment les stations de correspondance, des installations de sonorisation permettent, en cas d'incidents d'exploitation, de diffuser des informations aux voyageurs se trouvant sur les quais ou dans les couloirs de correspondance (140 stations à la fin de 1969).

Rôle du chef de station

Dans chaque station, pendant toute la durée du service, un « chef de station » assure diverses fonctions touchant la surveillance des voyageurs et la vie administrative de la station (fig. 34). Il intervient également en cas de perturbation dans la marche des trains.

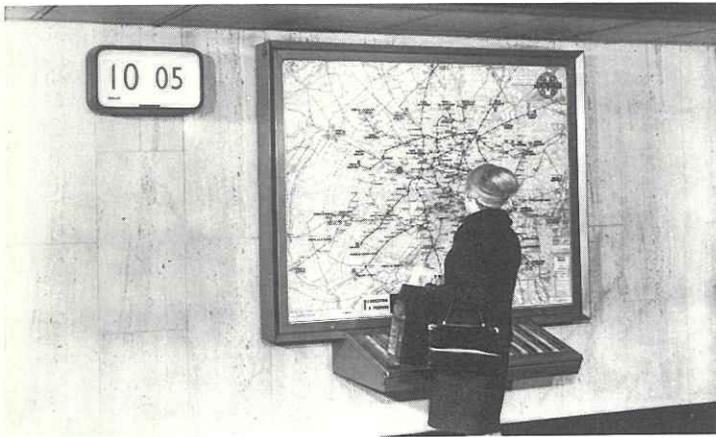


Fig. 33. — Plan indicateur automatique.

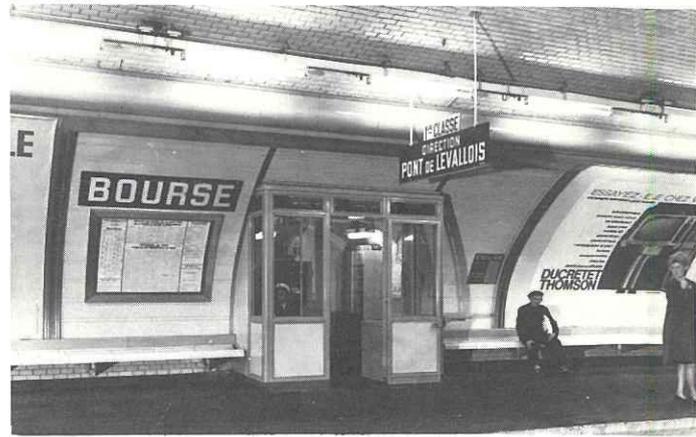


Fig. 34. — Bureau de chef de station.

Pour exercer ces fonctions, il dispose de liaisons téléphoniques multiples avec les terminus, les stations voisines et la « permanence » du service de l'exploitation.

Avec la modernisation du réseau, et en particulier le rattachement de toutes les lignes à un P. C. C. en liaison permanente avec les trains, le rôle du chef de station fera l'objet d'une évolution progressive qui entraînera une modification de l'équipement des stations (téléphones - télévision, etc.).

Ultérieurement, le chef de station assurera la surveillance de la station depuis le bureau de vente modernisé qui sera appelé dorénavant « bureau de station ».

Nettoiemment et hygiène

La modernisation des méthodes de nettoyage, permise par l'arrivée du courant alternatif sur le réseau, est réalisée au fur et à mesure de la transformation de l'équipement électrique.

Pendant l'interruption du service, selon des périodes déterminées en fonction du trafic local :

- les lavages au jet qui provoquent l'oxydation des équipements métalliques sont remplacés par des dépoussiérages à l'aspirateur et des nettoyages au linge humide en ce qui concerne les revêtements muraux ; par des brossages à la brosse aspirante et des épandages de produit anti-poussière pour les sols des accès et des quais des stations (80 stations sont actuellement traitées de la sorte) ;
- le nettoyage de la plate-forme des voies par le train-aspirateur est complété, en station, par l'emploi d'aspirateurs à main en usage dans 229 stations sur 343 ;
- les puisards et rigoles sont curés et désinfectés périodiquement ; la désinfection du tunnel et de la voie est assurée par un convoi arroseur qui pulvérise des produits microbicides.

Pendant le service de jour, dans les 80 stations déjà traitées au produit anti-poussière, le procédé du « balayage humide » est employé en remplacement des arrosages et balayages traditionnels. Ce procédé très efficace qui permet le ramassage total de la poussière sans aucun soulèvement, consiste à pousser sur le sol un balai plat et large revêtu d'une toile en fibre synthétique humide.

Chaque ligne est exploitée de façon autonome, en ce qui concerne le service des trains.

Sur les lignes dont l'équipement n'a pas encore été modernisé, l'un des terminus est considéré comme le principal et le chef de départ de ce terminus prend les mesures nécessaires pour maintenir la régularité des trains en ligne.

Sur les autres lignes n^{os} 1, 3, 3 bis, 4, 7, 8, 9, 11 et 12 dont l'équipement a été modernisé et qui sont rattachées au poste de commande et de contrôle centralisés (P. C. C.) du réseau (boulevard Bourdon), l'exploitation est contrôlée par un chef de régulation qui dispose des moyens nécessaires pour connaître la position des trains et pour entrer en communication avec les conducteurs afin de prendre toutes mesures utiles en cas de perturbation ou d'incident. Il est prévu que d'ici la fin de 1974 toutes les lignes du réseau seront rattachées au P. C. C.

Tracé et mode d'exploitation des terminus

- Les terminus des 16 lignes du réseau présentent des dispositions diverses qui résultent de l'évolution des techniques et des conceptions touchant l'exploitation :

- a) Certains terminus, au nombre de cinq, comportent une boucle dans laquelle les trains circulent avec leurs voyageurs (fig. 35) ; à la station terminale la descente et la montée des voyageurs s'effectuent, soit sur le même quai, soit sur les deux quais encadrant la voie.

Cette disposition est très défavorable pour le maintien de la régularité des trains sur la ligne.

- b) Certains terminus (au nombre de six) ont une « boucle de manœuvre » (fig. 35), parcourue par les trains vides, entre le quai d'arrivée du terminus et le quai de départ ; cette disposition fait franchir au train une certaine distance à vitesse réduite, plusieurs trains pouvant parcourir la boucle en même temps ; elle facilite la régulation car elle permet une certaine souplesse dans la fixation de l'heure de départ des trains par rapport à l'horaire prévu.
- c) La plupart des terminus (au nombre de vingt-et-un) comportent un « tiroir de changement de voie » en arrière-gare (fig. 36), un train passant au tiroir, pour le changement de loge de l'équipe, entre son passage au quai d'arrivée et son passage au quai de départ ; cette disposition comporte plusieurs variantes suivant que le quai d'arrivée et le quai de départ sont desservis par une ou deux voies ; ces voies permettent :
- à l'arrivée, d'admettre deux trains se succédant à intervalles très rapprochés ;
 - au départ, soit de resserrer les intervalles, soit de disposer d'un train de réserve à quai, prêt à être mis en service si un train arrivant doit être retiré de la ligne, pour avarie ou entretien.

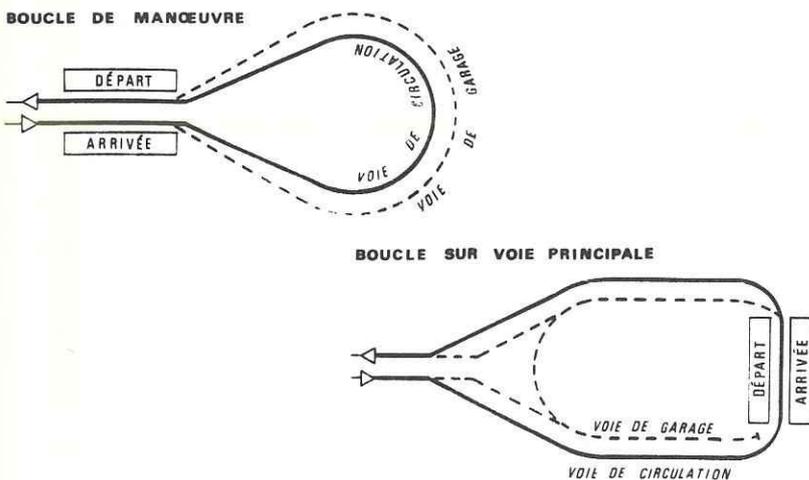


Fig. 35. — Terminus à boucle.

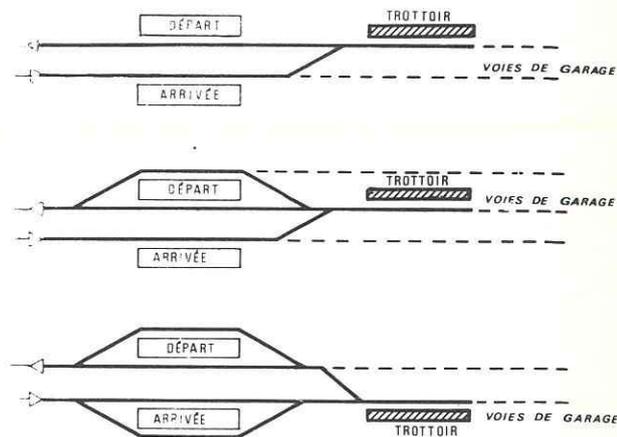


Fig. 36. — Terminus à tiroir.

- Les terminus sont complétés par des voies de garage, occupées, aux heures creuses et la nuit, par les trains qui ne sont pas en service.

Une voie d'un des terminus de chaque ligne comporte une « fosse de visite », pour permettre l'intervention du personnel du service d'entretien, en vue d'une recherche d'avarie ou d'une vérification.

- Les voies de garage d'un des terminus sont en général reliées à l'atelier d'entretien du matériel roulant (entretien hebdomadaire) ; les trains qui doivent passer à l'atelier sont prélevés sur le matériel en ligne, entre les pointes d'affluence du matin et du soir ; l'atelier d'entretien reçoit également les trains avariés en ligne, retirés temporairement du service.

- Certaines lignes comportent des stations constituant des terminus intermédiaires. Ceux-ci sont utilisés pour le garage des trains et, dans certains cas, pour éviter, aux heures creuses, des parcours inutiles, compte tenu du trafic relativement faible « hors Paris ».

- Chaque rame en ligne porte un numéro qu'elle conserve depuis son dégarage jusqu'à son garage, c'est suivant ce numéro que le service est organisé, pour les places dans les garages, les horaires, la désignation des équipes de train.

Equipement technique des terminus - Voies de manœuvre

- Les voies des terminus comprennent deux zones :

- la zone des manœuvres principales, parcourue, en particulier, par les trains passant du quai d'arrivée au quai de départ ;
- la zone des garages.

La zone des manœuvres principales est équipée d'une signalisation automatique, combinée avec la signalisation des voies principales ; les appareils de voies sont à fonctionnement mécanique automatique ou sont commandés électriquement à distance.

La zone des garages, dans les installations anciennes, ne comporte que des appareils de voie commandés à la main par des agents de manœuvre (qui peuvent entrer en liaison téléphonique avec le chef de départ responsable de l'ensemble du terminus).

Dans les installations modernisées, dont le nombre s'accroît chaque année, la zone des garages comprend des appareils à commande électrique à distance et une signalisation automatique.

- Les moteurs électriques de commande des aiguilles peuvent, en cas d'incident, être dételés ; la manœuvre des appareils est alors assurée par un levier dont le déplacement reste subordonné aux conditions de sécurité imposées par la signalisation (fig. 37).

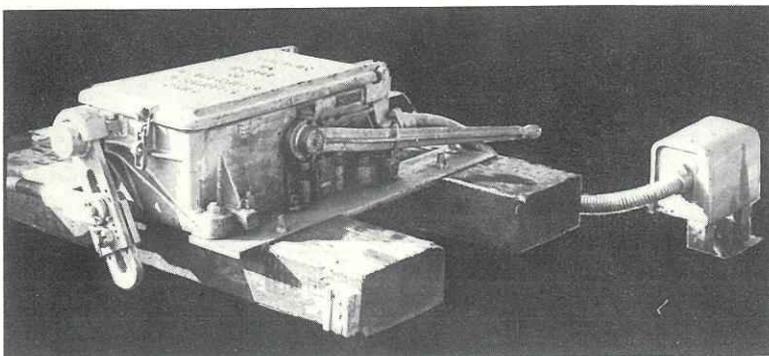


Fig. 37. — Moteur électrique de commande d'aiguille avec levier de commande de secours incorporé.



Fig. 38. — Poste de manœuvre de terminus avec tableau de contrôle optique.

- Les postes de commande des manœuvres des terminus sont de types plus ou moins complets :

- clés de commandes à deux ou trois positions verrouillées ;
- tables d'enclenchements électromécaniques ou électriques permettant de commander des manœuvres diverses, chaque itinéraire étant commandé soit par une manette soit par des boutons « entrée », « sortie ». Tout actionnement n'est efficace que si toutes les conditions de sécurité sont remplies.

Les postes les plus modernes sont du type « tout relais » à organes de commande libres et enclenchements électriques. Certaines fonctions qui ne sont pas de sécurité sont parfois assurées par des logiques à diodes. Les postes sont complétés par un tableau lumineux indiquant la position des aiguillages, des signaux et des trains. Quand cela est nécessaire, un dispositif de télévision en circuit fermé permet au responsable du poste de voir le numéro porté par les rames en position de départ ou d'arrivée (fig. 38).

- Sur la ligne n° 1, qui est rattachée au P. C. C. et dont l'équipement des terminus a été modernisé, la commande des manœuvres des terminus peut être assurée par le poste de manœuvre locale ; toutefois, pour l'exploitation normale, cette commande est « renvoyée » au P. C. C. où elle est assurée, de façon automatique, par une « machine-programme » à bande perforée ; le chef de régulation peut modifier le programme pré-établi, s'il en est besoin, pour tenir compte des perturbations du service.

- La commande du départ des trains des terminus est faite par le « chef de départ » qui occupe le poste de manœuvre. Si le terminus est rattaché au P. C. C., c'est la machine-programme de ce poste qui donne automatiquement le départ.

Organisation du terminus pour l'utilisation du personnel

Le terminus est le centre d'affectation du personnel des trains. Les conducteurs et les chefs de train y ont leur corps de garde et leur commandement y est assuré par les sous-chefs de terminus ; en ligne, leur commandement est assuré par les sous-chefs de ligne, éventuellement lorsqu'un incident survient, par le chef de régulation du P. C. C. si la ligne y est rattachée. De plus, les sous-chefs de terminus remplissent dans leur terminus les fonctions de chefs de station.

Les chefs de départ assurent le mouvement des trains et ont autorité sur les agents des manœuvres.

Le terminus est placé sous l'autorité d'un inspecteur adjoint.

Enfin, le service du matériel roulant, dont dépendent les ateliers d'entretien et de révision, dispose, dans un des terminus principaux de la ligne, d'un représentant — le « contremaître-visiteur » — qui intervient pour de menues réparations sur le matériel, ou pour décider, en cas d'avarie, le retrait d'un train du service en ligne et son envoi à l'atelier.

- La signalisation d'espacement (ou de block) des voies principales est du type à cantons fixes et à circuits de voie : des sections de rails forment un circuit électrique dont le court-circuitage par les essieux des voitures ou par les frotteurs négatifs du matériel sur pneumatiques, détecte la présence des trains. Deux types de circuits de voie sont utilisés :

- Les circuits du premier type sont constitués par des sections de rails séparés par des joints isolants ; des connexions inductives (fig. 39) assurent aux joints isolés de la voie, le passage du courant de retour de traction et complètent le circuit de signalisation : les connexions d'alimentation des circuits de voie prennent leur source sur un feeder triphasé 220 V ou 380 V - 50 Hz avec neutre. Les connexions de réception fournissent le courant aux relais de signalisation sous une tension n'excédant pas quelques volts, pour les installations anciennes, mais qui est poussée à 60 volts sur les lignes exploitées avec les trains sur pneumatiques. Les relais provoquent l'allumage des feux de signalisation.
- En raison des inconvénients dus à la présence de joints isolants qui provoquent, au passage des trains, des chocs et des vibrations, sources d'usure précoce de la voie, il s'est avéré nécessaire de mettre au point un deuxième type de circuits de voie sans joints, en cours de généralisation : le courant circulant dans les rails d'un circuit de voie, court-circuité par les essieux du train ou par les frotteurs négatifs, est un courant alternatif à fréquence sonore ; deux circuits de voie successifs sont parcourus par des courants de fréquence différente ; aucun joint n'étant nécessaire pour les isoler l'un de l'autre.

Chaque feu comprend deux lampes, dont une de secours ; celle-ci est mise en service à la place d'une lampe hors d'usage par l'action d'un interrupteur de rallumage local (1).

- Le code des feux est le suivant :
 - 1 feu rouge : arrêt ;
 - 1 feu jaune : avertissement ou ralentissement ;
 - 1 feu vert : voie libre.

En général, les signaux ont deux indications : voie libre et arrêt (fig. 40) ; ces signaux (au nombre de 2 000 environ) comprennent les signaux de sortie des stations, les signaux d'entrée et des signaux intermédiaires en nombre variable. La protection d'un train est assurée en général par deux signaux à l'arrêt (fig. 42).

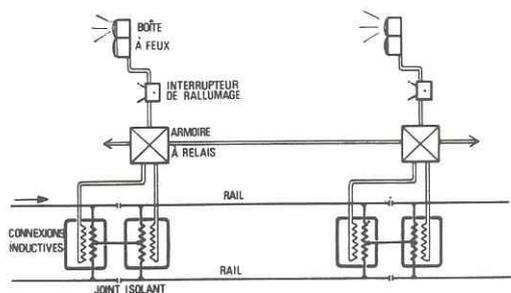


Fig. 39. — Schéma de fonctionnement de la signalisation à circuits de voie.



Fig. 40. — Signal d'espacement à deux feux.

(1) Sauf sur les sections en viaduc où chaque feu comprend trois lampes normalement allumées sans lampe de secours, et pour les installations nouvelles, où cet interrupteur est supprimé.

Dans les courbes, ou lorsqu'un signal de sortie est difficilement visible du conducteur des trains, un signal « voie libre - arrêt » est précédé par un « répétiteur » (voie libre - avertissement) (nombre : 590).

- Dans les stations à gros trafic, où le temps de stationnement est long, deux dispositifs permettent d'assurer, avec toute la sécurité nécessaire, le rapprochement des trains :

- « signal d'entrée permissif » à 3 feux, qui passe de « arrêt » à « ralentissement » lorsque le train quittant la station a dégagé les quais d'une certaine longueur, variable avec le profil de la ligne ; le train aval n'est alors protégé que par un seul signal à l'arrêt (nombre de signaux d'entrée permissifs : 350 environ) ;

- « signal intermédiaire à déblocage anticipé » passant à voie libre lorsque le train a dégagé une partie de la station, le signal d'entrée qui suit est alors doublé par un signal « avancé » (nombre : 50 environ).

- Le franchissement par un train d'un signal à l'arrêt est constaté par un appareil contrôleur, installé en station, qui fait fonctionner un appareil sonore et apparaître un voyant indicateur.

- En cas de défaillance de la signalisation d'espacement — ou de mise hors service pour entretien — les trains doivent adopter la « marche de sécurité » — SS ou SSO —, marche prudente durant laquelle il est notamment imposé une vitesse maximale telle que l'arrêt puisse être obtenu dans la partie de voie libre en vue.

Les sections de voie où la vitesse doit être spécialement ralentie à 6 km/h (10 km/h pour les trains équipés de chronotachymètres enregistreurs) pour manque de visibilité, sont indiquées par des marques sur les parois du tunnel (triples barres noires horizontales et cercles noirs).

- Les signaux de manœuvre ont le même code de feux que ceux des signaux d'espacement des voies principales ; toutefois les feux ont une forme rectangulaire. Ces signaux comprennent les signaux de protection de manœuvre à deux ou trois feux (nombre : 390 environ) et les signaux indicateurs de position d'aiguille (fig. 41).

- La signalisation complémentaire des lignes comprend :

- des signaux fixes de ralentissement ou de « reprise » ;

- des signaux fixes d'arrêt ;

- des indicateurs d'itinéraire.

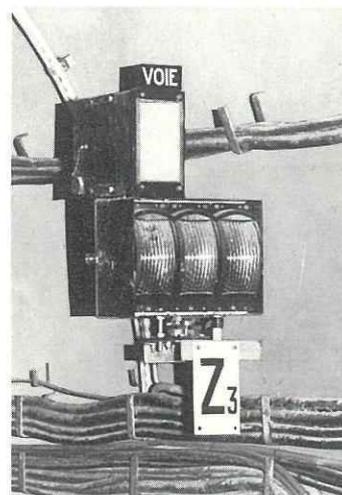
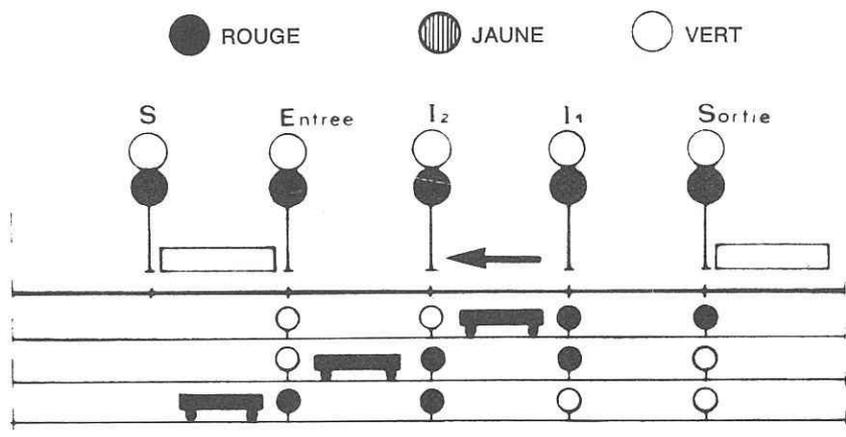
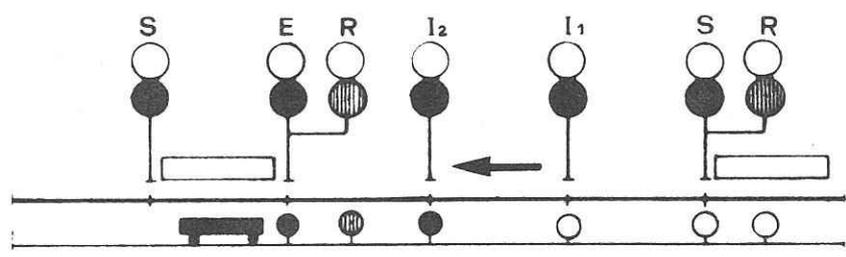


Fig. 41. — Signal de manœuvre à trois feux (avec indicateur d'itinéraire).



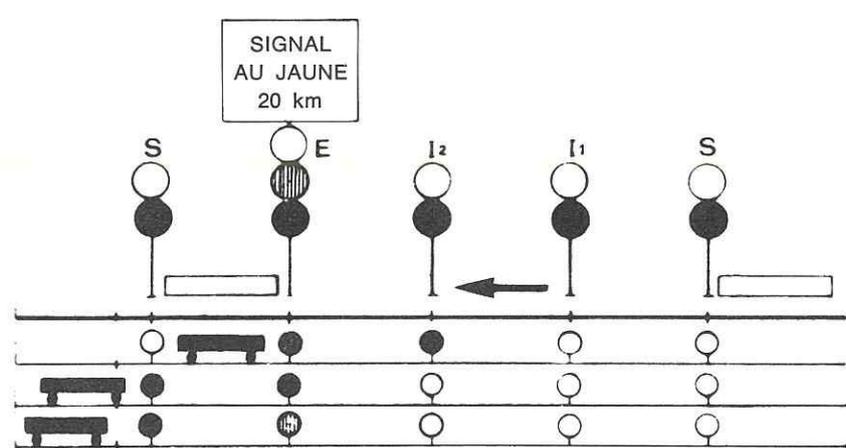
IMPLANTATION
COURANTE

Deux signaux au rouge
derrière un train

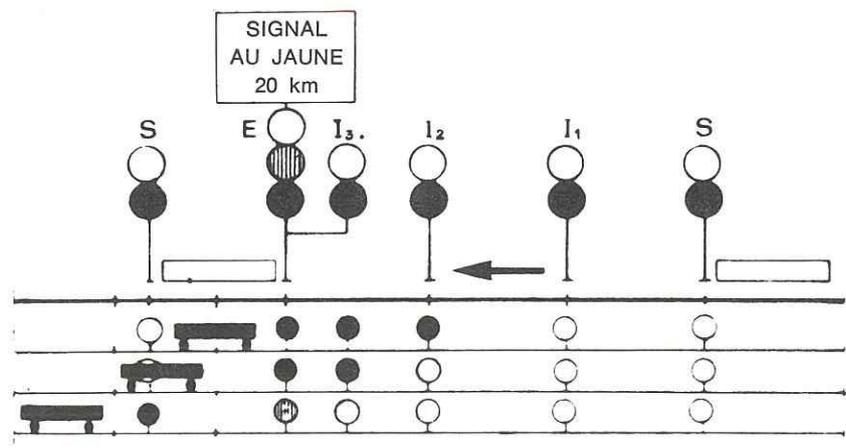


UTILISATION
DE RÉPÉTITEURS

Visibilité inférieure à distance
de freinage de sécurité
(ou signaux S et E peu visibles)



SIGNAL D'ENTRÉE
PERMISSIF (E)
(à 3 feux)



INTERMÉDIAIRE
A DÉBLOCAGE
ANTICIPÉ (I₂)
(I₃ signal avancé)
avec signal d'entrée
permissif

Fig. 42. — Principe de l'implantation des signaux.

Commande, contrôle et régulation de la marche des trains

- Sur les lignes dont les équipements ne sont pas modernisés, la régulation de la marche des trains en ligne est assurée par les chefs de départ. Ils peuvent agir sur les horaires de départ des terminus en modifiant les heures de départ prévues.

Le chef de départ intervient en ligne en prescrivant de limiter l'admission des voyageurs sur les quais. Il peut ordonner le « départ sur ordre » dans des stations ; le chef de train, averti par l'apposition d'une plaque près du signal de sortie, ne peut donner le départ que sur indication du chef de station, après un délai fixé par le chef de départ ou sur son ordre.

En cas d'incident important, les diverses mesures à prendre pour le rétablissement du service normal sont du ressort d'un « chef d'incident » (inspecteur de ligne ou à défaut sous-chef de ligne).

- La ligne peut être exploitée de façon partielle, en « service provisoire », certaines stations étant équipées d'appareils de voie leur permettant de fonctionner comme terminus intermédiaire ; les dispositions de certaines stations permettent le garage d'un train avarié sur une voie d'évitement.

- Les lignes modernisées sont rattachées au P. C. C. du réseau (boulevard Bourdon) dans lequel chaque ligne correspond à un « tableau de contrôle optique » et à un « pupitre de télécommande et télécommunication » (fig. 43 et 44).

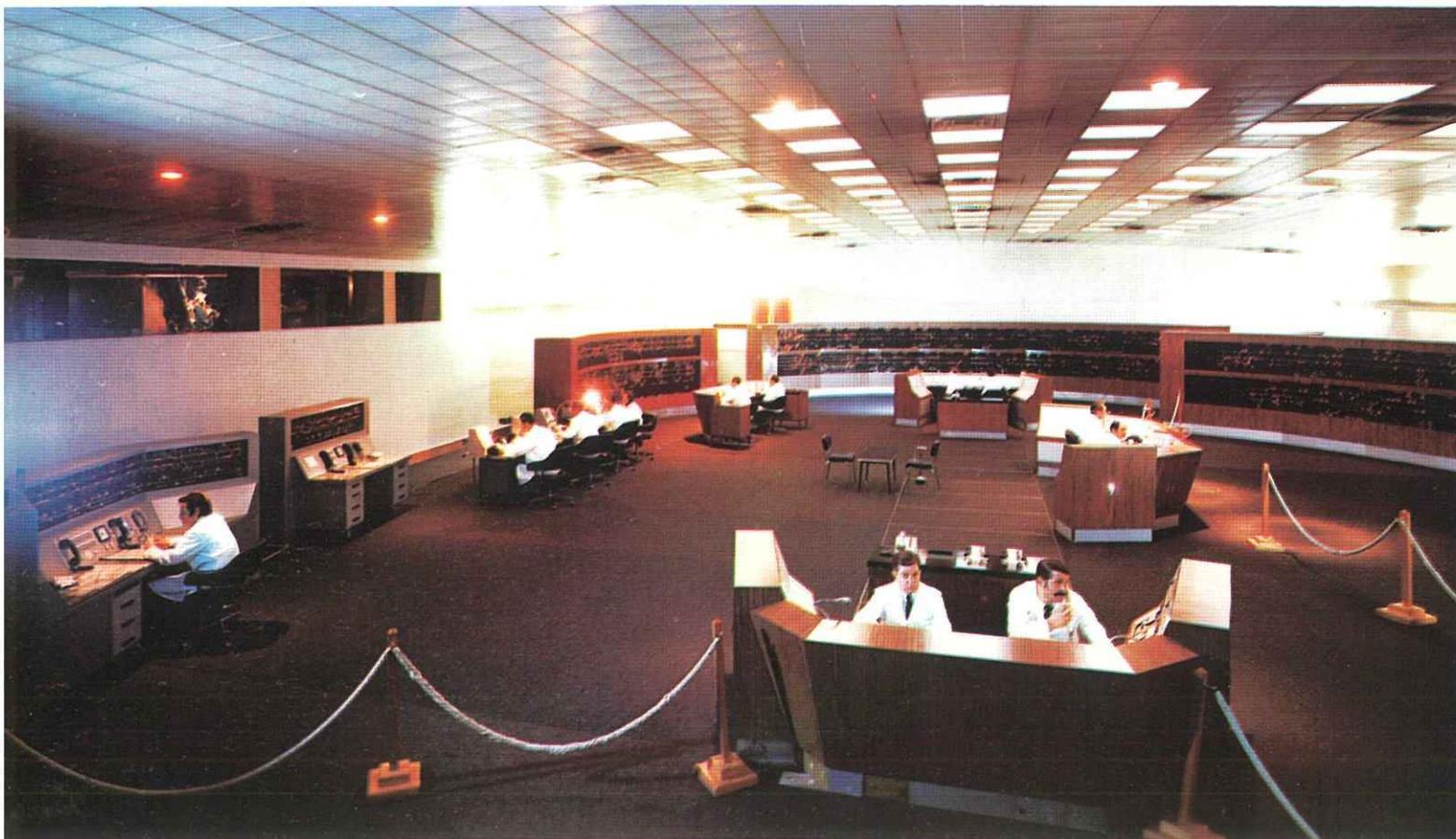


Fig. 43. — Postes de contrôle et de commande centralisés.

Une liaison permanente est assurée entre le pupitre et les conducteurs des trains par un système de téléphonie, par courants à haute fréquence passant par les barres de traction.

Le chef de régulation qui occupe le pupitre connaît, par le tableau de contrôle, la position de chaque train avec son numéro, la situation des aiguillages et signaux, et l'état d'alimentation en courant de traction des diverses parties de la ligne.

Il joue le rôle de « sous-chef de ligne ».

Il peut modifier les horaires de départ, donner aux conducteurs des trains les instructions nécessaires en cas de perturbation du service, et prendre toutes les mesures pour immobiliser les trains, les faire partir ou organiser des services partiels.

- Sur les lignes exploitées en « départs programmés » (voir page 25) la régulation d'horaire résulte de la procédure de correction automatique de l'heure de départ des stations, en cas d'avance ou de retard du train concerné ; elle sera complétée ultérieurement sur certaines lignes par la modification de l'allure du parcours de l'interstation.



Fig. 44. — P. C. C. : Vue partielle du pupitre de commande et des tableaux de contrôle optique des lignes n^{os} 3 et 4.

- Les lignes n^{os} 1, 4 et 11 sont exploitées avec un seul agent à bord des trains, grâce à un dispositif de pilotage automatique qui assure les opérations de conduite et le respect de la signalisation. Ce dispositif équipera prochainement les lignes n^{os} 3, 6 et 7.

Il remplit, en sécurité, les fonctions suivantes :

- départ du train de la station, sur autorisation de l'agent, lorsque le service des voyageurs est terminé, et si la signalisation le permet ;
- circulation dans l'interstation, en respectant les limitations de vitesse imposées par le profil de la voie et par les indications de la signalisation ;
- arrêt du train sur intervention de l'agent ou des voyageurs en cas d'incident ;
- arrêt du train à la station suivante quelle que soit la charge du train.

Il est constitué par un programme de marche inscrit dans la voie et par un équipement embarqué qui règle la vitesse du train, à la valeur commandée par le programme, en agissant sur les organes de traction et de freinage.

Le programme de marche est constitué par un câble parcouru par un courant de fréquence comprise entre 4 et 8 Hkz, fractionné en segments délimités par des décrochements ou chevrons (fig. 45). La longueur de ces segments correspond à un temps de parcours de base lorsque le train circule à la vitesse de consigne : si le temps de parcours est plus long, le train va trop lentement et le dispositif embarqué donne un ordre de traction ; s'il est trop court, le train va trop vite et le dispositif embarqué donne un ordre de freinage. S'il est égal ou voisin du temps de base, le train est laissé en course sur l'erre. La longueur des segments successifs est donc fonction de la valeur de la vitesse de consigne et à chaque canton de signalisation correspondent deux programmes :

- l'un « vert », de passage libre, en service lorsque le signal situé à son extrémité aval est à voie libre ;
- l'autre « rouge », d'arrêt, en service lorsque ce signal est fermé.

L'équipement embarqué comprend :

- un dispositif de captation du champ électro-magnétique émis par le câble programme (fig. 46) ;
- un dispositif de mesure du temps de parcours d'un segment et de comparaison des temps à une échelle prédéterminée ;
- un dispositif de liaison avec les lignes de commande traction et freinage ;
- un système d'asservissement de la décélération réelle à une valeur de consigne ;
- divers systèmes assurant la sécurité notamment un système de contrôle de survitesse provoquant éventuellement l'arrêt d'urgence du train.

Fig. 45. — Câble de pilotage placé dans le tapis protecteur.

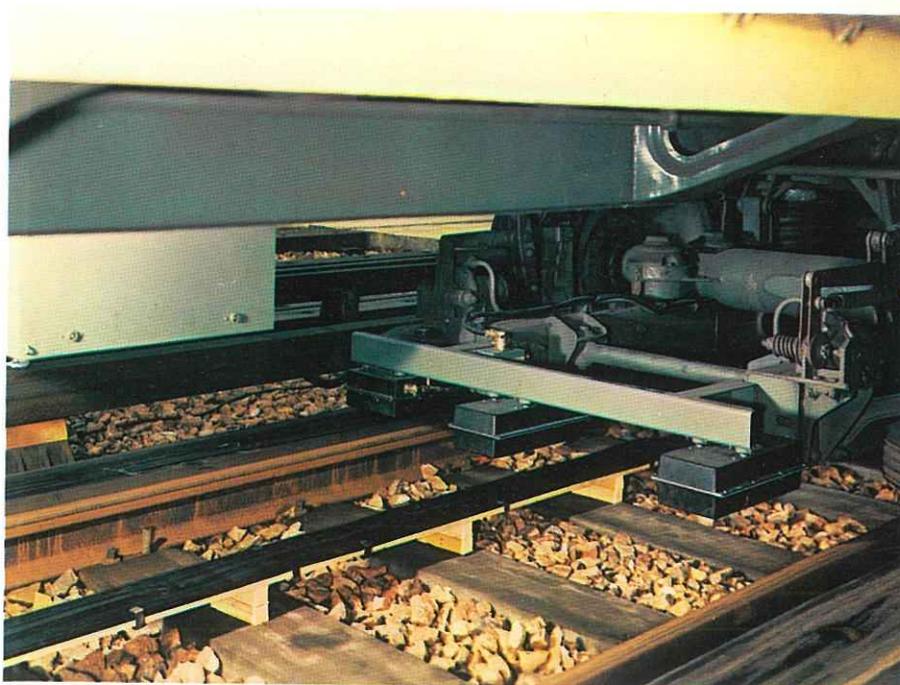


Fig. 46. — Pilotage automatique (ligne n° 4). Câbles émetteurs et capteurs.

Alimentation des lignes en énergie électrique

Le système d'alimentation en énergie électrique du réseau métropolitain a fait l'objet d'une rénovation complète ; l'ancien dispositif, dont les principes avaient été déterminés au début du siècle, a fait place progressivement à un nouveau système faisant appel aux plus récents perfectionnements de l'électrotechnique.

L'ancien système comprenait une trentaine de sous-stations à groupes de transformations multiples et à commande en majorité manuelle. Les dernières mises en service cependant (Pierre-Curie, Charenton à commutatrices, Pantin à redresseur) de même que les groupes mobiles alimentant les trolleybus et les premiers postes de redressement étaient dotés de système de télécommande (fil à fil pour les premières, injection d'un courant monophasé sur le câble moyenne tension pour les autres) qui s'inscrivait dans le cadre d'une recherche d'équipement à télécommandes totales.

Le nouveau système est décrit ci-après.

Postes de redressement et postes « éclairage et force »

- Le courant de traction est fourni par des postes de redressement automatiques de traction, 15 000 V/750 V continu - 1 750 kW, 2 300 kW et prochainement 4 000 kW ; plusieurs postes alimentent généralement les différentes sections des lignes du métro urbain. Les postes de redressement, plus de cent, sont tous équipés de diodes au silicium ; ils sont installés soit isolément dans des bâtiments autonomes, soit groupés dans les anciennes sous-stations.

Le courant d'éclairage, de force, de signalisation, est fourni sur les lignes par des postes « éclairage et force » (15 000 V - 220/380 V alternatif) installés dans les stations ou à proximité (une station sur deux environ) ; ces postes comportent deux transformateurs T1 et T2 dont les puissances s'échelonnent entre 100 et 630 kVA. Les circuits de sécurité sont alimentés par l'un ou l'autre des deux transformateurs au moyen de dispositifs automatiques de transfert.

Il existe en outre un éclairage réduit des stations, dit de jalonnement, qui intervient en cas de disparition simultanée des alimentations par T1 et T2.

Alimentation des lignes en courant de traction

A) POSTES DE TRANSFORMATION 63/15 kV ET DE COMMANDE

Monttessuy - Père-Lachaise - Lamarck - Denfert

B) POSTES DE REDRESSEMENT

- a) Poste installé dans une ancienne sous-station
- b) Poste combiné avec un ensemble immobilier
- c) Poste souterrain
- d) Prévu sur un prolongement en cours d'exécution

Nom	Ligne	Observ.	Nom	Ligne	Observ.	Nom	Ligne	Observ.
Alfort	8		Jussieu	10		Pleyel	13	
Auteuil	9	a	Jussieu	7		Ponthieu	1	
Auteuil	10		Laborde	3		Ponthieu	9	
Barbès	2	a	Laborde	9	a	Porte de la Chapelle	12	
Barbès	4		Laborde	12		Porte de Choisy	7	
Bastille	1 a	a	Laborde	13		Porte de Montreuil	9	
Bastille	1 b		La Fourche	13		Porte d'Orléans	4	b
Bastille	5		La Motte-Picquet	6	a	Porte de Saint-Cloud	9	b
Bastille	8		La Motte-Picquet	8		Porte de Saint-Ouen	13	
Belgrand	3 a		Levallois	3	b	Porte de Versailles	8	a
Belgrand	3 b		Lilas	3 bis	a	Porte de Versailles	12	
Bérault	1	a	Lilas	11			Porte de la Villette	7
Bercy	6		Louise-Michel	3		Porte de Vincennes	1	b
Boulogne	9	a	Louvre	1	a c	Rambuteau	11	
Charenton	8	b	Louvre	7		Raspail	4	a
Charles-Michels	10		Mairie d'Issy	12		Raspail	6	
Cité	4		Malesherbes	3	b	République	3	a
Croix-de-Chavaux	9	b	Ménilmontant	2	a	République	5	
Daumesnil	6	b	Ménilmontant	3		République	8	
Daumesnil	8		Mozart	9	République	9		
Dauphine	2		Nation 1	1		République	11	
Duhesme	12		Nation 2	2	b	Rome	2	
Etoile	1	a	Nation 3	9		Saint-Georges	12	
Etoile	2		Necker	12	a	Sébastopol	4	b
Etoile	6		Neuilly	1 a	a	Sentier	3	b
Gare de l'Est	4	Neuilly	1 b	Simphon		4		
Iéna	9	b	Opéra	7	a	Stalingrad	2	a
Invalides	8	b	Opéra	8		Stalingrad	5	
Invalides	14		Pantin	5	a	Stalingrad	7	
Italie	5		Passy	6		Vaneau	4	a
Italie	6	b	Pierre-Curie	7	b	Vaneau	10	
Italie	7		Plaisance	14		Vaneau	12	
Jaurès	7 bis	a	Place des Fêtes	7 bis		Voltaire	9	
Juilliottes	8		Place des Fêtes	11				



Fig. 47. — Poste de redressement.



Fig. 48. — Poste 63 kV de transformation et de commande :
salle de commande.

Les postes de redressement de traction du métro urbain sont alimentés par quatre grands postes d'alimentation et de commande (63 kV - 15 kV) répartis dans Paris et alimentés en courant 63 kV par la ceinture de Paris de l'E. D. F. (fig. 47).

Un poste 63 kV comprend deux transformateurs de 30 à 40 MVA et un groupe diesel électrogène de secours de 2 100 kVA (pour l'éclairage et les sécurités).

La répartition des postes de redressement sur les lignes, la disposition des câbles, des groupes électrogènes, et des batteries, permettent d'assurer avec le maximum de possibilités le maintien du courant sur les lignes en cas d'incident et surtout le maintien de l'éclairage du réseau souterrain (fig. 48).

Alimentation des lignes du métro urbain en courant de traction

- Chaque ligne est découpée en sections traction (2 à 6 sections par ligne) alimentées séparément par un certain nombre de postes de redressement.

Ces sections sont réunies entre elles par des « contacteurs de sectionnement » assurant la continuité de la ligne. De plus, sur les lignes modernisées, chaque section est elle-même divisée en deux ou trois sous-sections par des « sectionneurs d'isolement télécommandés ». Le tableau de contrôle optique du P. C. C. permet de connaître l'état électrique des sections et sous-sections et comporte les boutons de commande de tous les appareils participant à l'alimentation traction de la ligne.

- La coupure du courant sur les sections peut être obtenue de plusieurs façons :

- automatiquement sous l'effet d'un court-circuit sur la voie ou sur un train ;
- par les boutons du tableau de contrôle du P. C. C. ;
- par des coffrets de déclenchement dits « rupteurs d'alarme » de coupure d'urgence disposés dans les stations et dans les interstations qui provoquent l'ouverture des disjoncteurs (fig. 49).

Les rupteurs d'alarme sont disposés dans les interstations tous les 100 mètres, ils sont repérés par une barre rouge verticale sur la paroi ; l'enlèvement d'une barrette provoque la coupure du courant et interdit tout rétablissement jusqu'à sa remise en place. Sur les lignes les plus importantes, cet enlèvement est signalé dans la station voisine par l'allumage d'une lampe et le fonctionnement d'une sonnerie.

Un appareil indicateur d'alimentation en courant de traction, installé dans les stations précédant un sectionnement, avertit les conducteurs de la coupure du courant en aval (fig. 50).

Fig. 49. — Rupteur d'alarme.

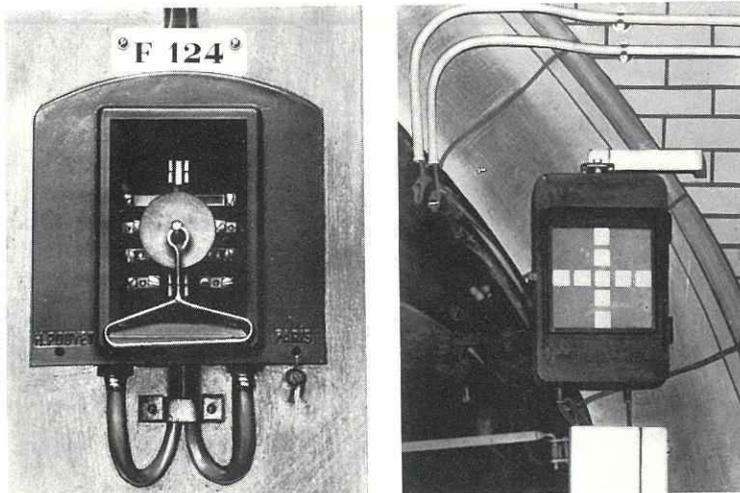


Fig. 50. — Indicateur d'alimentation en courant de traction.

- Un fil « trolley » alimenté à 750 V est placé, sur certaines lignes, dans l'axe du tunnel, il permet :

- l'éclairage de secours des trains, d'ancien modèle, immobilisés dans le tunnel, au moyen d'une perche à crochet existant dans chaque loge de conduite ;
- le déplacement des trains de travaux munis d'une perche ou les déplacements exceptionnels des trains en cas d'accident.

Eléments d'ensemble du réseau

L'exploitation des lignes, qui est autonome pour le service normal et quotidien des trains, exige un certain nombre d'organismes, d'installations, d'établissements communs, nécessaires essentiellement pour le commandement, l'entretien du matériel et des installations et les interventions en cas d'accident grave.

En dehors du P. C. C. dans lequel les lignes conservent une certaine autonomie, les éléments communs à l'exploitation de toutes les lignes sont définis ci-après.

Permanence de l'exploitation

- La Permanence du service de l'exploitation, installée dans le même immeuble que le P. C. C. est placée sous la responsabilité de gradés qui se succèdent pour assurer un fonctionnement 24 heures par jour.

La Permanence a un rôle intérieur d'intervention en cas d'incident important et un rôle d'information de la direction de la Régie, des autorités légales, des services publics (police-secours, sapeurs-pompiers...).

En plus du réseau téléphonique indispensable au service, la Permanence dispose d'un standard manuel dit « standard de sécurité » qui est relié à chacune des stations du réseau et à quelques correspondants dont l'information doit être assurée en toutes circonstances.

Le P. C. C. constitue un des éléments d'intervention de la Permanence.

La Permanence assure la répartition du personnel de l'exploitation pour combler les absences diverses du personnel titulaire.

En cas d'incident ou d'accident, la Permanence, informée par le personnel des stations ou des trains provoque l'intervention des services qualifiés. Elle décide notamment de l'envoi sur place du personnel et du matériel de secours (contenu dans des camions et remorques) nécessaires pour une opération de relevage de voiture.

Organismes divers de l'exploitation

• L'exploitation comprend, outre les bureaux d'organisation, de gestion du personnel et de commandement, un certain nombre d'organismes spécialisés nécessaires à la vie du réseau :

- le contrôle des recettes — assurant le contrôle comptable des titres de transport vendus, et la mise en place de certains titres de transport de remplacement ;
- le bureau des horaires chargé de la confection des horaires et des tableaux de présence du personnel ;
- l'organisation des transports inter-lignes et de l'affichage ;
- le centre d'instruction du personnel d'exploitation.

Raccordements entre lignes

• Le passage de rames de matériel d'une ligne à l'autre, soit pour l'entretien des installations du réseau, soit pour l'entretien du matériel lui-même, nécessite l'existence d'un certain nombre de raccordements réunissant les lignes ; ces raccordements sont utilisables de nuit — pendant l'interruption du service — ou de jour, par des rames circulant aux heures creuses entre les trains réguliers de voyageurs.

Ces raccordements étaient équipés, initialement, d'aiguillages manœuvrables à main nécessitant une signalisation manuelle et la présence d'agents gradés responsables.

Ils sont équipés progressivement d'une signalisation automatique ; les appareils de voie qui permettent de les emprunter sont manœuvrés sur place et à la main, mais le fonctionnement de ces appareils est enclenché avec la signalisation normale des voies principales et avec la signalisation propre du raccordement, les circuits étant conçus de manière à rendre toute fausse manœuvre impossible.

Certains raccordements sont équipés d'une signalisation simplifiée qui est utilisée pendant l'interruption nocturne du courant d'alimentation de la signalisation normale.

Etablissements pour l'entretien du matériel roulant

• L'entretien du matériel roulant du réseau est assuré dans des ateliers de deux catégories :

- ateliers d'entretien pour le nettoyage et le petit entretien périodique ;
- ateliers de révision qui font également les réparations importantes.

Un atelier d'entretien correspond à chacune des lignes ; il est en général situé à proximité d'un des terminus, mais un parcours sur une autre ligne peut le séparer de sa ligne de rattachement.

Ces établissements sont en général construits en surface (fig. 51).

Les ateliers d'entretien, éloignés des ateliers de révision, disposent d'engins de levage et de manutention permettant l'échange d'éléments avariés du matériel — moteurs, essieux — dont la réparation est faite par les ateliers de révision.



Fig. 51. — Vue générale d'un grand atelier.
A gauche, le hall d'entretien,
à droite, les ateliers de révision.



Fig. 52. — Atelier de levage et de révision des voitures.

- Les ateliers de révision (fig. 52), au nombre de quatre pour l'ensemble du réseau métropolitain, assurent les opérations nécessaires au maintien en état de bon fonctionnement du matériel, pendant une vie qui peut dépasser un demi-siècle. Les voitures y sont levées pour permettre le démontage ou la visite de tous leurs organes ; les parties les plus « périssables » sont les essieux, dont les bandages doivent être reprofilés ou changés, les moteurs de traction, dont les bobinages doivent être périodiquement nettoyés ou refaits, les bogies, les timoneries, les compresseurs, etc.

Les ateliers de révision des voitures sont complétés par des ateliers de travaux centralisés, travaillant pour l'ensemble du réseau : bobinage des moteurs, appareils pneumatiques de freins, compresseurs, coussinets, serrures de portes, compteurs d'énergie.

Entretien de la voie et des ouvrages - Trains de travaux - Atelier et parc de la voie

- L'entretien de la voie nécessite un travail important qui ne peut s'effectuer que pendant le temps très court de l'interruption du service, de 1 h 15 à 5 h 30.

Les opérations d'échange de rails, de traverses, doivent donc se faire à l'aide d'un appareillage perfectionné permettant une exécution rapide.

L'entretien des tunnels et des ouvrages d'art présente des exigences comparables.

Le travail nécessite l'utilisation de « trains de travaux » nombreux rattachés à un parc central du service de la voie (près de la Porte de la Villette) et passant sur les lignes par les divers raccordements.

ÉTABLISSEMENTS POUR L'ENTRETIEN DU MATÉRIEL ET DES INSTALLATIONS

Entretien du matériel roulant

Ateliers d'entretien	Ligne	Ateliers de grandes révisions		
			Nombre de postes de levage	Travaux centralisés
Fontenay	1 (pneu)	Fontenay	12	Bobinages de moteurs Ressorts à lames Outils en aciers spéciaux
Charonne	2, « 3 bis »			
Javel	8			
	14			
Auteuil (souterrain)	10	Choisy	14	Bobinages de moteurs relais Bobinages électriques divers Compteurs d'énergie
Choisy	7, « 7 bis »			
Saint-Fargeau	3			
Italie	5-6	Saint-Ouen	10	— Sabots de frein en bois
Lilas (souterrain)	11 (pneu)			
Saint-Ouen	4 (pneu)			
Boulogne	9	Vaugirard	11	— Chronotachygraphes Montrouge
Vaugirard	12-13			
ATELIER DE TRAVAUX CENTRALISÉS : Saint-Fargeau				{ Réparations exceptionnelles de matériel { Appareils de frein { Compresseurs - Régulage { Serrures de porte
ATELIER DES MACHINES A BILLETS : Italie				

Entretien de la voie

<p>RÉSEAU MÉTROPOLITAIN</p> <p>Parc et atelier de la Villette</p> <p>Centres d'entretien : République Raspail</p> <p>OUVRAGES D'ART DU RÉSEAU MÉTROPOLITAIN</p> <p>Atelier : Aubervilliers-Villette</p>
--

Entretien des accès

Ateliers : Aubervilliers-Villette-Italie
Entretien des sous-stations
Atelier et laboratoire : rue de Toul
Entretien du matériel fixe électrique et des bâtiments
Ateliers et centres divers

- Le parc de la voie est équipé pour le stockage et la manutention des éléments divers de la voie ; il comporte un atelier de fabrication ou de révision des appareils de voie.

Les trains de travaux comprennent des tracteurs et des plates-formes (en particulier, des plates-formes équipées pour le transport et la manutention des rails, des pièces lourdes d'appareil de voie ; elles peuvent aussi être équipées d'échafaudages). Ces trains transportent des appareils divers, matériel de soudure, de tirefonnage, des compresseurs, des bétonnières, du matériel pour injections, etc. Ces trains servent également à assurer le renouvellement ou la modernisation de l'équipement des lignes.

Des véhicules spéciaux effectuent des travaux d'entretien systématique sur le réseau :

- trains meuleurs qui font disparaître les marques d'usure ondulatoire ;
- trains chaumeurs pour le badigeonnage du tunnel et l'arrosage du ballast ;
- train aspirateur ;
- burreuse lourde automatique ;
- draisine de contrôle de la géométrie de la voie ;
- tracteur équipé pour le nettoyage du rail de courant, en vue de maintenir la qualité du téléphone haute fréquence.

Surveillance et entretien des installations

- Les services chargés de l'entretien des diverses installations fixes du réseau disposent d'ateliers et de centres divers dans le souterrain, d'où partent les équipes assurant l'entretien systématique ou les interventions occasionnelles en cas d'incidents (voie et ouvrages d'art, accès et bâtiments, installations électriques).

Numéros des photographies contenues dans cette brochure

Figure 1.	—	36 287	Figure 27.	—	78 653
» 2.	—	70 886	» 28.	—	70 047
» 3.	—	37 940	» 29.	—	68 709
» 4.	—	77 356 bis	» 30.	—	67 488
» 5.	—	70 887	» 31.	—	65 241
» 6.	—	48 980 bis	» 32.	—	79 132 bis
» 7.	—	66 646	» 33.	—	69 923
» 8.	—	5 174	» 34.	—	43 159
» 9.	—	20 800	» 35.	—	69 920 A
» 10.	—	71 906	» 36.	—	69 920 C
» 11.	—	48 976 bis	» 37.	—	29 872
» 12.	—	65 282	» 38.	—	67 018
» 13.	—	64 592	» 39.	—	69 920 B
» 14.	—	85 410	» 40.	—	70 349
» 15.	—	68 043	» 41.	—	70 494
» 16.	—	68 044	» 42.	—	69 919
» 17.	—	71 063	» 43.	—	86 770 bis
» 18.	—	26 641	» 44.	—	76 928 bis
» 19.	—	84 941	» 45.	—	71 466
» 20.	—	76 957 bis	» 46.	—	71 563
» 21.	—	80 915 bis	» 47.	—	28 079
» 22.	—	77 357 bis	» 48.	—	65 157
» 23.	—	69 864 bis	» 49.	—	41 093 bis
» 24.	—	79 790 bis	» 50.	—	70 493
» 25.	—	51 360	» 51.	—	70 527
» 26.	—	55 947	» 52.	—	70 525

Achévé d'imprimer le 28 Juin 1973, sur
les presses de l'IMPRIMERIE H. DRIDÉ
162, Av. du Général Gallieni - 93140 BONDY
N° Imprimeur 75.687 - Imprimé en France
Dépot légal - 2° Trimestre - Année 1973

