

M. Roussier

RÉGIE AUTONOME DES TRANSPORTS PARISIENS



LE RÉSEAU MÉTROPOLITAIN

AVRIL 1970

RÉGIE AUTONOME DES TRANSPORTS PARISIENS

**DIRECTION DU
RÉSEAU FERRÉ**

LE RÉSEAU MÉTROPOLITAIN

AVRIL 1970

Sommaire

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
Appareils élévateurs et translateurs	25
Eclairage - Information du public	26
Rôle du chef de station	27
Nettoie ment et hygiène	27

LA LIGNE

Tracé et mode d'exploitation des terminus	28
Equipe ment technique des terminus - Voies de manœuvre	30
Organisation du terminus pour l'utilisation du personnel	31
Signalisation	33
Comman de, contrôle et régulation de la marche des trains	35

ALIMENTATION DES LIGNES EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Postes de redressement et postes haute tension	37
Alimentation des lignes en courant de traction	39

ÉLÉMENTS D'ENSEMBLE DU RÉSEAU

Permanence de l'exploitation	41
Organismes divers de l'exploitation	42
Raccordements entre lignes	42
Etablis sements pour l'entretien du matériel roulant	42
Entretien de la voie et des ouvrages - Trains de travaux - Atelier et parc de la voie	43
Surveillance et entretien des installations	45

Généralités

Technical drawing of a cross-section of a two-chambered shell. The drawing shows a symmetrical, rounded structure with two internal chambers. Dimensions are provided in millimeters (mm) and centimeters (cm). The overall width is 8.60 mm (top) and 7.10 mm (middle). The overall height is 2.07 cm (right). The internal chambers are separated by a central partition. The width of each chamber is 2.40 mm. The height of the chambers is 2.30 mm (top) and 2.40 mm (middle). The thickness of the shell is 0.50 mm (bottom left) and 0.70 mm (bottom right). The overall length is 6.34 mm (bottom left) and 6.17 mm (bottom right). The drawing is labeled with '0.50', '7.10', '8.60', '2.30', '2.40', '2.40', '2.07', '0.50', '0.70', '6.34', '6.17', and '0.35'.

Dans les années 1930, 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 embranchements (sauf une exception), dont les longueurs s'étagent entre 3 et 20 km ;
- maillage serré couvrant assez régulièrement 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 (500 à 600 mètres) et de faible longueur (75 à 110 mètres) ;
- tarif unique, quelle que soit la longueur du parcours, que le voyageur emprunte une ou plusieurs lignes ;
- trains de capacité relativement faible (550 à 980 voyageurs) — en raison de leur gabarit étroit et de leur longueur — mais passant à des intervalles courts (1 mn 40 à plus de 2 mn à l'heure d'affluence) ;
- trains parcourant chaque ligne de bout en bout, à vitesse commerciale assez faible (21 à 27 km/h) en raison du rapprochement des stations (la vitesse maximale autorisée étant de 70 km/h).

• Les 15 lignes du métropolitain ont une longueur totale de 169 km, dont 159,5 km en souterrain et 9,5 km en viaduc. Elles desservent 338 (1) points d'arrêt constituant 265 (1) stations si on les compte d'après leur nom (fig. 4 et 5) ; sur ces 265 (1) stations il y a 51 stations de correspondance.

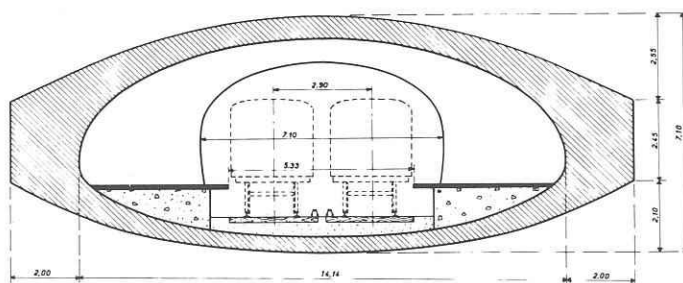


Fig. 4 et 5. — Station de type courant.

Les trains circulent « en navette » entre les deux terminus d'une ligne, la durée de la course étant de l'ordre d'une demi-heure sur la plupart des lignes (40 à 50 minutes sur 3 lignes seulement).

(1) Chiffre valable à la fin de 1968 ; ce nombre a été réduit d'une unité le 23 août 1969 par le remplacement de 2 points d'arrêt de la ligne n° 3 par une station unique.

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 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, 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.

Contexture du réseau métropolitain

(au 31 décembre 1969)

Lignes	Longueur totale (km)	Longueurs		Stations				Longueur moyenne des inter-stations (m)
		Hors Paris (km)	Partie aérienne (km)	en service	corres-pondances	aériennes	longueur (m)	
1 (1)	14,640	4,029	0,083	23	9	1	90 (4)	665
2	12,321		2,224	25	10	4	75	513
3	11,821	1,679		26	9		75	455
4 (1)	10,635			26	11		90	425
5	11,220	1,564	1,218	20	9	2	75	561
6	13,633		6,058	28	10	13	75	505
7	15,380	1,559		31	9		75 (4)	513
7 bis	3,059			8	3		75	437
8	15,866	1,784		31	11		75 (4)	496
9	19,560	4,579		37	11		75 (4)	529
10	9,510			20	8		75	432
11 (1)	6,285	0,788		13	7		75	524
12	13,886	1,488		28	8		75	514
13-13 bis (2)	6,508	2,741		12	4		75	651
14	4,610			9	3		75	576
Total réseau métropolitain	168,934	20,211	9,583	337 (3) (265)	122 (3) (51)	20		521

(1) Les lignes n° 1, 4 et 11 sont équipées pour la circulation du matériel sur pneumatiques.

(2) Détail de la ligne n° 13-13 bis : Tronc commun : 1,348 km - Branche Clichy : 1,284 km - Branche Pleyel : 3,876 km dont 2,741 hors Paris.

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

(4) Un certain nombre de stations ont 105 m de long.

Caractéristiques d'exploitation par ligne

(Hiver 1968-1969)

Lignes	Longueur totale (km)	Nombre de stations	Durée moyenne de la course à l'affluence du soir	Vitesse commerciale (km/h)	Nombre de trains formés en service	Nombre de voitures des trains	Nombre de départs journaliers (1)	Intervalle minimal	Voitures X km parcourus annuellement (2)
1	14,640	23	33 mn 50 s	26,0	42	6	357	1 mn 50 s	19,2
2	12,321	25	34 mn 10 s	21,6	40	5	341	1 mn 50 s	12,8
3	11,821	27 (3)	35 mn 20 s	20,1	44	5	348	1 mn 45 s	12,1
4	10,635	26	29 mn 50 s	21,3	39	6	365	1 mn 50 s	14,0
5	11,220	20	30 mn 00 s	22,4	36	5	321	1 mn 50 s	11,0
6	13,633	28	37 mn 45 s	21,7	39	5	310	2 mn 00 s	12,8
7	15,380	31	44 mn 35 s	20,7	50	5	339	1 mn 55 s	15,4
7 bis	3,059	8	8 mn 00 s	23,0	6	4	237	2 mn 35 s	1,8
8	15,866	31	42 mn 00 s	22,6	51	5	349	1 mn 50 s	16,3
9	19,560	37	51 mn 55 s	22,9	60	5	365	1 mn 50 s	19,8
10	9,510	20	25 mn 00 s	23,5	25	4	296	2 mn 15 s	6,7
11	6,285	13	15 mn 00 s	25,1	15	4	275	2 mn 30 s	4,0
12	13,886	28	38 mn 50 s	21,4	48	5	362	1 mn 45 s	14,7
13									
Saint-Lazare	2,632	6 (4)	7 mn 30 s	21,1				5 mn 30 s	
Clichy					16	2 élém.	376		4,2
Saint-Lazare	5,224	9 (4)	13 mn 00 s	24,1				1 mn 50 s	
Pleyel									
14	4,610	9	12 mn 5 s	22,9	12	4	278	2 mn 25 s	3,0
Réseau métropolitain	168,934	338 (3)			523		4.919		168,2

(1) Nombre de départs = nombre de tours (course aller + course retour).

(2) Parcours réalisés pendant l'année 1968, en millions.

(3) Le 23 août 1969, le nombre des stations de la ligne n° 3 a été réduit d'une unité.

(4) Dont 3 stations sur le tronç commun.

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 meulières ou de moellons, portée par des piédroits 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.

L'alimentation en courant de traction est assurée, sous tension de 700 V continu, par « 3^{eme} rail », barre de profil massif en T supportée par des isolateurs en céramique.

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) ;

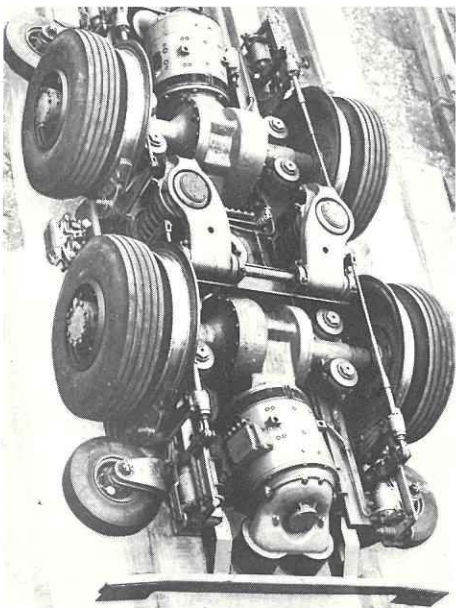


Fig. 6. — Bogie du matériel roulant sur pneumatiques.

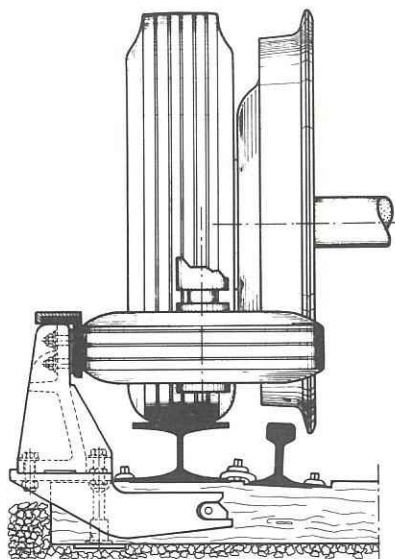


Fig. 7. — Principe du roulement sur pneumatiques.

- 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 crevaisson 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 105) 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 233 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 2,400 m, la hauteur au-dessus du rail 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 moteur. 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. Les rames modernes à roues métalliques ne comprennent que des motrices.

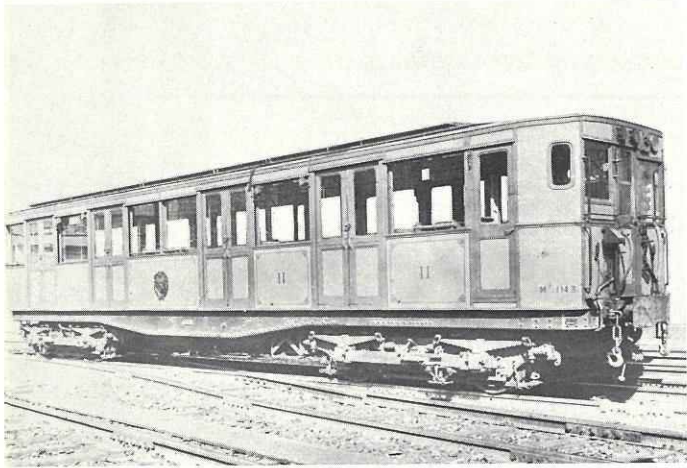


Fig. 8. — Matériel roulant de type ancien (1930).



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.

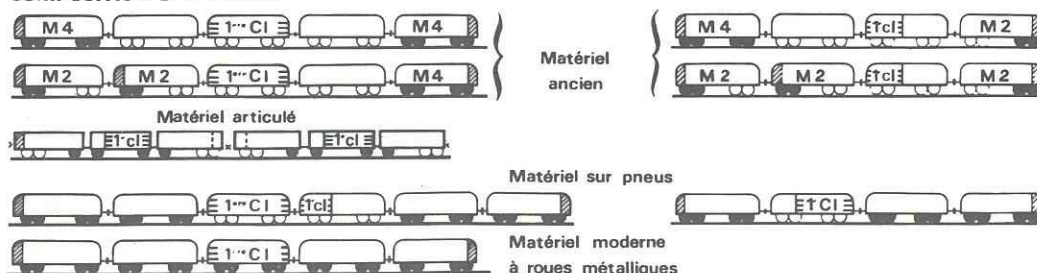


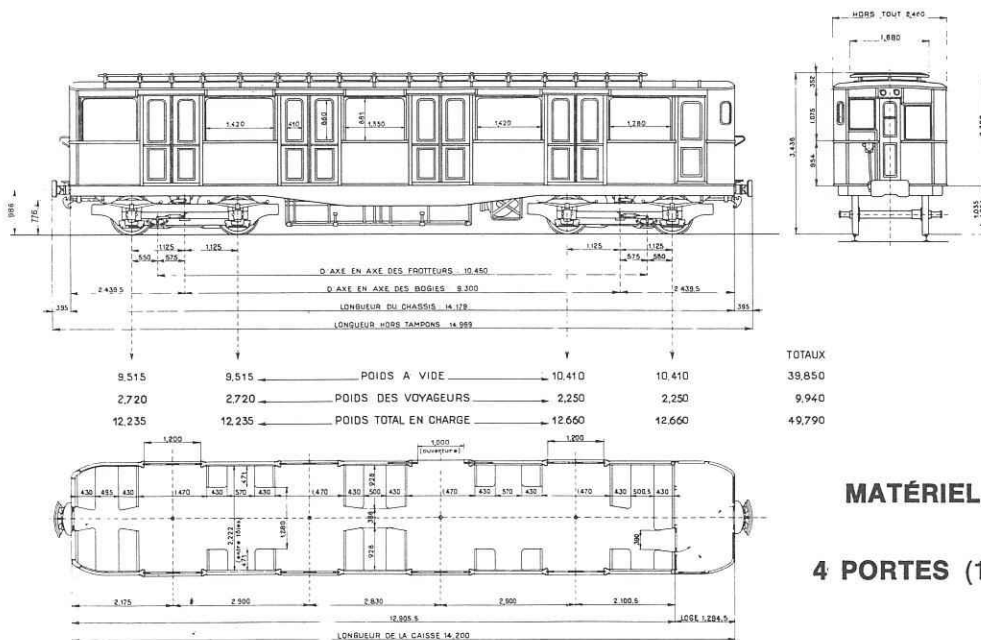
MATÉRIEL ROULANT A VOYAGEURS DU RÉSEAU MÉTROPOLITAIN

(Composition du parc du matériel au 1^{er} janvier 1969)

Types	Nombres	Longueur de caisse	Portes	Date de commande	Traction	Observations
MATÉRIEL ANCIEN	157	13,350	3 × 1 m	1906-11	2 moteurs 175 ch, 1 équipement Sp. Th.	— à grande loge
	218	13,600	3 × 1,2 m	1921	2 moteurs 175 ch, 1 équipement Sp. Th.	— dont 11 à 2 loges
Motrices (2 ^{ème} classe) avec loge de conduite	62	14,200	3 × 1,2 m	1926	4 moteurs 175 ch, 2 équipements Sp. Th.	
	595	14,200	4 × 1 m	1928-33	4 moteurs 175 ch, 2 équipements Sp. Th.	— dont 21 avec équi- pement JH et 4 moteurs de 200 ch
	105	13,600	3 × 1 m	1907-24	4 moteurs 125 ch,	— type NS
	1137					
Remorques (1 ^{ère} cl. - 2 ^{ème} cl.) et mixtes	55	12,450	3 × 1 m	1906-11		
	119	13,600	3 × 1,2 m	1921-25		
	151	13,600	3 × 1 m	1907-24		— type NS
	42	14,200	3 × 1,2 m	1926		
	858	14,200	4 × 1 m	1929-33		
	1225					
MATÉRIEL ARTICULÉ						
Eléments automoteurs arti- culés 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, 1 équipement JH ou CEM	
Motrices sans loge	206	14,390	4 × 1,3 m	1954-66		
Remorques	197	14,390	4 × 1,3 m	1954-66		
	627					
MATÉRIEL MODERNE à roues métalliques						
Motrices avec loge	80	15,095	4 × 1,3 m	1966-67	2 moteurs de 245 ch (1 par bogie)	Matériel de la ligne n° 3 (en cours de livraison)
Motrices sans loge	120	14,390	4 × 1,3 m	1966-67	ou 4 moteurs de 128 ch	
	200					

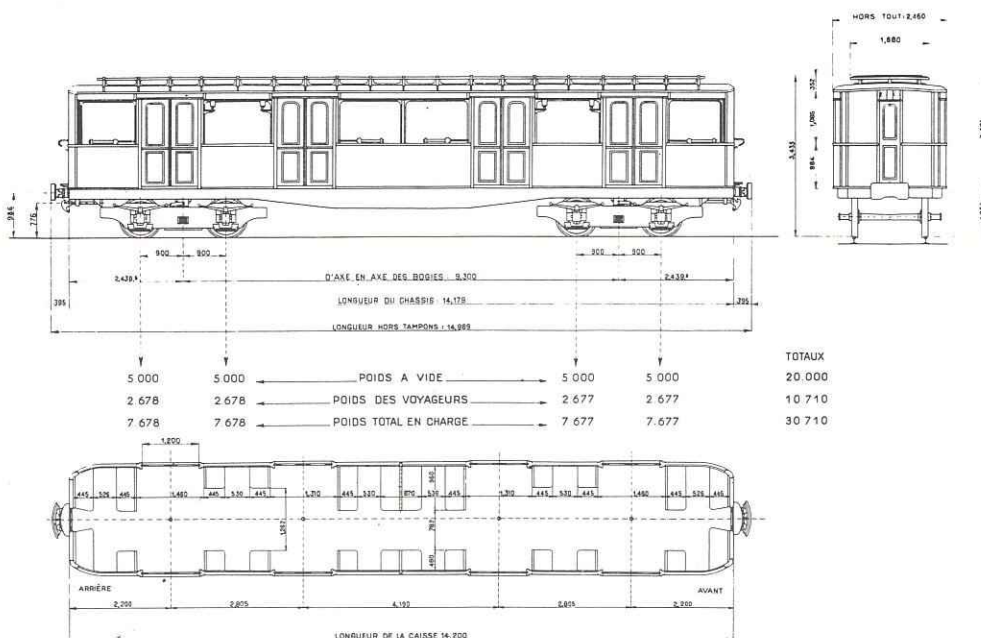
COMPOSITION DES RAMES





MATÉRIEL 14,200

4 PORTES (1928-1933)



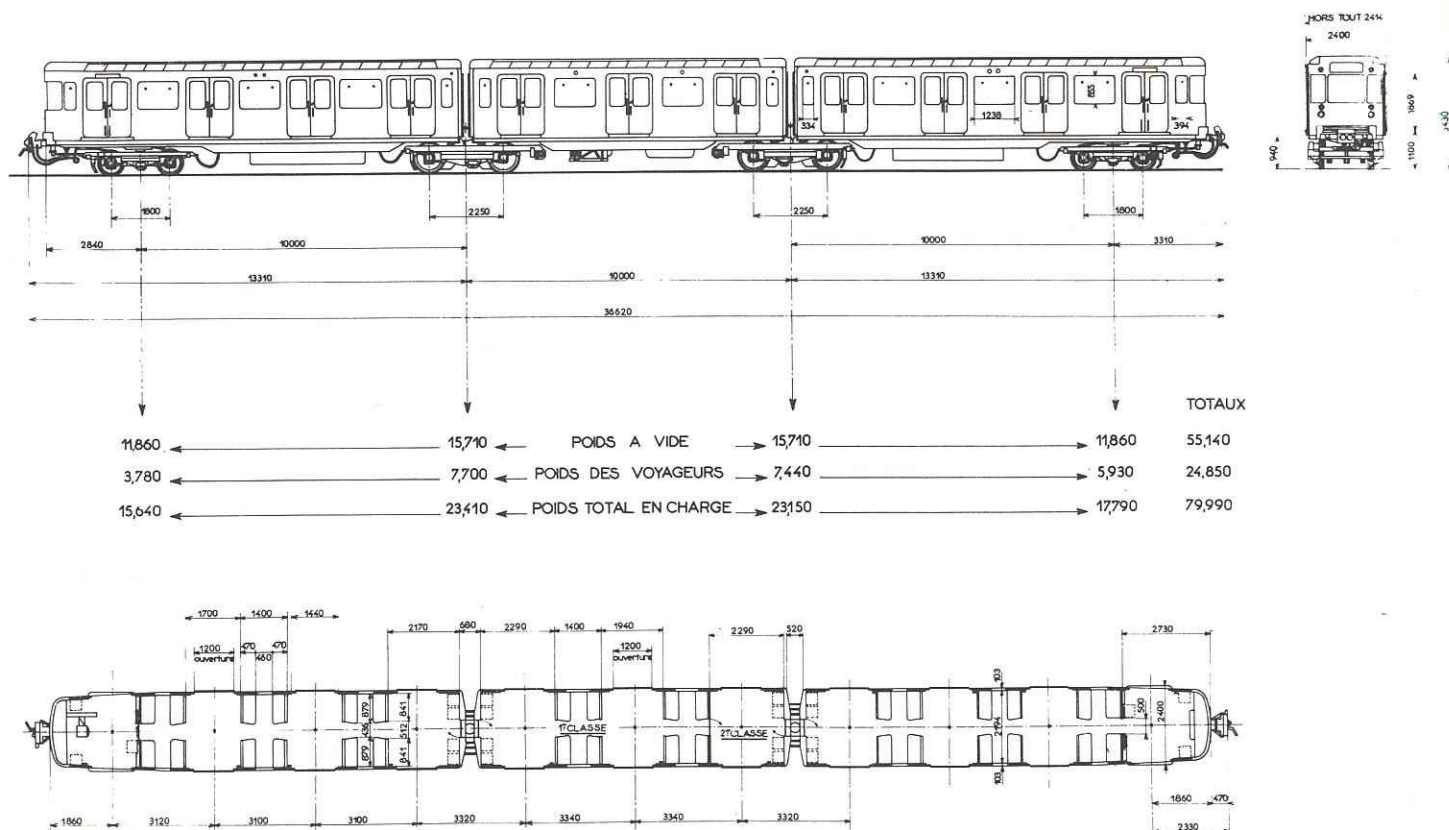
- **Traction** : deux groupes de deux moteurs commandés chacun par un équipement de traction :
 - moteur cuirassé (175 ch unihoraire à 700 V) à suspension par le nez,
 - équipement de traction à unités multiples Sprague-Thomson, à contacteurs séparés à commande électromagnétique,
 - tension de commande 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

	Cn = (a + b) p	
	a = Nombre de voyageurs assis	
	b = surface des couloirs et plates-formes m²	
	0,17	
	p = 70 kg	
Matrice Remorque	31	34
Debout	111	119
Assis		
Total	142	153



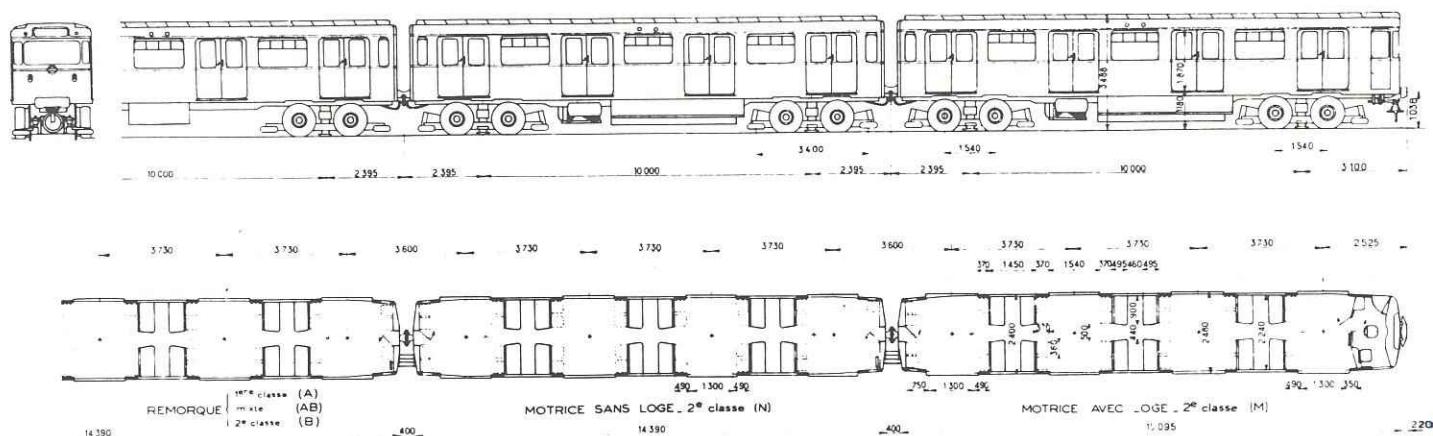
MATÉRIEL ARTICULÉ (1952)

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.

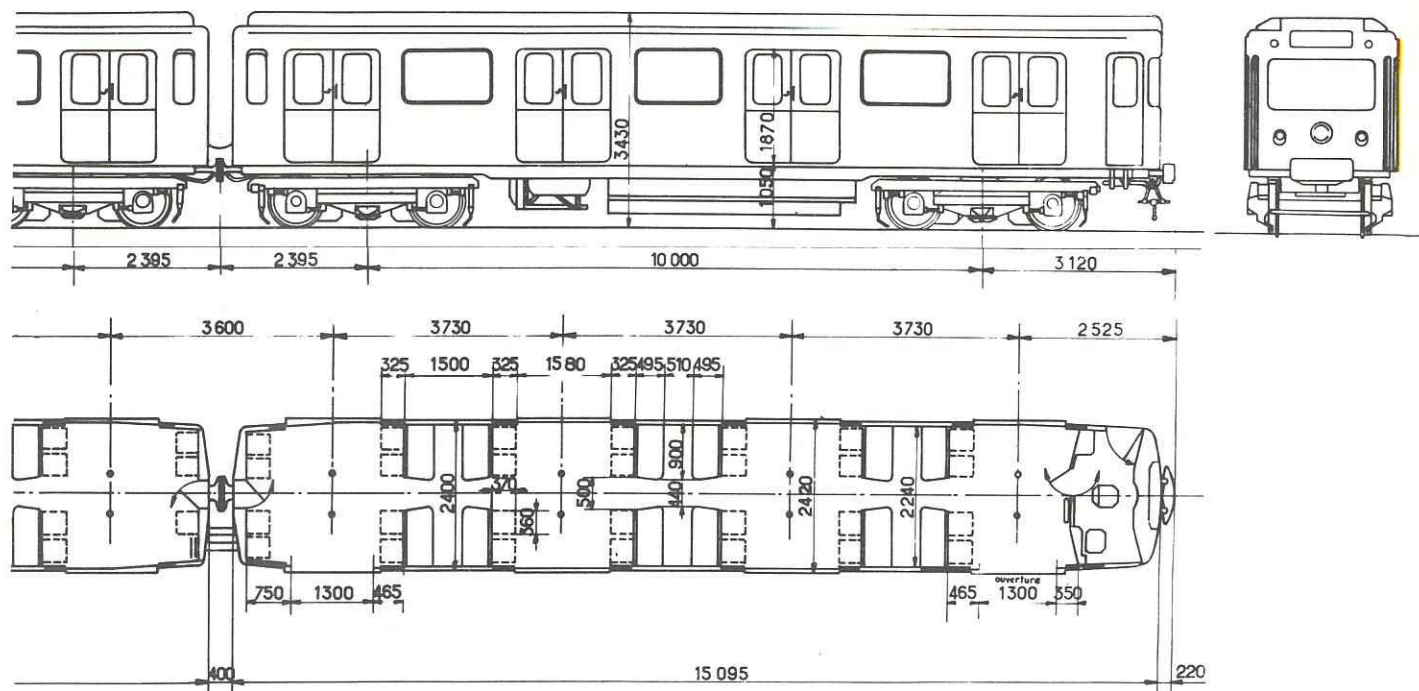


MATÉRIEL SUR PNEUMATIQUES TYPE MP 59 (1963-1966)

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) :	32	180	212	71
1 ^{ère} classe	112	658	770	253
2 ^{ème} classe	144	838	982	324

- **Pneumatiques :**
 - porteurs : Michelin « Métalio » F 16, rayon 0,600 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 :**
 1. 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.
 2. 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 automatiques 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, masse : 1450 et 700 kg, vitesse max. 2670 et 3000 tr/mn.
- **Équipement 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.

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

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 (sauf sur la ligne n° 11) 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, le chef de train trouve un dispositif de télévision qui 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 modernisées une liaison permanente entre les loges des trains et le poste de contrôle et de commande 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 toutes les lignes, le personnel du train dispose d'un téléphone mobile qu'il peut brancher sur des fils disposés le long du piédroit du tunnel, pour entrer en communication avec un agent à poste fixe.

- Sur la ligne n° 11 un dispositif de pilotage automatique assure les opérations de conduite et le respect de la signalisation. Seul le départ du train, après fermeture des portes, est commandé manuellement (fig. 17 et 18).

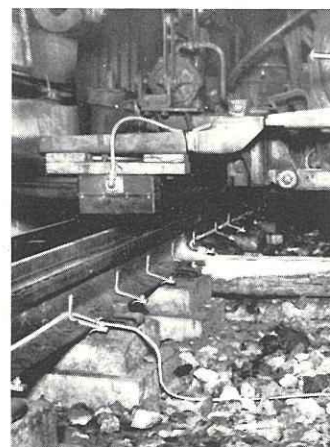
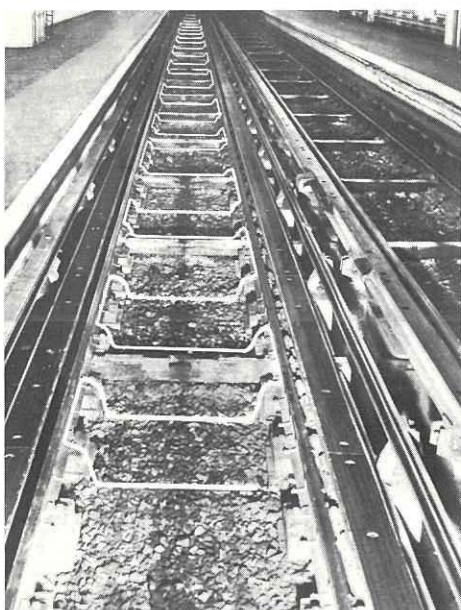


Fig. 17. — Capteur.
Pilotage automatique (ligne n° 11).

Fig. 18. — Câble inducteur et ses redans.
Pilotage automatique (ligne n° 11).

Ce dispositif, généralisé sur toute la ligne depuis 1967, permet une exploitation à un seul agent ; différents dispositifs, utilisant en particulier le système de téléphone à haute fréquence, assurent la sécurité en cas de défaillance de l'agent de conduite.

- 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 (fig. 19)

- 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. 19. — Installation de vente et contrôle des billets et cartes.

La « receveuse » du bureau de vente dispose d'une machine auto-imprimeuse (fig. 20) qui assure l'impression immédiate et la délivrance de différents types de titre de transport (fig. 21) ; la machine peut délivrer les billets par un, deux ou trois, ou par paquets de dix (la machine délivre sept titres de transport différents).

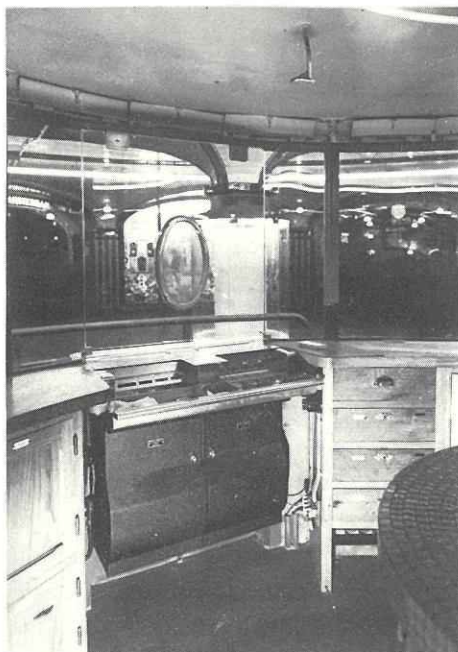


Fig. 20. — Machine auto-imprimeuse de billets et de cartes hebdomadaires.

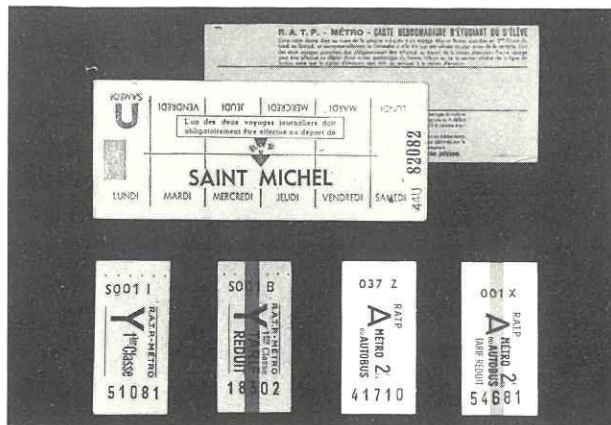


Fig. 21. — Titres de transport.

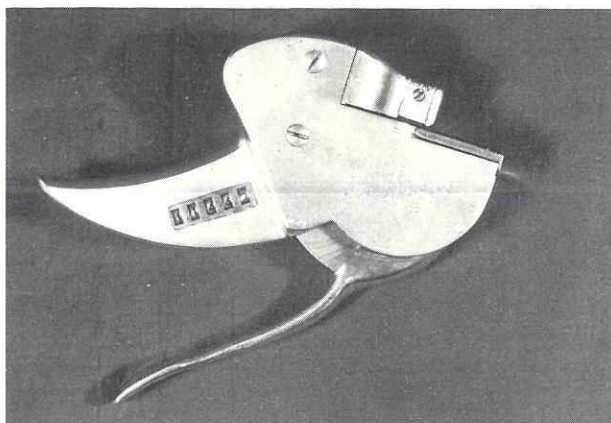


Fig. 22. — Pince de contrôle.

- Le contrôle des titres de transport est assuré par des agents qui oblitèrent les billets et cartes à l'aide d'une pince de contrôle (fig. 22) ; 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.

- Prochainement, la Régie entreprendra l'installation, sur tout le réseau métropolitain, d'un système de contrôle automatique des titres de transport. Ce système utilisera des billets et 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 cartes sera assurée par des batteries de distributeurs automatiques (fig. 23), à calculateurs électroniques, qui accepteront les pièces de monnaie et les billets de banque.

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. 24).



Fig. 23. — Essai de distributeurs automatiques de carnets de billets.



Fig. 24. — Essai de tourniquet d'admission automatique.

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.

Le travail des têtes lectrices sera dirigé par un calculateur électronique, un seul calculateur pouvant animer jusqu'à quinze barrières.

Les divers calculateurs d'une station seront réunis à un poste central auquel ils transmettront les résultats journaliers de l'exploitation.

Ce système est analogue à celui qui a été appliqué sur la ligne régionale Est-Ouest.

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. 25) ;
- « battants doubles verrouillés » dont le second est déverrouillé par la manœuvre du premier, un seul sens de circulation étant ainsi autorisé (fig. 26) ;

- « portes verrouillées » utilisables dans un seul sens ; la serrure de ces portes est déclenchée par la poussée d'un panneau mobile du vantail (fig. 27) ;
- tourniquets de sortie, infranchissables en sens inverse, pour les accès non gardiennés (fig. 28) ;
- 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. 25. — Portillons automatiques.



Fig. 26. — Battants verrouillés.



Fig. 27. — Portes verrouillées.



Fig. 28. — Tourniquet de sortie.

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 337 stations du réseau, 64 sont équipées d'appareils élévateurs : 10 d'ascenseurs, 52 d'escaliers mécaniques et 2 d'escaliers mécaniques et d'ascenseurs.

- Les ascenseurs de type moderne, ou modernisés, sont commandés automatiquement (fig. 29), 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.



Fig. 29. — Ascenseurs automatiques.



Fig. 30. — Escaliers mécaniques.

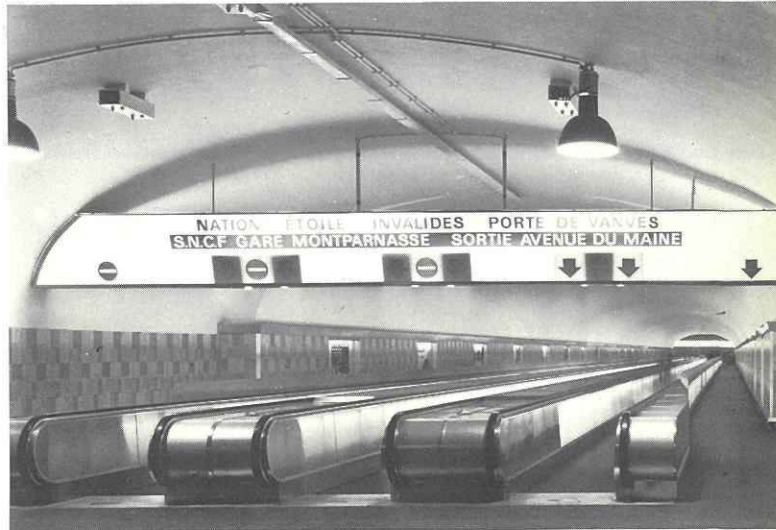


Fig. 31 et 32. — Trottoir roulant Maine-Montparnasse.

Les escaliers mécaniques (fig. 30), au nombre de 94, 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 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 32).

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

Eclairage - Information du public

- L'éclairage des stations, initialement alimenté par du courant continu à 600 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.

L'éclairage du tunnel est assuré en permanence ainsi que celui des motifs lumineux qui, sur les quais, indiquent les accès de sortie (fig. 33).

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. 34), indiquant les itinéraires à emprunter pour atteindre toutes les stations du réseau, sont installés dans les stations les plus fréquentées (122 en service environ).

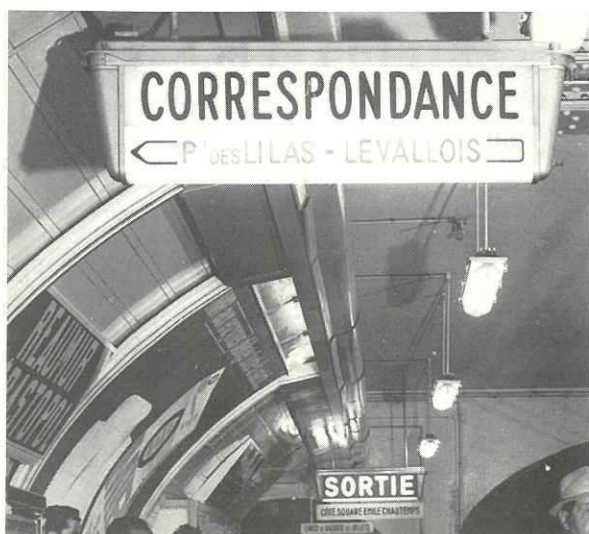


Fig. 33. — Panneaux lumineux de signalisation.



Fig. 34. — Plan indicateur automatique.

- 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 environ 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. 35). Il intervient également en cas de perturbation dans la marche des trains.

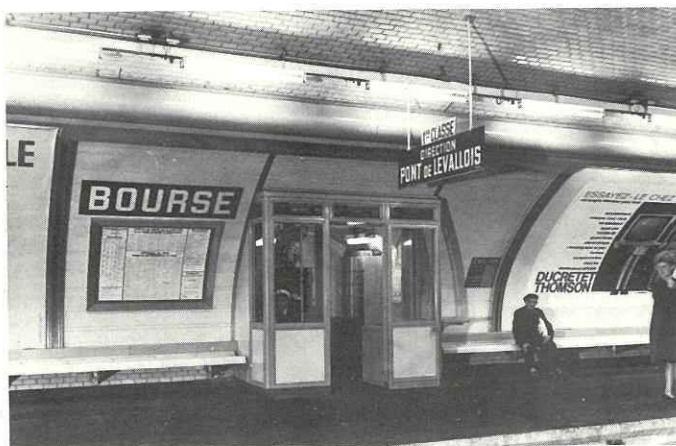


Fig. 35. — Bureau de chef de station.

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.).

Nettoielement et hygiène

- Les accès et les quais des stations sont arrosés et nettoyés plusieurs fois par jour.

En outre, mensuellement ou bi-mensuellement, selon l'intensité locale du trafic voyageurs, un nettoyage total est opéré pendant l'interruption du service. Il comprend l'arrosage au jet, le brossage et l'essuyage des sols et revêtements muraux.

- La plate-forme des voies, en station et dans le tunnel, est nettoyée périodiquement par le passage d'un train aspirateur qui parcourt les lignes à faible vitesse.

D'autre part, la voie et le tunnel font l'objet d'une désinfection périodique par un convoi arroseur qui pulvérise des produits microbicides.

La ligne

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

Sur les lignes dont l'équipement est ancien, l'un des terminus est considéré comme le principal et c'est le « chef de départ » de ce terminus qui prend les mesures nécessaires pour maintenir la régularité des trains en ligne.

Sur les lignes dont l'équipement est modernisé et qui sont rattachées au poste de contrôle et de commande centralisée (P.C.C.) du réseau (boulevard Bourdon), l'exploitation est contrôlée par un chef de régulation qui dispose de tous les moyens nécessaires pour connaître la position des trains, pour entrer en communication avec eux et pour prendre toutes les mesures nécessaires en cas de perturbation ou d'incident.

Les lignes rattachées au poste central sont les lignes n^{os} 1, 4, 7 et 11, l'équipement de ces deux dernières étant d'un type réduit.

Tracé et mode d'exploitation des terminus

- Les terminus des 15 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. 36 et 37) ; à la station termi-

nale 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 », 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 dix-neuf) comportent un « tiroir de changement de voie » en arrière-gare (fig. 38), 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.

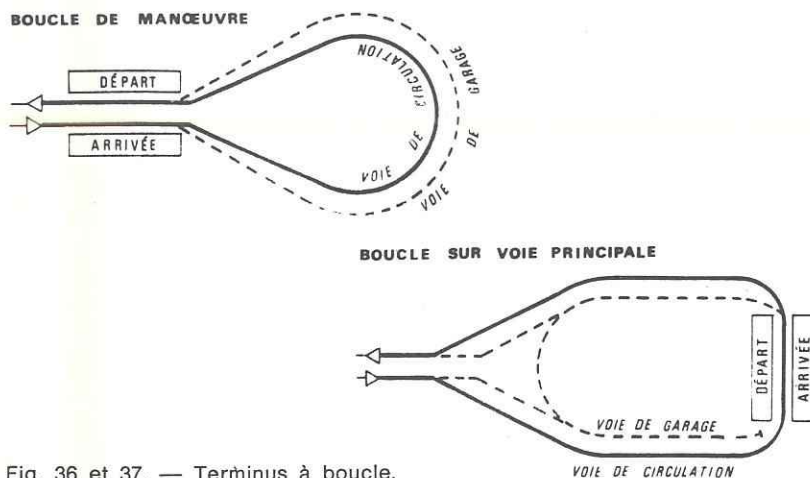


Fig. 36 et 37. — Terminus à boucle.

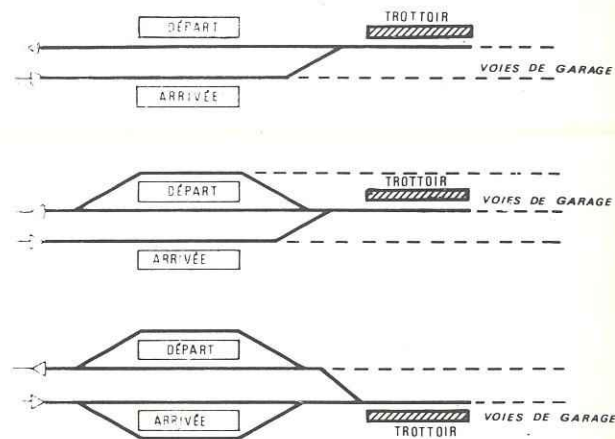


Fig. 38. — Terminus à tiroir.

- 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 (fig. 40).

- 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. 39).

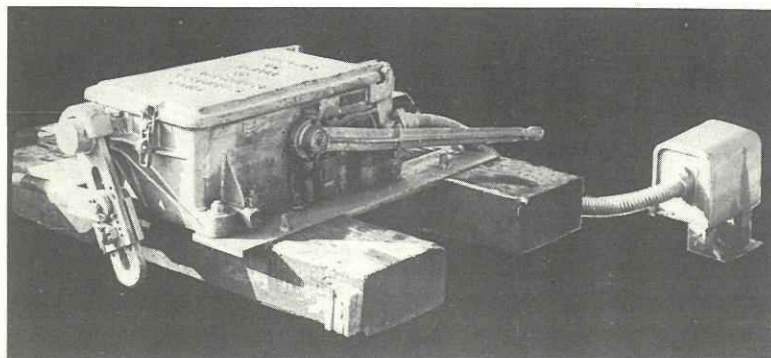


Fig. 39. — Moteur électrique de commande d'aiguille avec levier de commande de secours incorporé.



Fig. 40. — 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 correspondant à une manette dont l'actionnement n'est efficace que si toutes les conditions de sécurité sont remplies.

Les postes les plus modernes sont du type « tout relais », à clés libres et enclenchements électriques. Ils sont complétés par un tableau lumineux indiquant la position des aiguillages, des signaux et des trains. Si c'est nécessaire un dispositif téléviseur permet au responsable du poste de voir le numéro porté par les rames en position de départ ou d'arrivée.

- 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 constitue le centre d'affectation et de commandement du personnel des trains, qui garent et dégarent dans ce terminus.

Les conducteurs des trains disposent d'un corps de garde ; leur commandement est plus particulièrement assuré par les « chefs de secteur ».

Les chefs de train ont également un corps de garde ; leur commandement est plus particulièrement assuré :

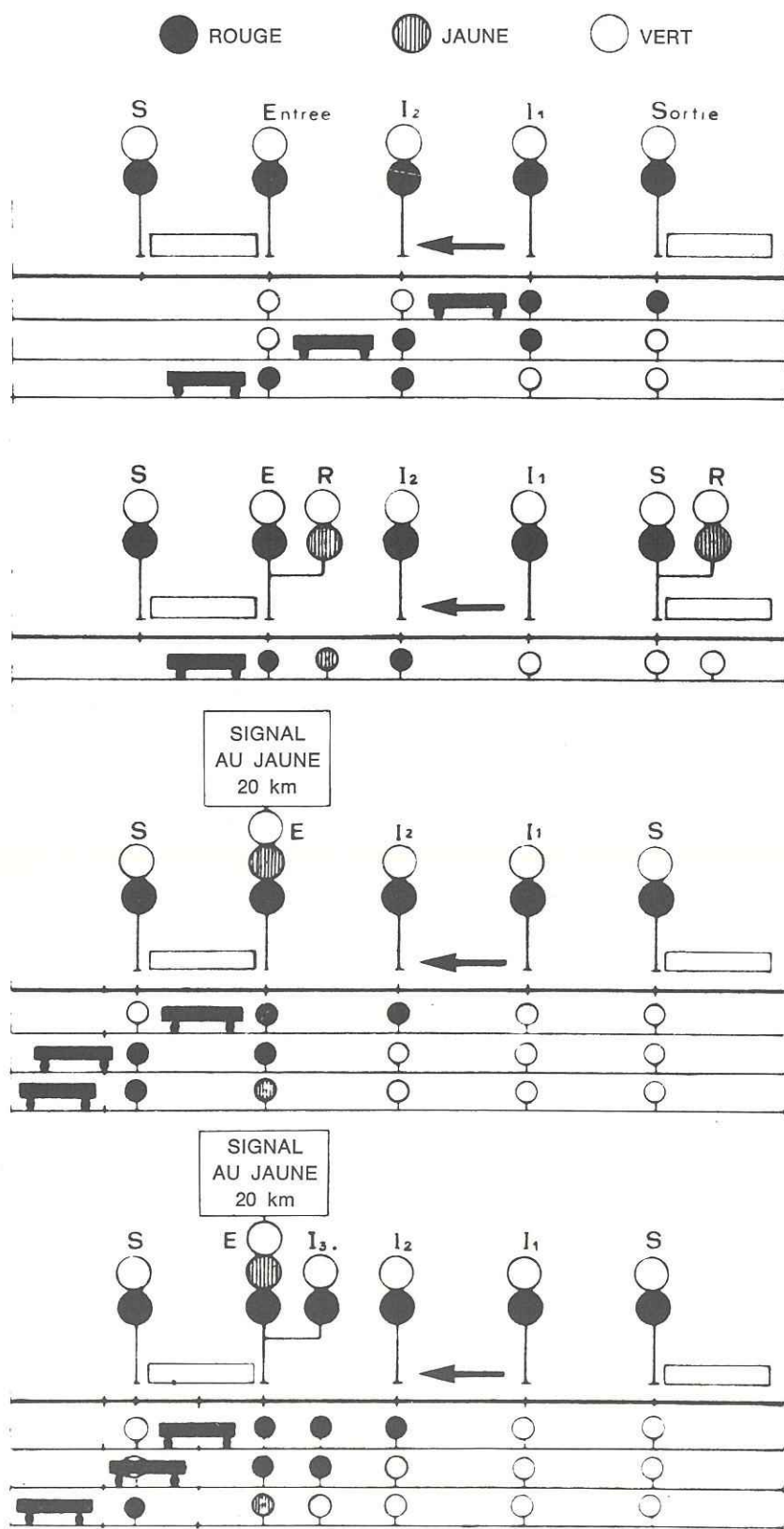
- dans les gares, par les « sous-chefs de gare » ;
- en ligne, par les « régulateurs » et les « chefs de secteur », ou par le chef de régulation du P. C. C. si la ligne y est rattachée.

Les sous-chefs de gare assurent le rôle de chef de station dans leur gare.

Le chef de départ assure le mouvement des trains et a autorité sur les agents des manœuvres.

La plupart des terminus sont placés sous l'autorité d'un chef de gare.

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.



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. 41. — Principe de l'implantation des signaux.

- La signalisation d'espacement (ou de block) des voies principales est du type à cantons fixes et circuits de voie : des sections de rails de la voie, séparées par des joints isolants, 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 (fig. 41).

Des « connexions inductives » (fig. 42) 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 boîtes à feux.

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 ; 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. 43).

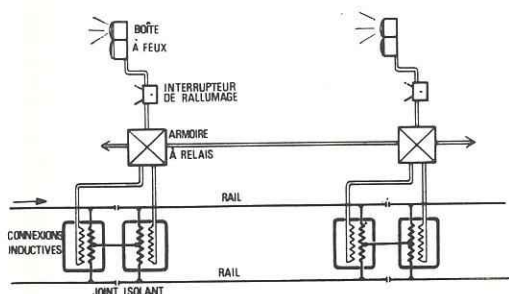


Fig. 42. — Schéma de fonctionnement de la signalisation à circuit de voie.



Fig. 43. — 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 « répéteur » (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 apparaît 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. 44).

- La signalisation complémentaire des lignes comprend :
 - des signaux fixes de ralentissement ou de « reprise » ;
 - des signaux fixes d'arrêt ;
 - des indicateurs d'itinéraire.

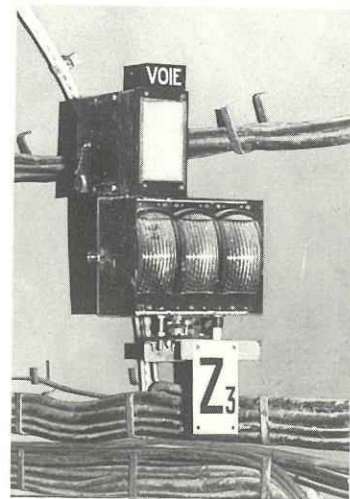


Fig. 44. — Signal de manœuvre à trois feux (avec indicateur d'itinéraire).

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 régulateur).

- 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. 45 et 46).

Le pupitre est relié en permanence avec 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 sur les lignes n^{os} 1 et 4), la situation des aiguillages et signaux, et l'état d'alimentation en courant de traction des diverses parties de la ligne.



Fig. 45. — Poste de contrôle et de commande centralisés (ligne n° 1).

Il joue le rôle de « chef de secteur » et de « régulateur ».

Il peut modifier les horaires de départ, donner aux 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 la ligne n° 7, la régulation de la marche des trains en ligne est assurée par la présence, en tête du quai de chaque station, d'une horloge électronique qui indique au conducteur l'heure de son départ. L'horloge déclenche, après un temps de stationnement déterminé, un signal avertissant les voyageurs que les portes vont être fermées. Elle assure, en outre, l'ouverture des portillons des quais pendant un temps invariable après le départ de chaque train.

L'horloge indique également le temps passé depuis le départ du train précédent. Ce système de régulation de la marche des trains, avec limitation autoritaire des temps de stationnement et fermeture chronométrique des portillons, est en service depuis mai 1969.

Sur la ligne n° 1, la régulation est assurée par des indicateurs de quai, commandés par un calculateur, qui indiquent aux conducteurs l'écart d'horaire ou d'intervalle qu'ils doivent s'efforcer de corriger au plus tôt.

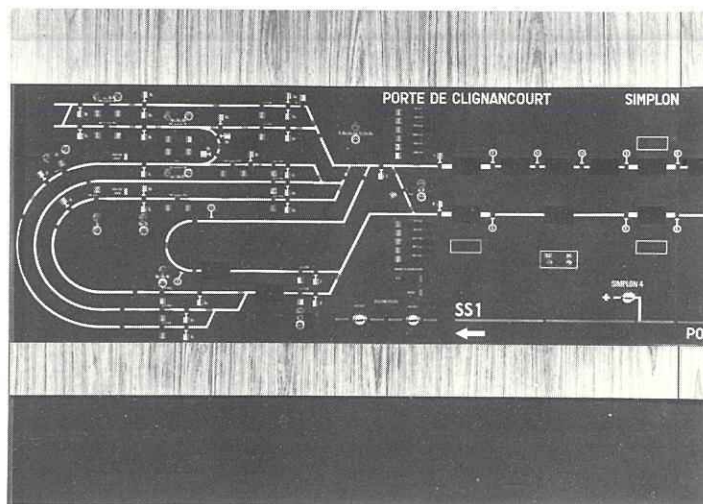


Fig. 46. — Fragment du tableau de contrôle optique (ligne n° 4).

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, particulièrement en ce qui concerne la télécommande.

L'ancien système comprenait une trentaine de sous-stations à groupes de transformations multiples et à commande manuelle.

Le nouveau est décrit ci-après.

Postes de redressement et postes haute tension

- Le courant de traction est fourni par des postes de redressement mono-groupes automatiques de traction, 15000 V/700 V continu - 1750 kW et 2300 kW alimentant chacun une section de voie. Les postes de redressement, au nombre d'une centaine, 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 haute tension (15000 V - 220/380 V alternatif) installés dans les stations ou à proximité (une station sur deux environ) ; ces postes sont doubles et complétés par une petite batterie d'accumulateurs à recharge automatique.

Alimentation des lignes en courant de traction

POSTES D'ALIMENTATION ET DE COMMANDE (63 kV - 10/15 kV) : Monttessuy - Père-Lachaise - Lamarck - Denfert

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



Fig. 47. — Poste de redressement.



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

Les postes de redressement de traction et les postes «éclairage - force» des stations sont alimentés par quatre grands postes d'alimentation et de commande (63 kV - 10/15 kV) répartis dans Paris et alimentés en courant 63 kV par la ceinture de Paris de l'E. D. F. (fig. 47).

Chaque poste 63 kV comprend deux transformateurs de 25 MVA et un groupe diesel électrogène de secours de 1800 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 en courant de traction

- Chaque ligne est découpée en sections d'alimentation (2 à 6 sections par ligne) alimentées séparément, mais en parallèle, par les postes de redressement. Sur les lignes modernisées, les sections sont réunies entre elles par des

« contacteurs de sectionnement », chaque section étant 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 de 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 » 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.

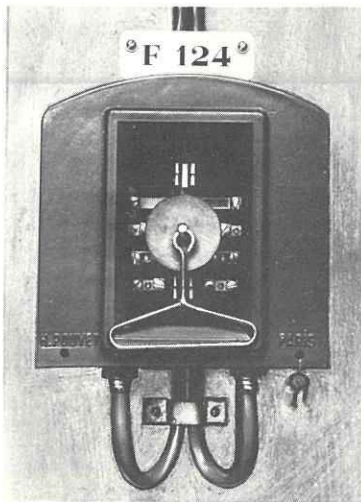
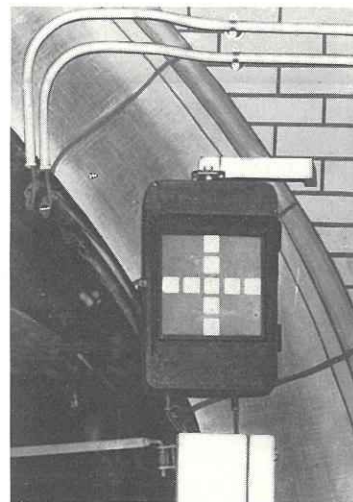


Fig. 50. — Indicateur d'alimentation en courant de traction.



- Un fil « trolley » alimenté à 700 V est placé 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 du commandement 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 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, toute fausse manœuvre étant naturellement 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.

- Les ateliers de révision (fig. 52), au nombre de quatre pour l'ensemble du



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.

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			
Javel	8			
	14			
Auteuil (souterrain)	10	Choisy	14	Bobinages de moteurs Bobinages électriques divers Compteurs d'énergie
Choisy	7			
Saint-Fargeau	3			
Italie	5-6			
Lilas (souterrain)	11 (pneu)	Saint-Ouen	10	— Sabots de frein en bois
Saint-Ouen	4 (pneu)			
Boulogne	9			
Vaugirard	12-13			
Montrouge	Sceaux	Montrouge	11	— Chronotachygraphes
			4	
ATELIER DE TRAVAUX CENTRALISÉS : Saint-Fargeau				
ATELIER DES MACHINES A BILLETS : Italie				
Réparations exceptionnelles de matériel Appareils de frein Compresseurs - Régulage Serrures de porte Machines à billets des stations Pincés de contrôle				

Entretien de la voie

RÉSEAU MÉTROPOLITAIN

Parc et atelier de la Villette
Centres d'entretien : République
Raspail

OUVRAGES D'ART DU RÉSEAU MÉTROPOLITAIN

Atelier : Aubervilliers-Villette

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, 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.

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.	—	51 360
» 2.	—	70 886	» 28.	—	55 947
» 3.	—	37 940	» 29.	—	70 047
» 4.	—	43 155	» 30.	—	68 709
» 5.	—	70 887	» 31.	—	67 488
» 6.	—	48 980 bis	» 32.	—	67 205
» 7.	—	66 646	» 33.	—	72 376 A
» 8.	—	5 174	» 34.	—	69 923
» 9.	—	20 800	» 35.	—	43 159
» 10.	—	48 062 bis	» 36. }	—	69 920 A
» 11.	—	48 976 bis	» 37. }		
» 12.	—	65 282	» 38.	—	69 920 C
» 13.	—	64 593	» 39.	—	29 872
» 14.	—	70 620	» 40.	—	67 018
» 15.	—	68 043	» 41.	—	69 919
» 16.	—	68 044	» 42.	—	69 920 B
» 17.	—	54 331 bis	» 43.	—	70 349
» 18.	—	54 329 ter	» 44.	—	70 494
» 19.	—	71 063	» 45.	—	70 361
» 20.	—	26 641	» 46.	—	69 572
» 21.	—	69 989	» 47.	—	28 079
» 22.	—	24 823	» 48.	—	65 157
» 23.	—	70 757	» 49.	—	41 093 bis
» 24.	—	69 690	» 50.	—	70 493
» 25.	—	69 468	» 51.	—	70 527
» 26.	—	70 896	» 52.	—	70 525

Achevé d'imprimer le 25 Avril 1970, sur
les presses de l'IMPRIMERIE H. DRIDÉ
4 et 6, Rue du Donjon - 94 - VINCENNES
N° Imprimeur 75.687 - Imprimé en France
Dépot légal - 2° Trimestre - Année 1970



