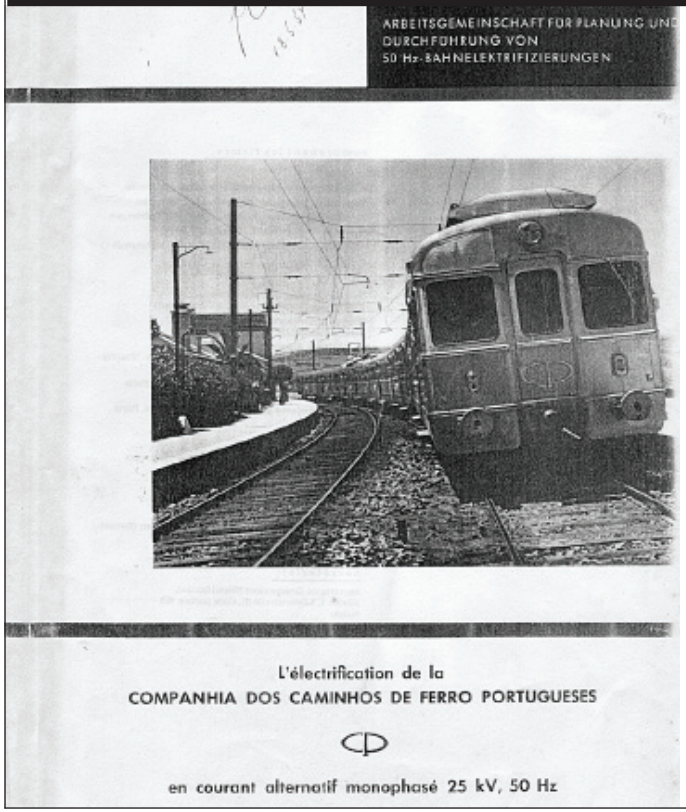
O COMBOIO EM PORTUGAL

Departamento de Informática
Universidade do Minho
Campus de Gualtar
4710-057 BRAGA
Telefone: 253.604457
Fax: 253.604471

http://ocomboio.net

BD 03 L'ÉLECTRIFICATION DE LA COMPANHIA PORTUGUESA DOS CAMINHO DE FERRO PORTUGUESES



BIBLIOTECA DIGITAL FERROVIÁRIA

"L´Électrification de la Companhia Portuesa dos Caminhos de Ferro - 1964"

Edição online de Dario Silva.

Publicado em Outubro de 2006.

GROUPEMENT D'ETUDE ET D'ELECTRIFICATION
DE CHEMINS DE FER EN MONOPHASE 50 H

GROUP FOR STUDY AND ELECTRIFICATION
OF RAILWAYS AT SINGLE-PHASE 50 cs

ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR PLANUNG UND
DURCHFÜHRUNG VON
50 Hz-BAHNELEKTRIFIZIERUNGEN

18.5.54

L'électrification de la

COMPANHIA DOS CAMINHOS DE FERRO PORTUGUESES

CP

en courant alternatif monophasé 25 kV, 50 Hz

GROUPEMENT D'ETUDE ET D'ELECTRIFICATION
DE CHEMINS DE FER EN MONOPHASE 50 Hz

GROUP FOR STUDY AND ELECTRIFICATION
OF RAILWAYS AT SINGLE-PHASE 50 cs

ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR PLANUNG UND
DURCHFÜHRUNG VON
50 Hz-BAHNELEKTRIFIZIERUNGEN

comprenant les firmes:

Allemagne

AEG Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin

Siemens & Halske Aktiengesellschaft, München

Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Erlangen

Henschel-Werke GmbH, Kassel

Linke-Hofmann-Busch GmbH, Salzgitter-Watenstedt

France

Société Générale de Constructions
Electriques & Mécaniques ALSTHOM, Paris

Forges & Ateliers de Constructions
Electriques de JEUMONT, Paris

Le Matériel Electrique S-W, Paris
Constructions Electriques Schneider Licence Westinghouse

Société des Forges et Ateliers du CREUSOT, Paris
(Usines Schneider)

Société Parisienne pour l'Industrie Electrique, Paris

Portugal

SOREFAME Sociedades Reunidas de Fabricações
Metálicas S.A.R.L., Amadora

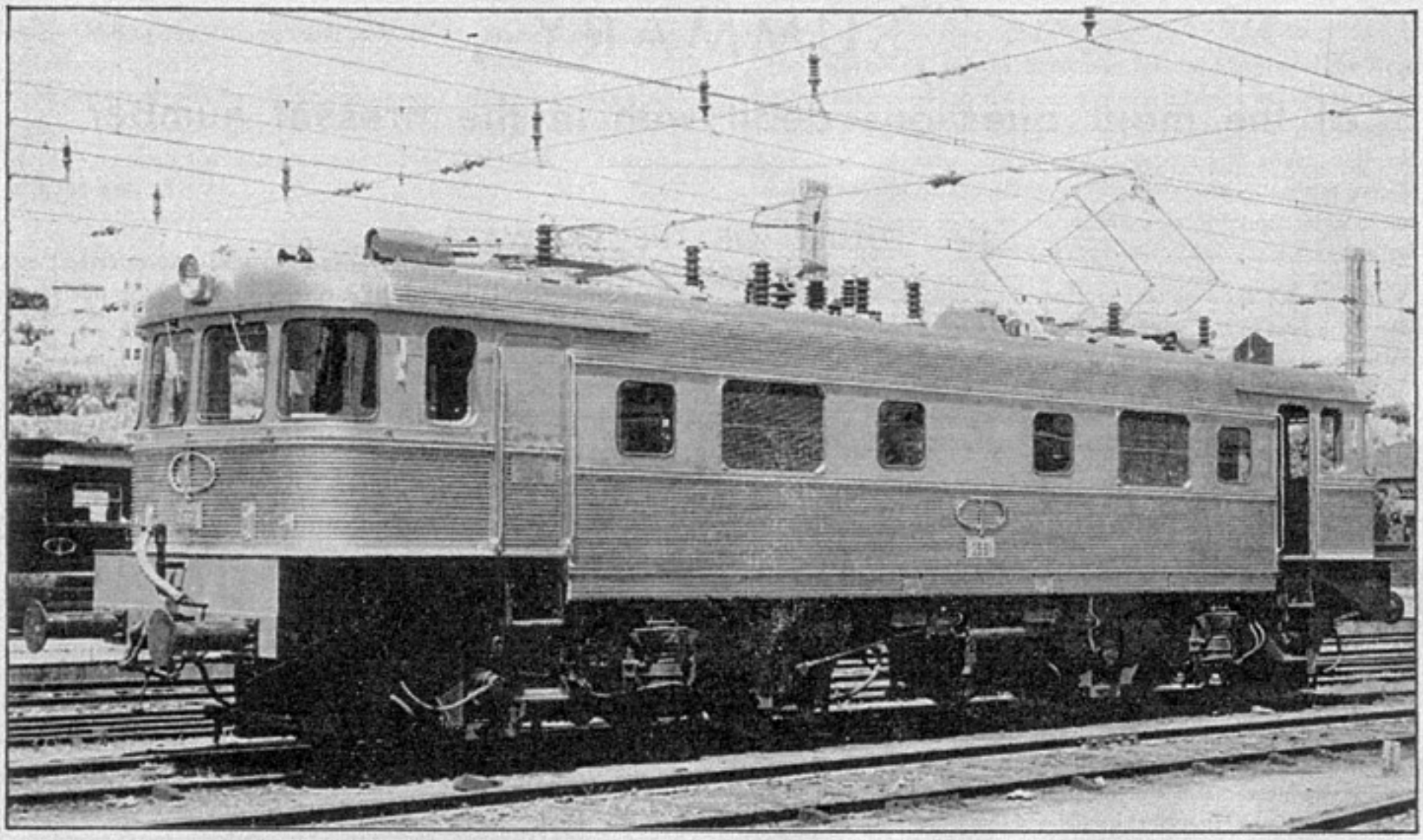
Suisse

Ateliers de Construction Oerlikon, Zürich
Société Anonyme Brown, Boveri & Cie., Baden (Suisse)
Schindler Wagons S.A., Pratteln (Suisse)

Secrétariat:

Secrétariat Groupement Electrification,
Zürich 1, Löwenstraße 31, Case postale 605
Suisse

Fig. 2 — Vue d'ensemble d'une locomotive



Les essais statiques de compression, charge verticale rt levage par les bouts ont permis, sur le prototype, la vérification de l'obtention des conditions de projet.

Au levage, on a poussé l'essai jusqu'à la suspension des deux bogies avec la caisse appuyée sur des vérins sous les deux bouts et on a « lâché » l'un d'eux pour faire un levage « en diagonale », la caisse ayant tenu dans des limites parfaitement raisonnables.

Le poids final de la locomotive (fig. 2) a été de 70 tonnes.

***

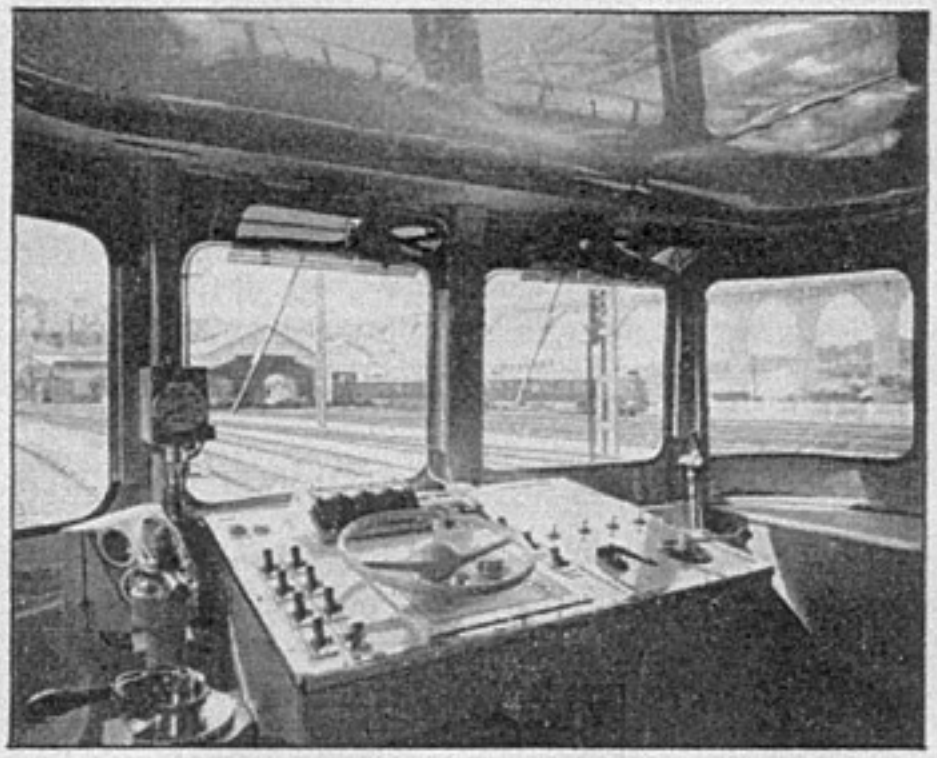
D'une façon générale, la structure de la caissse peut être décrite comme suit :

— Un châssis constitué par deux bouts, comportant les traverses pivot, en acier spécial « Republic 65 » et un corps central (de support du transformateur) du même acier, reliés par des longrines latérales en acier inoxydable et des longrines centrales aussi en acier « Republic 65 ». L'ensemble est complété par des traverses et des panneaux également en acier inoxydable (type 301 de la AISI).

— Des faces totalement en acier inoxydable, constituant des éléments résistants et renforcés au droit des portes, pour tenir le couple de l'excentricité de compression. Ce couple est transmis aux faces latérales par le caisson de torsion qui constitue la traverse de tête du châssis. Essentiellement, on a fait un réseau de montants et de raidisseurs, avec un revêtement travaillant, cannelé au-dessous des baies et plat entre elles.

— Un pavillon, avec trois larges trappes, renforcé par des arcs en treillis — totalement aussi en acier inoxydable — et renforcé

Fig. 3 — La cabine de conduite



latéralement pour travailler, malgré les grandes ouvertures. Les trappes sont boulonnées tout autour et sont munies d'étanchéités en caoutchouc.

Les deux bandes latérales du pavillon, fortement reliées aux faces latérales, interviennent largement dans la résistance de la caisse sous les charges verticales, de compression et de levage.

La rigidité obtenue pour le pavillon permet le montage du transformateur sans aucun élément auxiliaire de remplacement de l'action rigidifiante de la trappe enlevée.

— Deux bouts, caractérisés par l'existence des deux montants de collision, fortement reliés en haut et en bas.

R.G.C.F. Avril 1964
Coll. : Jean-Pierre GIDE.

LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES POUR LA Cie DES CHEMINS DE FER DU PORTUGAL

Dans le cadre de la 2e tranche de l'électrification de son réseau, la « Companhia dos Caminhos de Ferro Portugeses » (CP) a commandé au groupe constitué par la « Sorefame » (1) et le « Groupement pour l'Etude et l'Electrification des Chemins de Fer en Monophasé 50 Hz » (2), une série de 20 locomotives, dont un prototype vient d'être livré.

Du point de vue électrique, les locomotives sont semblables à celles fournies par le « Groupement » pour la 1re tranche de l'électrification (15 locomotives). Ce sont des locomotives Bo-Bo, alimentées par caténaire à 25 000 V et 50 Hz, à ignitrons. Elles développent environ 2 780 ch (continus, à 62 km/heure).

Du point de vue mécanique, les locomotives sont considérablement différentes des antérieures, sauf pour les bogies qui sont du même type (Henschel Werke).

Parce que l'on a voulu réduire le poids des véhicules et aussi pour des raisons d'esthétique (les locomotives remorqueront souvent des trains constitués par des voitures en acier inoxydable), la caisse en acier normal peint des locomotives de la 1re tranche a été remplacée par une caisse en acier inoxydable.

Il s'agit d'une caisse autoportante, construite selon les procédés de « The Budd Company - U.S.A. », dont la « Sorefame » est licenciée.

La conception de la caisse (fig. 1) devait se soumettre tout spécialement aux quatre considérations suivantes (toutes sous de sévères limitations de poids) :

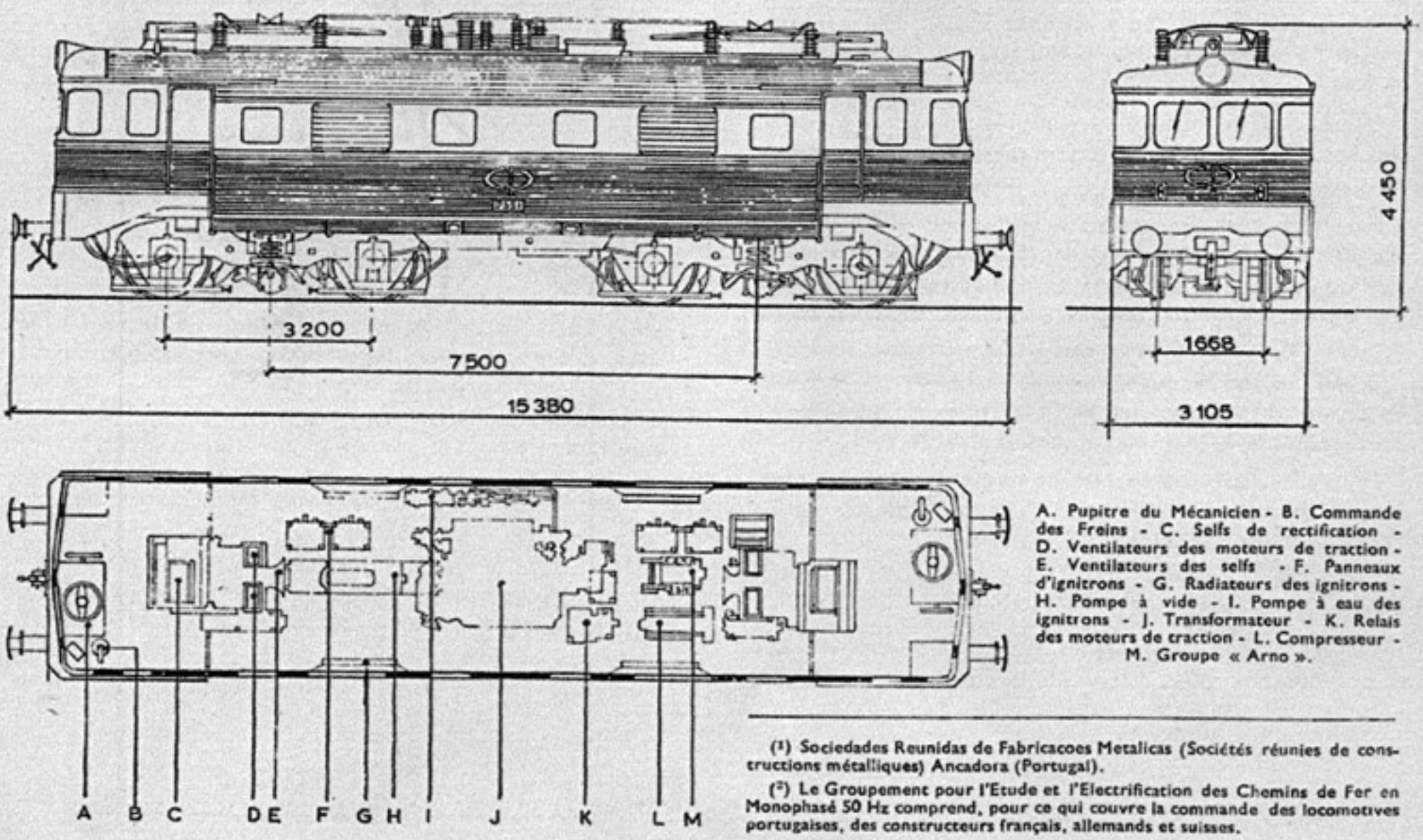
1. La caisse devait résister à une compression de 200 tonnes réparties sur les tampons de choc : les tampons étant à environ 1 mètre du rail et les roues d'un diamètre de 1,3 mètre obligeant à avoir un plancher relativement haut, il a fallu analyser attentivement les problèmes provenant de cette excentricité de compression.

2. Les bogies étant assez lourds (environ 17 tonnes chacun) à cause des dimensions nécessaires pour placer les moteurs de traction, le levage imposé par un des bouts, avec le bogie suspendu et appui sur l'autre bogie, a été un problème délicat.

3. La caisse comportant au milieu un transformateur d'environ 8 tonnes, il a fallu étudier soigneusement les appuis de cet appareil.

4. Tout l'appareillage électrique de dimensions appréciables devant entrer par des trappes situées au pavillon, ceci a compliqué la conception de la caisse, en tant qu'autoportante et suffisamment rigide à la torsion.

Fig. 1 — Diagramme, coupe et plan d'une locomotive



A. Pupitre du Mécanicien - B. Commande des Freins - C. Selfs de rectification - D. Ventilateurs des moteurs de traction - E. Ventilateurs des selfs - F. Panneaux d'ignitrons - G. Radiateurs des ignitrons - H. Pompe à vide - I. Pompe à eau des ignitrons - J. Transformateur - K. Relais des moteurs de traction - L. Compresseur - M. Groupe « Arno ».

(1) Sociedades Reunidas de Fabricacoes Metalicas (Sociétés réunies de constructions métalliques) Ancadora (Portugal).

(2) Le Groupement pour l'Etude et l'Electrification des Chemins de Fer en Monophasé 50 Hz comprend, pour ce qui couvre la commande des locomotives portugaises, des constructeurs français, allemands et suisses.

R.G.C.F. Avril 1964.
Coll. : *Jean-Pierre GIDE.*

Les rames automotrices triples pour service de banlieue, série 2000

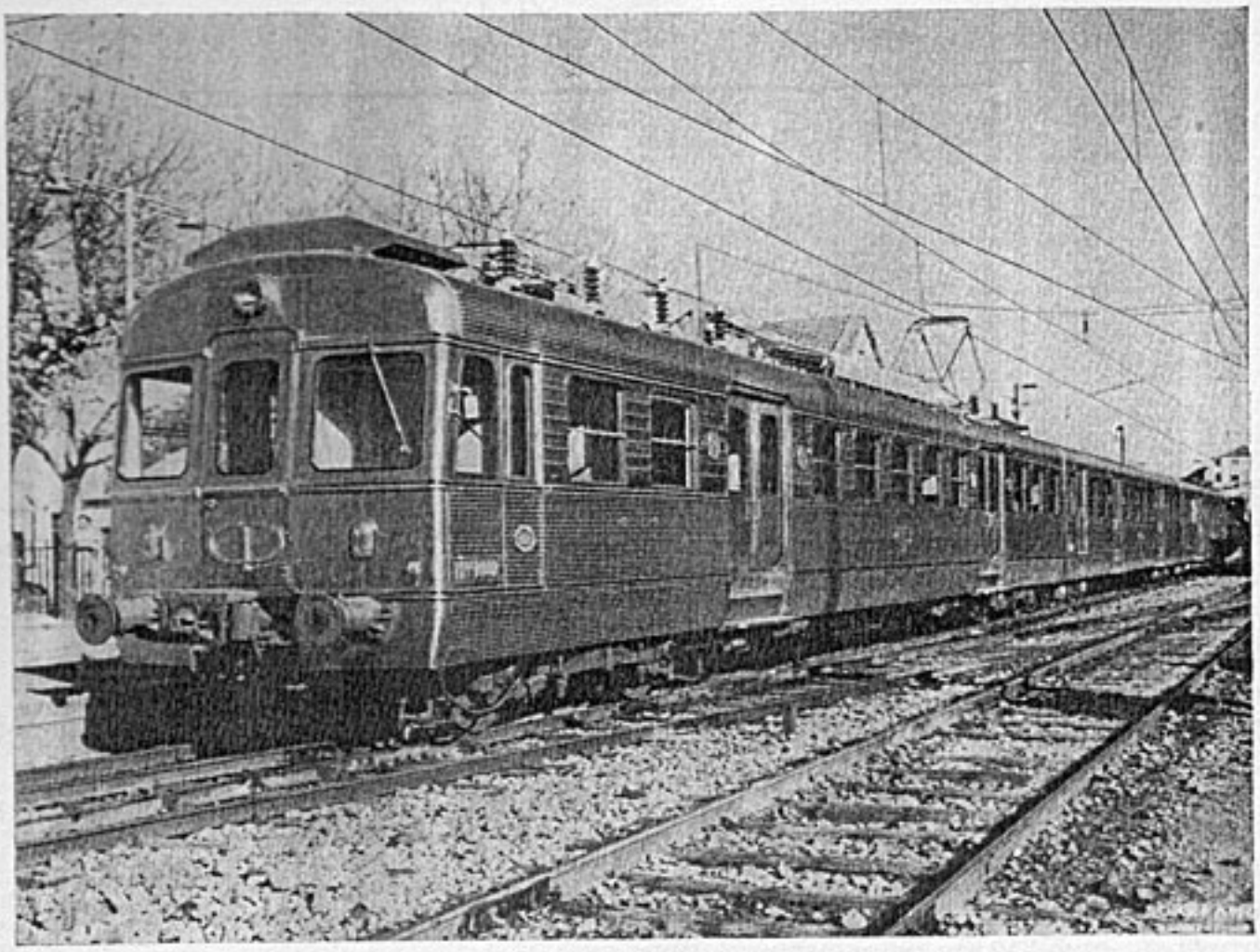


Fig. 2: Vue d'ensemble d'une unité automotrice triple

Généralités

Une unité automotrice triple (fig. 2) se compose de l'automotrice, de la remorque intermédiaire et de la remorque pilote et constitue l'unité de base dans l'exploitation. Grâce aux accouplements Scharfenberg entièrement automatiques, on peut former des rames comprenant jusqu'à trois unités triples qui marchent en unités multiples commandées depuis un seul poste de conduite.

La disposition des essieux d'une unité automotrice triple est la suivante: Bo'Bo' + 2'2' + 2'2'. En cas de marche en unités multiples, le couplage des diverses unités formant le train est complètement libre, c'est à dire que l'automotrice aussi bien que la remorque pilote peut être disposée en tête de chaque unité. Les caisses des voitures sont exécutées entièrement en acier inoxydable et sont conçues d'après le système Budd. L'automotrice et la remorque pilote sont aménagées pour la seconde classe. La remorque intermédiaire comprend la première classe et un compartiment à bagages.

Les caractéristiques principales de l'unité automotrice triple sont les suivantes (voir aussi le dépliant 1, fig. 3):

Largeur de voie	1 665 mm
Longueur hors tout	71 060 mm
Longueur des caisses de l'automotrice et de la remorque pilote	22 820 mm
Longueur de la caisse de la remorque intermédiaire	22 620 mm
Largeur des caisses	3 170 mm
Hauteur maximum des caisses au-dessus des rails	3 860 mm
Hauteur maximum au-dessus des rails, pantographe baissé	4 385 mm
Entr'axe des pivots des bogies	16 820 mm
Empattement des bogies moteurs	2 800 mm
Empattement des bogies porteurs	2 700 mm
Diamètre des roues motrices neuves	1 000 mm
Diamètre des roues porteuses neuves	850 mm
Hauteur minimum du fil de contact au-dessus des rails	4 820 mm
Hauteur maximum du fil de contact au-dessus des rails	5 750 mm
Tension à la ligne caténaire	25 000 V
Nature du courant	50 Hz monophasé
Puissance continue à une vitesse de 70 km/h	1 016 kW
Puissance unihoraire à une vitesse de 63 km/h	1 108 kW
Vitesse maximum	90 km/h
Poids total de la rame vide	117 t
Nombre de places assises et debout	450 personnes

L'équipement électrique

Equipement de traction

L'ensemble de l'équipement H. T. et de puissance est placé dans l'automotrice (fig. 4). La voiture pilote ne comporte, en dehors des installations d'éclairage et de chauffage, qu'une cabine de conduite dont l'équipement est identique à celui de l'automotrice. L'aménagement des cabines de conduite (fig. 5) permet au mécanicien de manœuvrer et de contrôler l'unité triple aisément, sans quitter le siège. Sur le pupitre de conduite ne se trouvent que les appareils de manœuvre et de contrôle indispensables à la commande entièrement automatique, à savoir le manipulateur, le bloc de frein complet pour le feinage pneumatique, 10 interrupteurs à bascule (pour la commande du disjoncteur, des pantographes, de l'éclairage etc.), le dispositif de mesure de la tension de ligne, l'indicateur de l'effort de traction, le voltmètre pour la tension de la batterie, l'indicateur de positions de crans et six lampes-témoin et de signa-

L'électrification de la COMPANHIA DOS CAMINHOS DE FERRO PORTUGUESES (CP) en courant alternatif monophasé 25 kV, 50 Hz

En 1955, la COMPANHIA DOS CAMINHOS DE FERRO PORTUGUESES (CP) passa commande au GROUPEMENT D'ETUDE ET D'ELECTRIFICATION DE CHEMINS DE FER EN MONOPHASE 50 Hz pour l'électrification d'env. 140 km de lignes en courant alternatif monophasé de 25 kV, 50 Hz (fig. 1). La commande portait sur:

25 rames automotrices triples de banlieue
15 locomotives pour service mixte
2 sous-stations
les caténaires pour env. 350 km de voies
et
les installations de signalisation.

Le 28 octobre 1956, jour du centenaire de la fondation de la CP, fut marqué par le voyage de la première rame automotrice électrique, et depuis le 28 avril 1957, les lignes Lisbonne, Rossio — Sintra, Lisbonne, Sta. Apolónia — Carregado et la ligne de jonction, au nord de Lisbonne, sont exploitées en traction électrique par des locomotives et des rames automotrices. Le 30 juin 1958, l'exploitation à traction électrique a été étendue jusqu'à Entroncamento.

Comme suite à la décision de la CP de continuer l'électrification de la ligne Nord au delà d'Entroncamento jusqu'à Porto (env. 240 km de ligne), à la fin de 1959, le GROUPEMENT a obtenu une autre commande portant sur:

21 rames automotrices triples de banlieue
et
20 locomotives pour service mixte

et, à la fin de 1960, encore une commande pour

3 rames automotrices triples de banlieue
3 sous-stations et
les caténaires pour env. 570 km de voies.

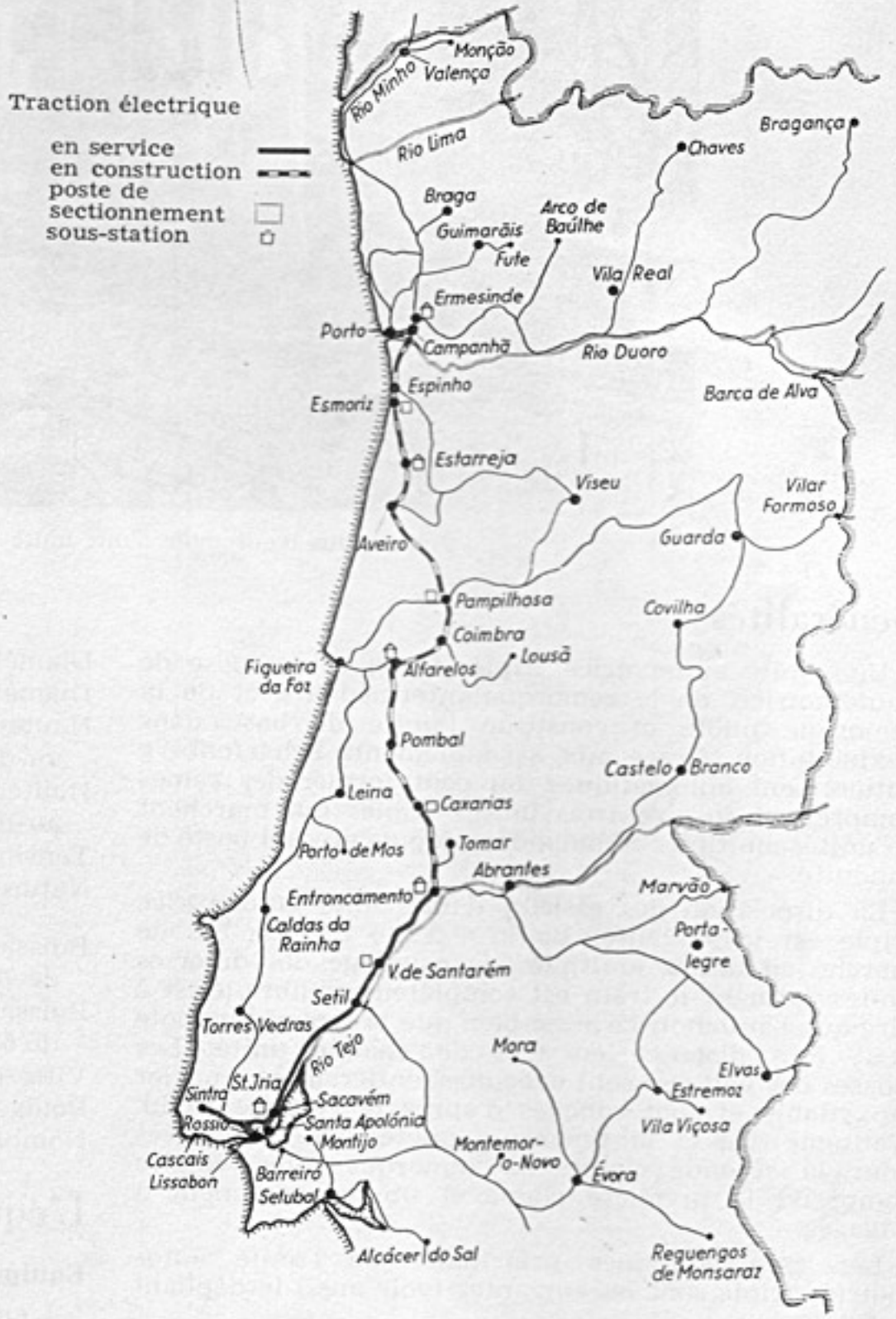
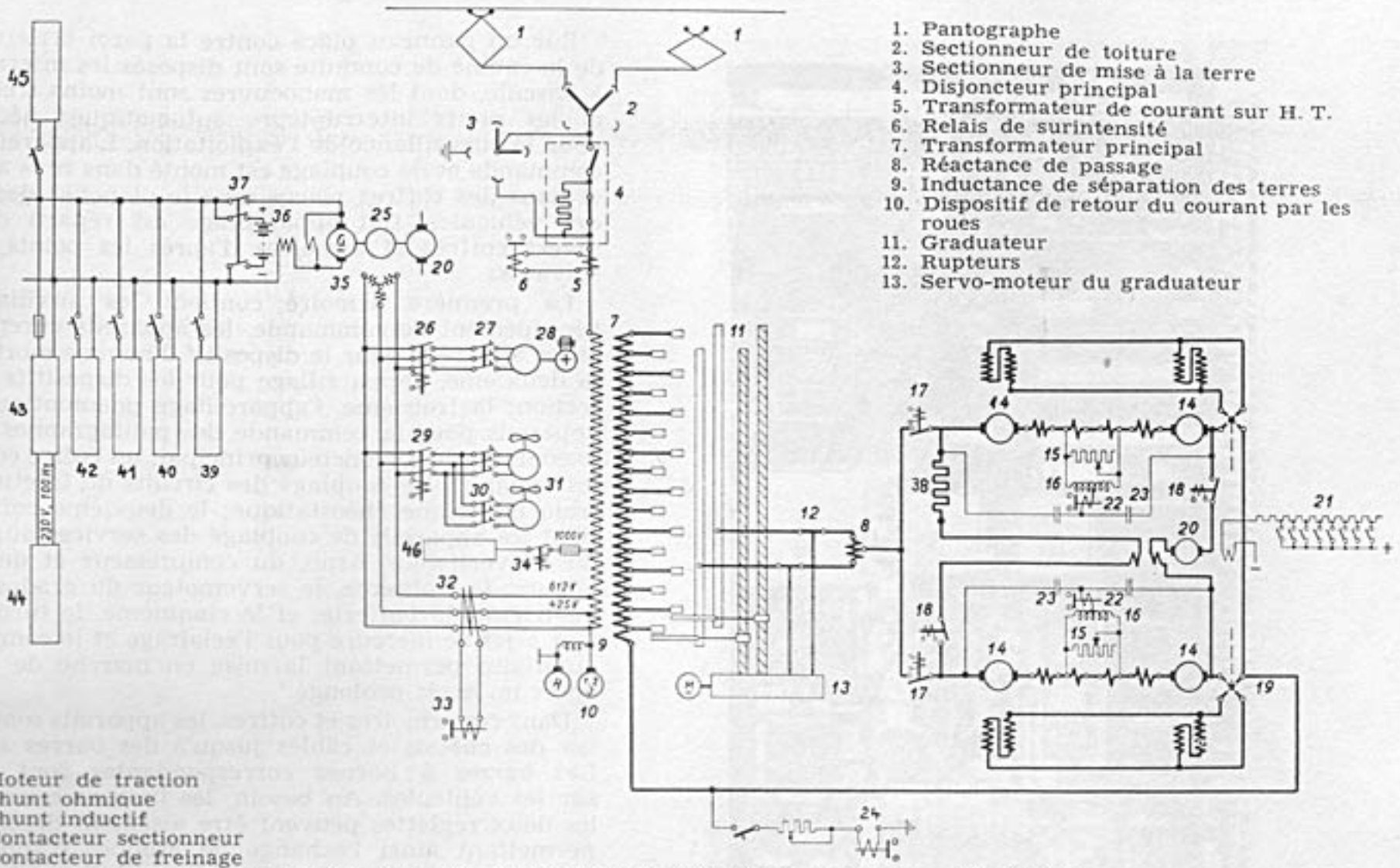


Fig. 1: Le réseau de lignes de la COMPANHIA DOS CAMINHOS DE FERRO PORTUGUESES, avec indivation des tronçons déjà électrifiés ou en cours d'électrification

Dans ce qui suit, on décrit le matériel roulant (rames automotrices et locomotives) et les installations stationnaires (sous-stations, caténaires et installations de signalisation) fournis jusqu'ici par le Groupement.



1. Pantographe
2. Sectionneur de toiture
3. Sectionneur de mise à la terre
4. Disjoncteur principal
5. Transformateur de courant sur H. T.
6. Relais de surintensité
7. Transformateur principal
8. Réactance de passage
9. Inductance de séparation des terres
10. Dispositif de retour du courant par les roues
11. Graduateur
12. Rupteurs
13. Servo-moteur du graduateur
14. Moteur de traction
15. Shunt ohmique
16. Shunt inductif
17. Contacteur sectionneur
18. Contacteur de freinage
19. Inverseur combiné du sens de marche et de marche-freinage
20. Excitatrice de freinage
21. Excitation indépendante pour freinage rhéostatique
22. Relais de protection contre le patinage
23. Condensateur de protection contre le patinage
24. Relais de terre
25. Convertisseur Arno
26. Contacteur du compresseur
27. Disjoncteur de protection du moteur du compresseur
28. Compresseur
29. Contacteur des ventilateurs
30. Disjoncteurs de protection des ventilateurs
31. Ventilateurs des moteurs de traction
32. Transformateur de courant différentiel
33. Relais de courant différentiel
34. Contacteur de chauffage
35. Génératrice de charge de batterie
36. Batterie
37. Conjoncteur-disjoncteur
38. Rhéostat de freinage
39. Commande
40. Frein à air comprimé à commande électrique
41. Dispositif de fermeture des portes
42. Dispositif d'homme mort
43. Onduleur à jet de mercure
44. Eclairage
45. Eclairage de secours
46. Chauffage

Fig. 4: Schéma électrique de principe

lisation. Les appareils indicateurs sont à éclairage indirect, l'intensité d'éclairement pouvant être réglée individuellement par le mécanicien. Celui-ci peut également modifier à volonté l'éclairement des lampes-témoin et de signalisation.

Fig. 5: Cabine de conduite, vue de face

Le manipulateur avec les cylindres d'inversion de sens et de marche-freinage est disposé horizontalement; sa construction plate permet de l'incorporer facilement au centre du pupitre de conduite, devant le siège du mécanicien. Le manipulateur est manœuvré par deux manettes, dont l'une pour le sens de marche et l'autre pour les crans de marche et de freinage.

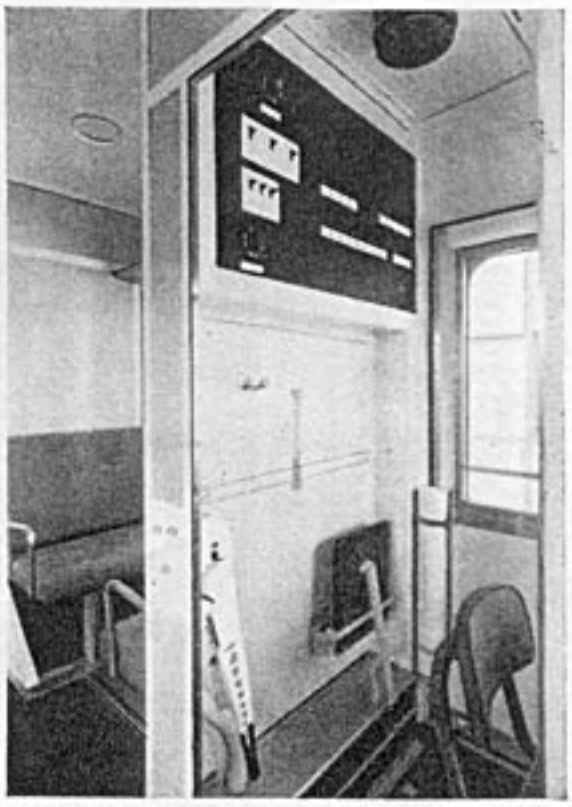


Fig. 6: Cabine de conduite, vue arrière

Ces crans sont disposés de manière que ceux de marche se trouvent dans le sens de la marche, et ceux de freinage dans le sens inverse de marche. On obtient

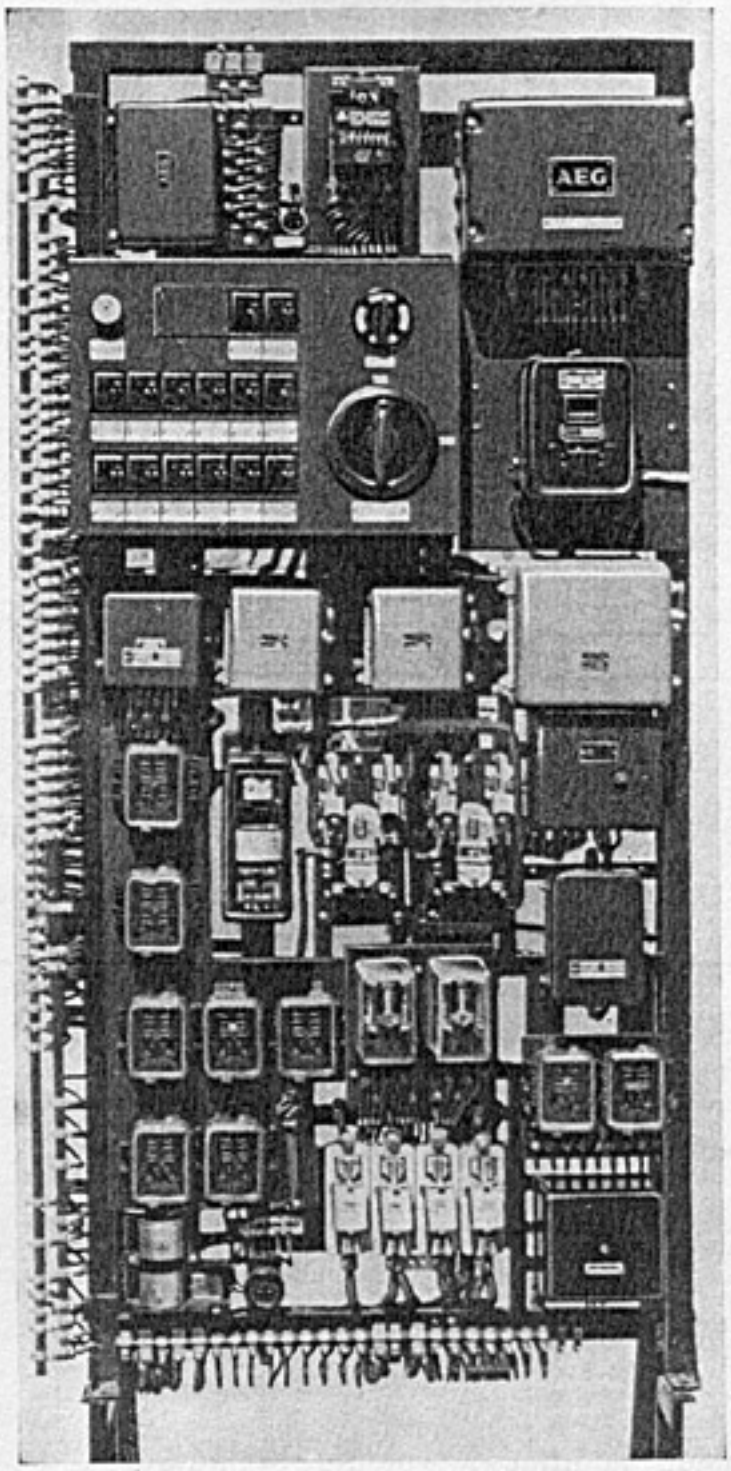


Fig. 7: Châssis d'appareils dans l'armoire d'appareillage

ainsi l'ordre suivant des crans: Progression — Marche — Régression — O — Régression freinage — Freinage — Progression freinage.

Une lampe avec abat-jour permet au mécanicien de lire de nuit les instructions de l'horaire sans être ébloui.

Sur un panneau placé contre la paroi arrière (fig. 6) de la cabine de conduite sont disposés les interrupteurs à bascule, dont les manoeuvres sont moins fréquentes, et les petits interrupteurs automatiques nécessaires pour la surveillance de l'exploitation. L'appareillage de commande et de couplage est monté dans trois armoires et dans des coffres placés sous le plancher des caisses des véhicules. Cet appareillage est réparti dans les divers coffres et armoires d'après les points de vue suivants:

La première armoire contient les auxiliaires de l'équipement de commande, les appareils enregistreurs et les appareils pour le dispositif d'homme mort (fig. 7); la deuxième, l'appareillage pour les dispositifs de protection; la troisième, l'appareillage pneumatique et les appareils pour la commande des pantographes et pour le contrôle du disjoncteur principal; un coffre comprend les appareils de couplage des circuits de traction et du frein électrique rhéostatique; le deuxième coffre contient les appareils de couplage des services auxiliaires, du convertisseur Arno, du compresseur et des ventilateurs; le troisième, le servomoteur du graduateur; le quatrième, la batterie; et le cinquième, le turbo-onduleur à jet de mercure pour l'éclairage et le compresseur auxiliaire permettant la mise en marche de la rame après un arrêt prolongé.

Dans ces armoires et coffres, les appareils sont montés sur des châssis et câblés jusqu'à des barres à bornes. Les barres à bornes correspondantes sont montées sur les véhicules. Au besoin, les liaisons courtes entre les deux réglettes peuvent être aisément déconnectées, permettant ainsi l'échange de groupes d'appareillage entiers en peu de temps et avec peu de travail.

Chaque automotrice est équipée de deux pantographes à archet à doubles bandes de frottement en charbon. Pendant la marche, un seul pantographe est en service, le deuxième étant en réserve. Un sectionneur de toiture manoeuvrable de l'intérieur permet de mettre les pantographes alternativement en et hors circuit.

Le disjoncteur principal est également monté sur la toiture. C'est un disjoncteur pneumatique ultra-rapide du type DBTF 30 i 250 d'un pouvoir de coupure de 250 MVA à une pression effective de 7 kg/cm².

La ligne de toiture est reliée par un câble en caoutchouc au transformateur principal suspendu sous le plancher, au centre de la caisse. Ce transformateur est du type TRBz (fig. 8) à bain d'huile, à tôles radiales, à refroidissement naturel par le vent occasionné en marche. La puissance est de 1000 kVA. Les enroulements sont séparés; l'enroulement basse tension est muni des prises pour l'alimentation des moteurs de traction; l'enroulement haute tension est équipé de

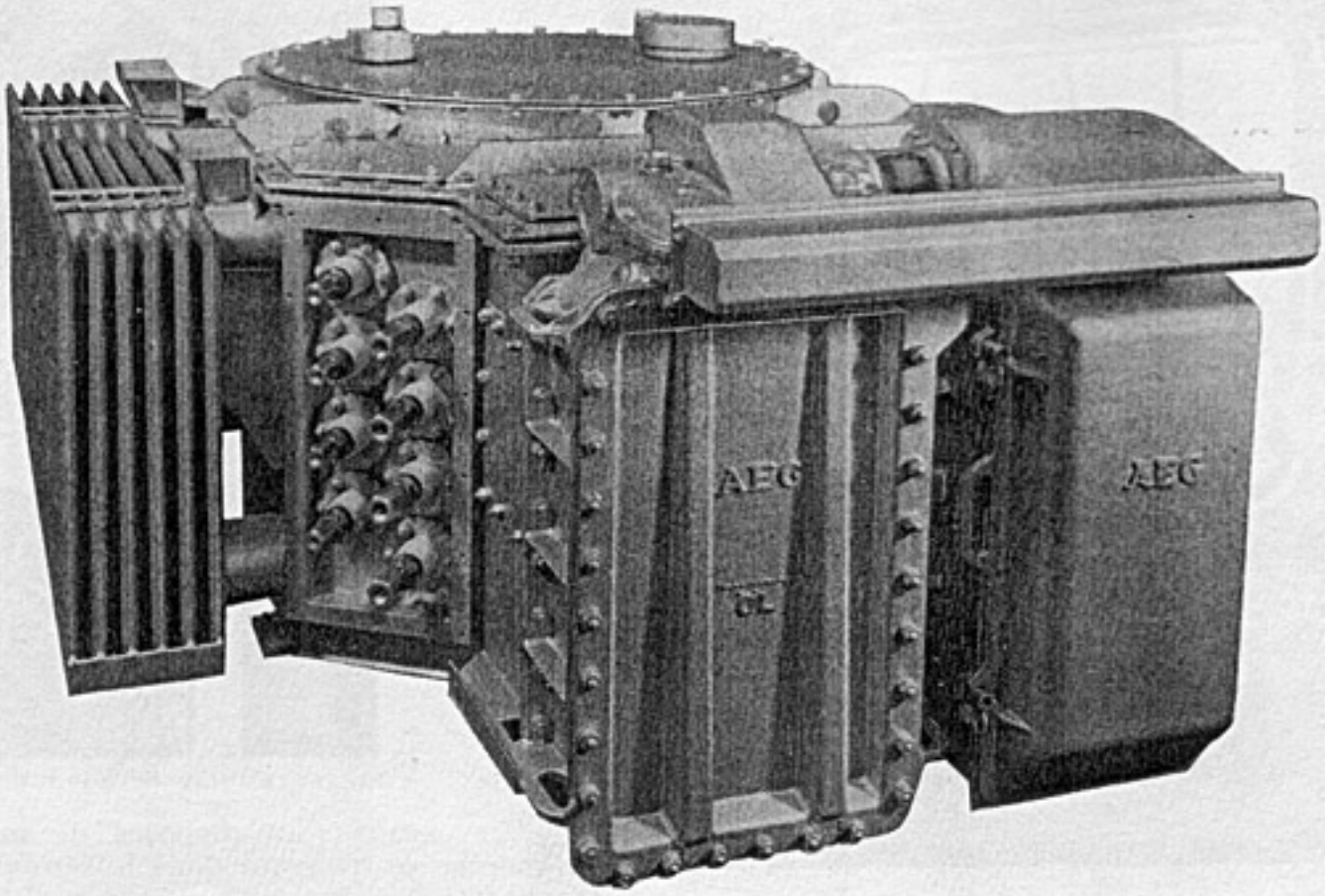


Fig. 8: Transformateur principal avec graduateur accolé

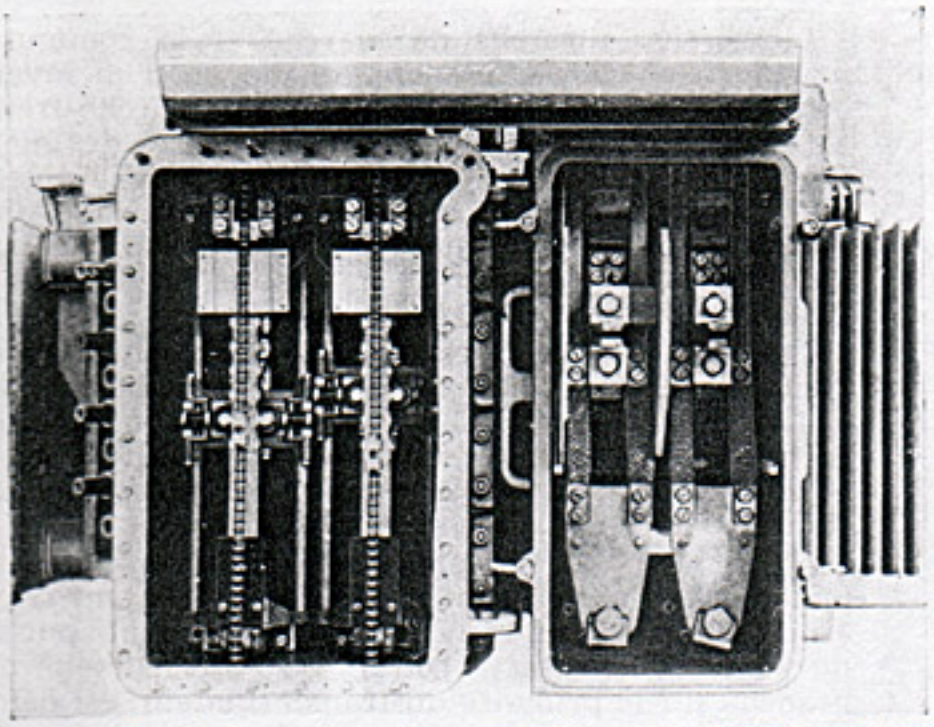


Fig. 9: Graduateur et rupteurs montés sur le transformateur (les couvercles des coffrets étant démontés)

prises pour le chauffage et pour les services auxiliaires alimentés en courant triphasé.

La cuve du transformateur renferme aussi une réactance de passage. Le retour du courant depuis l'extrémité « terre » du primaire jusqu'aux rails est réalisé par des connexions isolées, des bagues collectrices avec balais de mise à la terre, prévus sur trois des essieux moteurs, et par les roues. La mise à la terre de la caisse est assurée par la bague collectrice et le balai de mise à la terre du quatrième essieu moteur. Une inductance de séparation des terres est branchée entre ce balai et ceux des trois autres essieux afin d'éviter le retour du courant de traction par la liaison de terre de la caisse et la formation d'un potential dangereux de la caisse par rapport à la terre.

Au transformateur sont adjoints un graduateur pour 16 crans et deux rupteurs de puissance placés dans un seul coffret (fig. 9). Le graduateur et les rupteurs sont mécaniquement reliés entre eux par un accouplement rigide et sont manœuvrés, par l'intermédiaire d'un engrenage et d'un arbre emboîté, au moyen d'un servo-moteur placé à côté du transformateur. Le passage automatique des crans est contrôlé par un relais ampèremétrique et commandé par un ensemble de relais. Le mécanicien provoque le fonctionnement en manœuvrant la manette de marche-freinage du manipulateur.

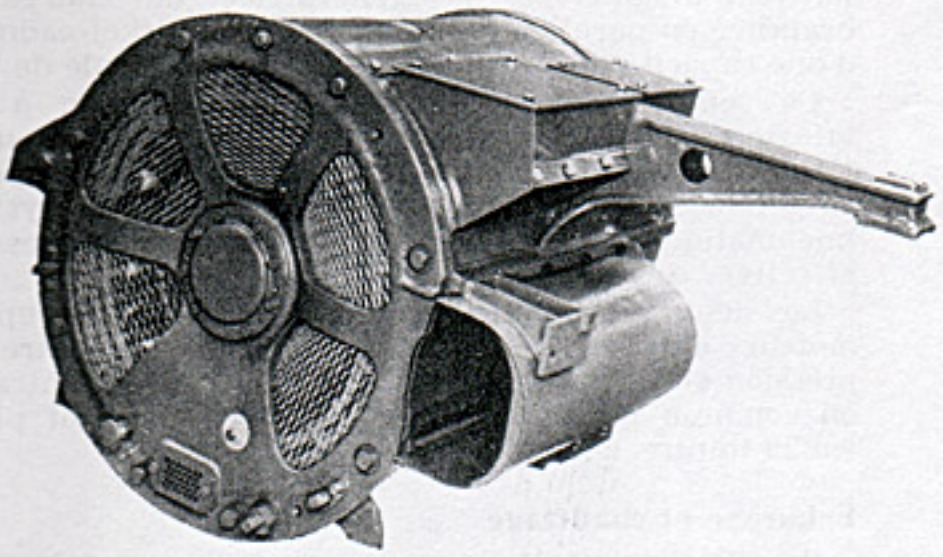


Fig. 10: Moteur de traction OSA 750

La commande est entièrement automatique. Si, à l'occasion, il faut marcher en régime cran-par-cran, on met la manette du manipulateur sur la position "Marche" ou "Freinage", et on touche brièvement les positions "Progression" ou "Régression" jusqu'à ce qu'on arrive au cran convenable.

Les 16 prises de l'enroulement basse tension du transformateur sont reliées par des connexions directes à la plaque de contacts du graduateur qui comporte deux voies de contacts rectilignes. La tension variable de 68 à 561 V est prélevée sur ces voies de contacts par deux curseurs. A chaque curseur est conjugué un des rupteurs susmentionnés dont le fonctionnement est asservi à la cadence des progressions du curseur respectif.

Les conducteurs sortant des deux rupteurs sont reliés à la réactance de passage installée dans la cuve du transformateur. Le point milieu de cette réactance est raccordé aux moteurs de traction. De cette façon, la réactance se trouve toujours branchée entre deux prises du transformateur et assure une commutation sans coupure de la charge.

L'automotrice comporte quatre moteurs série à courant alternatif monophasé 50 Hz, à collecteur, à 12 pôles (fig. 10). Ces moteurs sont du type entièrement suspendu. Deux moteurs sont branchés en permanence en série et sont montés sur un bogie.

Le couple du moteur est transmis à l'essieu par une transmission à ressorts.

Des contacteurs sectionneurs prévus à raison d'un par groupe de moteurs permettent de déconnecter individuellement les groupes de moteurs.

Les caractéristiques du moteur type OSA 750 sont les suivantes:

Tension nominale	235 V
Puissance en régime continu	254 kW à 70 km/h
Courant en régime continu	1330 A
Puissance en régime unihoraire	277 kW à 63 km/h
Courant en régime unihoraire	1480 A
Courbes caractéristiques	suivant fig. 11
Poids sans engrenages	1588 kg

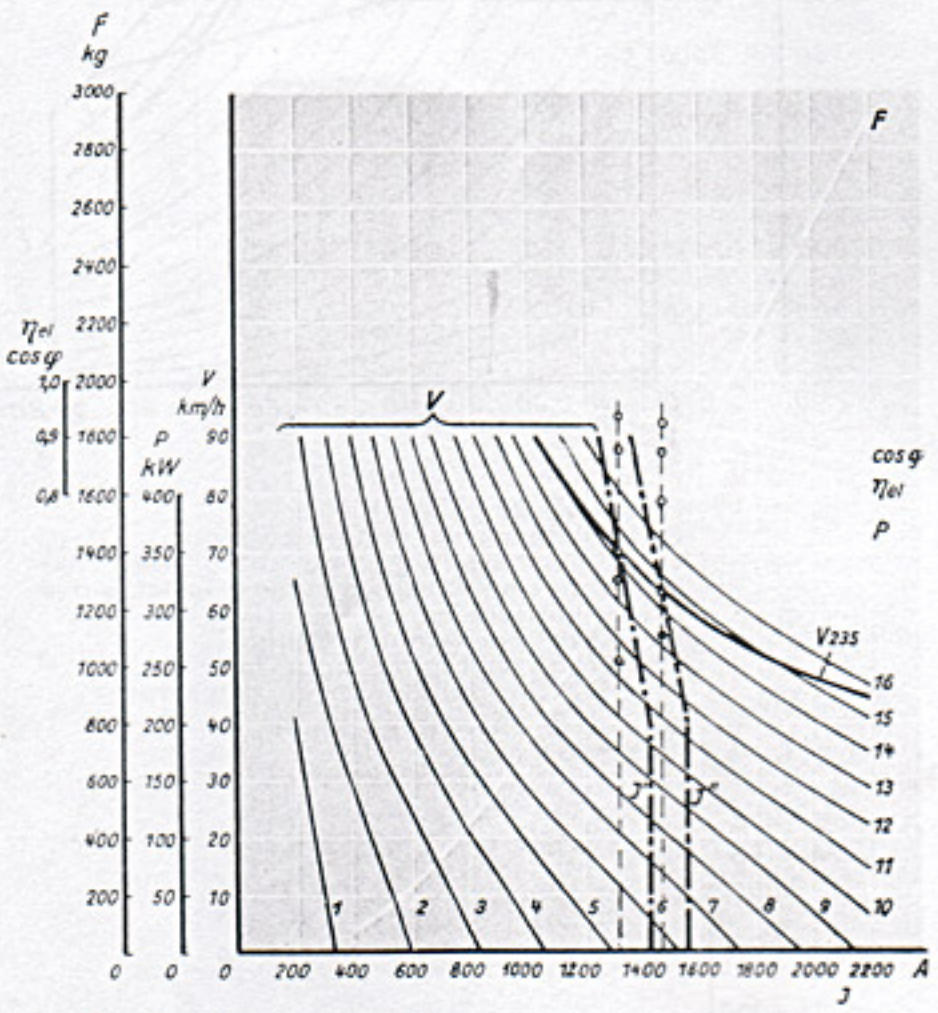


Fig. 11: Courbes caractéristiques de la puissance et de l'effort de traction en fonction de l'intensité du moteur de traction OSA 750

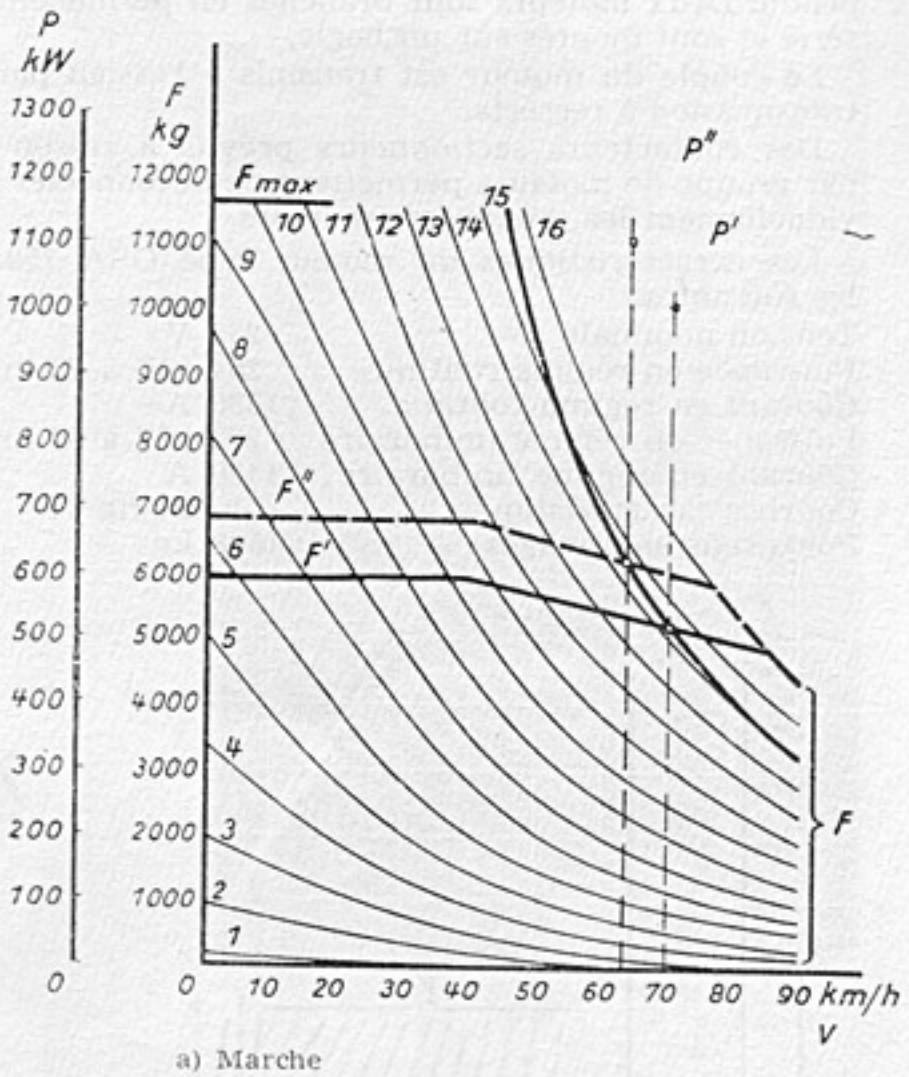
P: Puissance à l'arbre du moteur en kW à 235 V
F: Effort de traction à la jante en kg
V: Vitesse en km/h à une tension de ligne de 25 kV
V_{235}: Vitesse en km/h à une tension de 235 V aux bornes du moteur
η_{el}: Rendement électrique du moteur à 235 V
$\cos\varphi$: Facteur de puissance du moteur à 235 V
J: Courant de moteur en A
J': Courant en régime continu
J'': Courant en régime unihoraire
1, 2, 3,...16: Crans de marche

Les courbes caractéristiques de puissance et d'effort de traction pour le régime de marche sont reproduites dans la fig. 12a.

Les automotrices sont munies d'un frein électrique de maintien, utilisable, d'une part, pour freiner le train pendant la marche en pente, afin de maintenir la vitesse constante, et d'autre part, pour assister l'action du freinage d'arrêt jusqu'à une vitesse de 24 km/h. Lors du freinage, les quatre moteurs de traction travaillent en série, comme génératrices série à courant continu, sur un rhéostat de freinage conçu sous forme

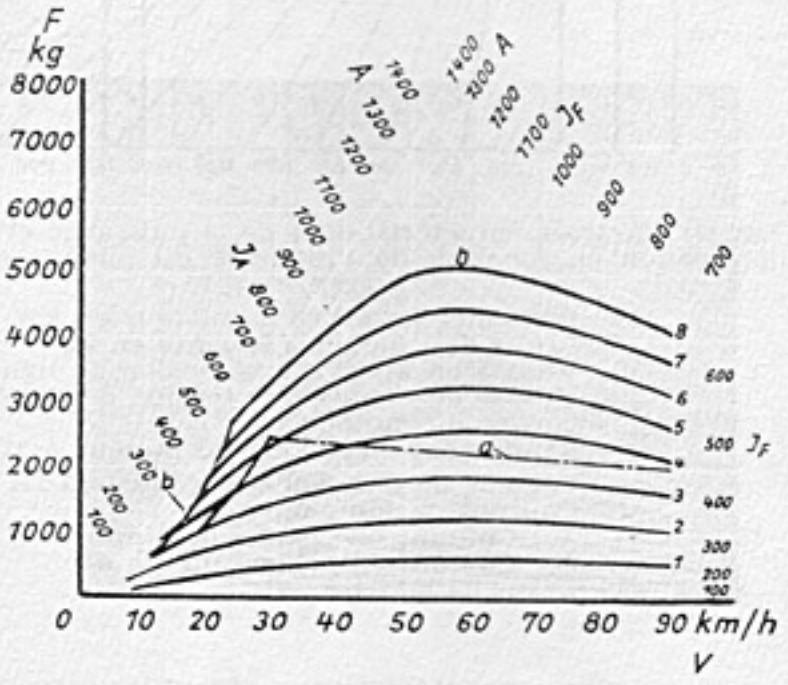
d'une résistance en ruban. Les moteurs sont additionnellement excités par une excitatrice de freinage branchée en parallèle avec les enroulements inducteurs. Le frein est réglé en 8 crans, en réglant l'excitation séparée par batterie de l'excitatrice de freinage au moyen d'un rhéostat à plots, d'un groupe de commutateurs à cames et d'un cylindre à cames actionné par le servomoteur du graduateur. Le circuit de freinage est mis en et hors circuit par deux contacteurs de freinage.

Les courbes de freinage de la rame automotrice sont reproduites dans la fig. 12b.



a) Marche

P: Puissance de la rame en kW
P': Puissance en régime continue
P'': Puissance en régime unihoraire
F: Effort de traction de la rame à la jante des roues motrices en kg
F': Effort en régime continu
F'': Effort en régime unihoraire
F_{max}: Effort maximum au démarrage
V: Vitesse de marche en km/h
1, 2, 3,...16: Crans de marche



b) Freinage

F: Effort de freinage de la rame à la jante des roues motrices en kg
V: Vitesse de marche en km/h
J_A: Courant d'induit en A
J_F: Courant d'excitation en A
1, 2, 3,...8: Crans de freinage
a: Régime continu
b: Régime maximum (2 min)

Fig. 12: Courbes caractéristiques de la puissance et de l'effort de traction en fonction de la vitesse pour l'unité triple pour «marche» et «freinage»

L'inversion du sens de marche et la commutation marche-freinage s'effectuent au moyen d'un inverseur combiné du sens de marche et de marche-freinage. Les shunts ohmiques des pôles auxiliaires des moteurs de traction et le rhéostat de freinage sont disposés sur la toiture tandis que les shunts inductifs destinés à l'adaptation automatique de l'excitation des pôles auxiliaires aux régimes de marche et de freinage sont placés sous le plancher de la caisse.

Les contacteurs sectionneurs, les contacteurs de freinage et l'inverseur combiné du sens de marche et de commutation marche-freinage sont à commande électropneumatique et sont tous verrouillés entre eux et avec le graduateur de manière à rendre impossibles les manœuvres intempestives ou fausses.

Les moteurs du compresseur et des ventilateurs des moteurs de traction sont alimentés en courant triphasé 380 V, 50 Hz par un convertisseur Arno d'une puissance de 45 kVA (en serv. cont.). Le convertisseur Arno, branché sur le primaire du transformateur, est démarré automatiquement à l'aide d'une phase auxiliaire quand

Fig. 13: Groupe de machines auxiliaires comprenant la génératrice de charge, le convertisseur Arno et l'excitatrice de freinage

on enclenche le disjoncteur principal. Les verrouillages sont conçus de manière qu'en cas d'une défaillance, le disjoncteur principal ne peut pas être enclenché ou qu'il déclenche de nouveau et sans retard. La cause du déclenchement est immédiatement signalée par les appareils de contrôle.

Sur l'arbre du convertisseur Arno, on a monté l'excitatrice de freinage mentionnée plus haut et la génératrice de charge (fig. 13). Par l'intermédiaire d'un conjoncteur-disjoncteur, la génératrice de charge est branchée en parallèle à une batterie au nickel-cadmium d'une capacité de 90 Ah à une tension nominale de 72 V.

Le compresseur a un débit de 1000 l/mn à une vitesse de 1200 t/mn. Il est entraîné par un moteur de 11 ch et est prévu pour service continu. Le groupe est suspendu sous le plancher de la caisse. Le système pneumatique qu'il alimente, travaille à des pressions effectives de 7 à 9 kg/cm².

Les deux ventilateurs prévus pour chaque groupe de moteurs ont un débit unitaire de 60 m³/mn contre une pression de 100 mm d'eau, à 2880 t/mn, et sont entraînés en commun par un moteur de 7,5 ch. Ils sont placés sur la toiture.

Eclairage et chauffage

Pour l'éclairage, les rames automotrices sont équipées de bandes lumineuses continues qui sont munies de tubes fluorescents de 220 V, 100 Hz, à allumage instantané sans starter, ce qui garantit une lumière exempte de tout papillottement. Des turbo-onduleurs à jet de mercure prévus dans chaque voiture assurent l'alimentation en courant alternatif 100 Hz. En cas d'une défaillance de l'éclairage à tubes fluorescents, un éclairage de secours s'enclenche automatiquement. L'éclairage est enclenché ou déclenché par le mécanicien au moyen de contacteurs d'éclairage.

Le chauffage électrique du train est alimenté à 1000 V et permet de choisir séparément pour chaque voiture trois degrés différents de chauffage. Les éléments chauffants sont executés sous forme de tiges et placés deux à deux l'un au-dessus de l'autre. Grâce à

leur encombrement réduit, ils peuvent être disposés en bandes continues sous les fenêtres de chaque côté de la voiture.

Ils sont branchés de telle façon qu'une distribution uniforme de la chaleur est garantie même au tiers de la puissance de chauffage.

Dispositifs de protection

Les dispositifs de protection comprennent un relais de terre pour le circuit de marche et de freinage, un relais différentiel pour le circuit à courant triphasé et un relais de surintensité placé dans le circuit haute tension. Le relais différentiel et le relais de surintensité sont branchés chacun sur un transformateur d'intensité.

La protection de tous les circuits de commande, de secours et d'auxiliaires au moyen de petits interrupteurs automatiques a été subdivisée au maximum. En cas d'avaries, cette répartition facilite la localisation des défauts et, dans la plupart des cas, permet de continuer le service; ce n'est en effet que le circuit avarié qui déclenche automatiquement. De plus, tous les appareils ou leurs parties nécessitant un entretien ont été disposés de manière à être, dans la mesure du possible, accessibles par l'avant, ce qui réduit sensiblement la durée des révisions.

Pour la protection contre le patinage des roues, on utilise le shunt inductif des pôles auxiliaires d'un groupe de moteurs. Ce shunt est muni d'une prise médiane et sert de diviseur de tension pour comparer les nombres de tours de deux essieux. En cas de patinage d'un essieu, le dispositif de protection provoque la régression du graduateur; une fois que le patinage a cessé, le graduateur est ramené automatiquement au régime précédent.

Le fonctionnement du dispositif d'homme mort dépend du chemin parcouru et comprend le contrôle automatique de la vigilance du mécanicien. Pendant la marche, le mécanicien appuie sur une pédale ou sur un bouton-poussoir du pupitre de conduite; en même temps, son activité au manipulateur et au bloc de frein est surveillée par le dispositif d'homme mort. En cas de défaillance du conducteur, lorsqu'il a relâché la pédale ou le bouton-poussoir, un klaxon entre en action après un parcours de 25 m; ensuite, 41 m plus loin, le disjoncteur principal est déclenché, et le frein de secours du train est actionné. De même, le disjoncteur est déclenché et le frein de secours entre en action, si le conducteur n'a fait aucune manœuvre pendant un parcours de 1200 m. A 130 m avant la fin de ce parcours, un signal de sonnerie l'invite à relâcher brièvement le bouton, sur lequel il a appuyé, et à le pousser de nouveau.

Equipement pneumatique

Le frein à air comprimé est à commande pneumatique et électrique. En cas de freinage léger, le frein est commandé exclusivement par l'air comprimé. Pour un freinage plus fort, les soupapes de freinage commandées électriquement dans chaque voiture entrent en action. Ces soupapes sont actionnées par un manostat monté sur le robinet du mécanicien. Elles assurent une action rapide du frein. Des soupapes de desserrage du frein, à commande électrique, permettent le desserage graduel du frein. Par ce moyen, le mécanicien est à même de freiner le train avec une grande souplesse, en manœuvrant une seule manette. La souplesse du serrage et du desserrage du frein et le fonctionnement immédiat et simultané des freins dans chaque voiture sont d'une grande importance pour le trafic rapide urbain et de banlieue; ce n'est qu'ainsi qu'on peut assurer la desserte d'un grand nombre de stations sans perte de temps.

Le dispositif de fermeture des portes fonctionne à l'air comprimé et est commandé électriquement. Dans le compartiment à bagages de la remorque intermédiaire et sur la première plate-forme de l'automotrice et de la remorque pilote, il y a de chaque côté des véhicules une réglette à boutons-poussoirs pour la fermeture et le déverrouillage des portes ainsi que la sonnette de signalisation pour le mécanicien. Les boutons-poussoirs ne peuvent être actionnés qu'avec une clé spéciale utilisée par la C.P. En donnant l'ordre, les portes du côté intéressé sont fermées et restent sous pression. Cette pression qui agit sur les portes du côté intéressé de la voiture, n'est supprimée que par un ordre de "déverrouillage" pour ce côté de la voiture. L'ordre "déverrouiller les portes" peut être donnée aussi depuis le poste de conduite. Ainsi, en cas de petites interstations, le conducteur n'est pas obligé de retourner toujours au même endroit pour donner les ordres de fermeture et de déverrouillage des portes.

La partie mécanique

La partie mécanique des unités automotrices triples se distingue par les particularités constructives suivantes:

les caisses des voitures ont été exécutées en construction autoportante, en acier inoxydable, d'après le système «Budd»;

les bogies moteurs sont des bogies sans traverse danseuse, avec pivot caoutchouc monté sur ressort et guidage des boîtes d'essieux sans glissières au moyen de bielles à silentblocs;

les bogies porteurs sont des bogies avec traverse danseuse à suspension oscillante et guidage des boîtes d'essieux sans glissières avec amortissement hydraulique.

Caisses des voitures

La construction des caisses tient compte des exigences relatives à l'installation des appareils électriques de traction et de commande. L'aménagement intérieur des véhicules est déterminé par leur exploitation dans le service de banlieue.

L'unité automotrice triple (dépliant 1, fig. 3) se compose d'une automotrice, d'une remorque intermédiaire et d'une remorque pilote; elle constitue l'unité de base pour l'exploitation. La formation de rames comprenant jusqu'à trois unités triples est possible.

Structure des caisses

Les caisses des voitures sont conçues comme structures tubulaires autoportantes. Les grands ensembles, châssis, faces, bouts et pavillon sont réunis pour constituer une poutre du genre Vierendeel, capable de résister aussi bien aux charges verticales qu'aux efforts de traction et aux chocs.

Elles sont construites en acier inoxydable du type 301 de l'A.I.S.I., c'est-à-dire, en acier inoxydable à 17 % de chrome et 7 % de nickel. Seuls font exception les bouts de châssis construits en acier au carbone UF 6-B. La construction a été faite sous licence de «The Budd Co. — USA».

Selon ce procédé, l'assemblage est essentiellement fait par soudure par résistance, et la structure présente les caractéristiques principales mentionnées ci-dessous.

Tout le revêtement extérieur de la caisse est constitué par des bandes cannelées, de faible épaisseur, et ce revêtement est travaillant, c'est-à-dire, qu'il intervient dans la résistance de l'ensemble.

Des éléments continus, tout le long de la caisse, forment, avec les éléments des deux bouts, des cadres renforçant la structure: le long du pavillon deux longrines vont se raccorder aux montants anti-collision des bouts, et ceux-ci sont fortement fixés à leur partie inférieure aux bouts de châssis. Les longrines du plancher relient les deux extrêmités du châssis, fermant le cadre.

Cette disposition renforce considérablement la résistance des caisses aux chocs et réduit les dangers de téléscopage.

Les moulures des faces au-dessous et au-dessus des fenêtres augmentent la résistance au cisaillement transversal. Au droit des portes, le pavillon est renforcé par des arcs en treillis pour compenser les larges ouvertures des faces.

Les caisses ont été soumises à des essais de résistance, tant à la charge verticale (trois fois la charge normale) qu'à la compression (200 tonnes répartis sur les tampons de choc).

Dispositif de choc et traction

Pour faciliter leur utilisation en unités multiples, les rames sont équipées, à leurs extrémités, d'attelages automatiques du type Scharfenberg. Ces attelages assurent l'accouplement mécanique ainsi que celui des conduites de frein et des connexions électriques. Un amortisseur de choc et traction à ressorts Uerdingen y est incorporé, et la manœuvre de désaccouplement peut se faire des cabines, par air comprimé. Le désaccouplement manuel est aussi prévu.

Entre les voitures d'une même rame, on a prévu des attelages Scharfenberg semi-permanents, avec accouplements incorporés pour les conduites de frein.

Aux extrémités des voitures on a, toutefois, prévu des tampons de choc pour protéger les voitures des chocs intempestifs avec des voitures à attelage normal à crochet et tampons (voir aussi le dépliant 1, fig. 3).

Intercommunication

Quoiqu'ayant des portes d'intercommunication pour une éventuelle utilisation entre unités accouplées, on n'a prévu des passages protégés qu'entre les voitures d'une même unité. Ces passages, à passerelle articulée en tôle striée, sont protégés par deux soufflets: Un soufflet intérieur, en toile et cuir, suit le cadre de la porte, avec des mains courantes pour les voyageurs. Un soufflet extérieur, en cuir, suit le contour des voitures, aérodynamisant l'ensemble de la rame. Les deux soufflets sont tenus en place par des tirants à ressorts, reliés aux bouts des voitures.

Equipement de frein

Les rames sont équipées d'un frein à air comprimé, à commande électrique. Un conpresseur d'air d'un débit de 1000 l/mn et d'une pression nominale de 9 kg/cm² alimente les circuits de frein ainsi que les circuits de commande des portes, les contacteurs électriques et les auxiliaires (pantographes, avertisseurs, essuie-glace, anti-buée, etc.).

L'appareillage spécial de frein — deux cylindres sur l'automotrice et un sur chaque remorque, distributeurs, valves, électro-valves, etc. — a été fourni par la maison Jourdain-Monneret. L'équipement comporte des régleurs de sabots de frein SAB et un dispositif de réglage automatique du freinage, en fonction de la charge.

L'ensemble a été prévu pour une décélération moyenne de 0,75 m/s².

Portes

L'exploitation convenable des rames en service de banlieue, demandant un écoulement rapide des voyageurs, a posé le problème du nombre de portes à prévoir et de la forme des emmarchements. La solution de ce problème a été, par ailleurs, conditionnée par des considérations de hauteur des quais, largeur de la voie et gabarit. En effet, l'existence des quais bas a obligé de prévoir un emmarchement d'une hauteur considérable et les marches, ne pouvant pas se développer vers l'extérieur à cause du gabarit, ont dû se développer vers l'intérieur de la voiture. D'autre part, la voie étant large (1665 mm), les bogies occupent toute la largeur de la caisse: De ces faits, il découlait que les portes ne pourraient pas être placées au droit des bogies et il ne restait donc comme place disponible que la partie centrale de la voiture.

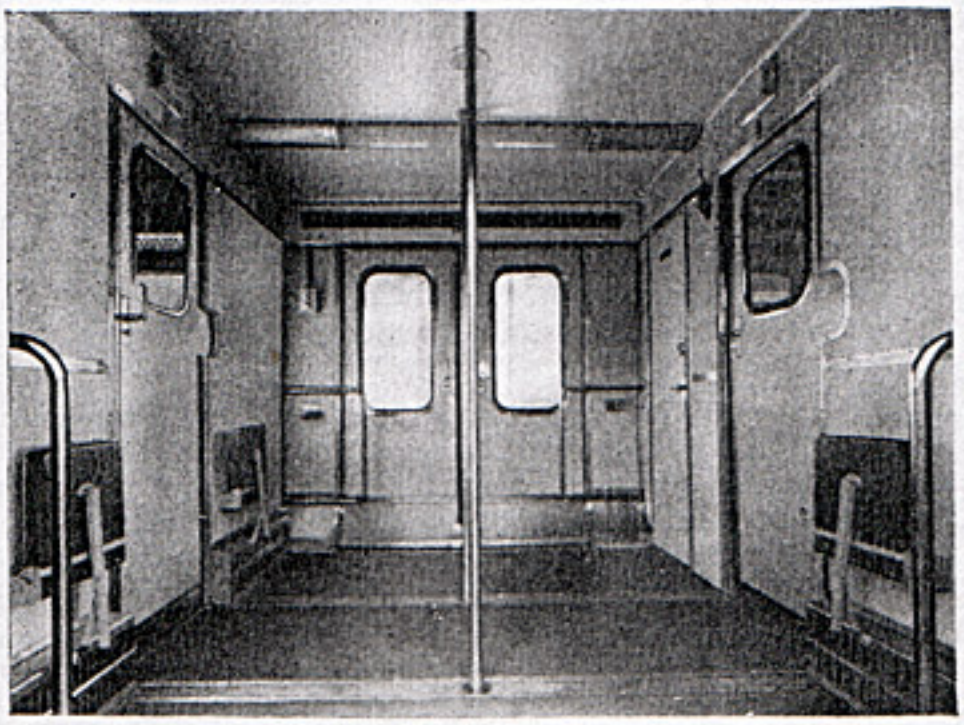


Fig 14: Vestibule d'entrée

D'après ces considérations, on a été amené à avoir deux portes par face au lieu d'une solution à trois portes (une centrale et une à chaque bout de la voiture) ce qui aurait été une solution plus convenable du point de vue exploitation et, surtout, du point de vue structure de la caisse. On a donc été obligé de sacrifier la simplicité de la structure, en ayant les portes à des endroits où les efforts tranchants sont encore considérables.

Les emmarchements (fig. 14) sont munis de portes d'accès coulissantes, ayant des bords protégés par des profils caoutchouc et des dispositifs d'étanchéité aussi en caoutchouc. La partie inférieure des portes est courbe de façon à obturer l'ouverture du plancher pour l'emmarchement. Chaque demi-porte est munie d'une glace en verre de sécurité, montée sur des profils en caoutchouc.

L'ouverture des portes est manuelle, mais la fermeture est automatique, par des cylindres à fin de course retardée, placés au-dessus des portes. La commande peut se faire des plateformes extrêmes de l'unité triple par des boutons-poussoirs à clef spéciale. Des valves de secours scellées permettent le déverrouillage des portes en cas d'accident.

Ventilation, chauffage, isolement

La ventilation de la rame est faite par des ventilateurs statiques sur le pavillon, aspirant l'air par le revêtement intérieur perforé des plafonds.

Chaque cabine de conduite possède encore un ventilateur électrique.

Le chauffage est fait par des radiateurs électriques, sous 1000 V, placés le long des faces et des cloisons, sous des capots perforés en acier inoxydable.

Les caisses sont isolées et insonorisées par application de produits bitumineux pulverisés sur la face intérieure de la structure et par une couche de laine de verre d'environ 50 mm d'épaisseur, noyée dans l'épaisseur de la caisse (plancher, pavillon, faces et bouts).

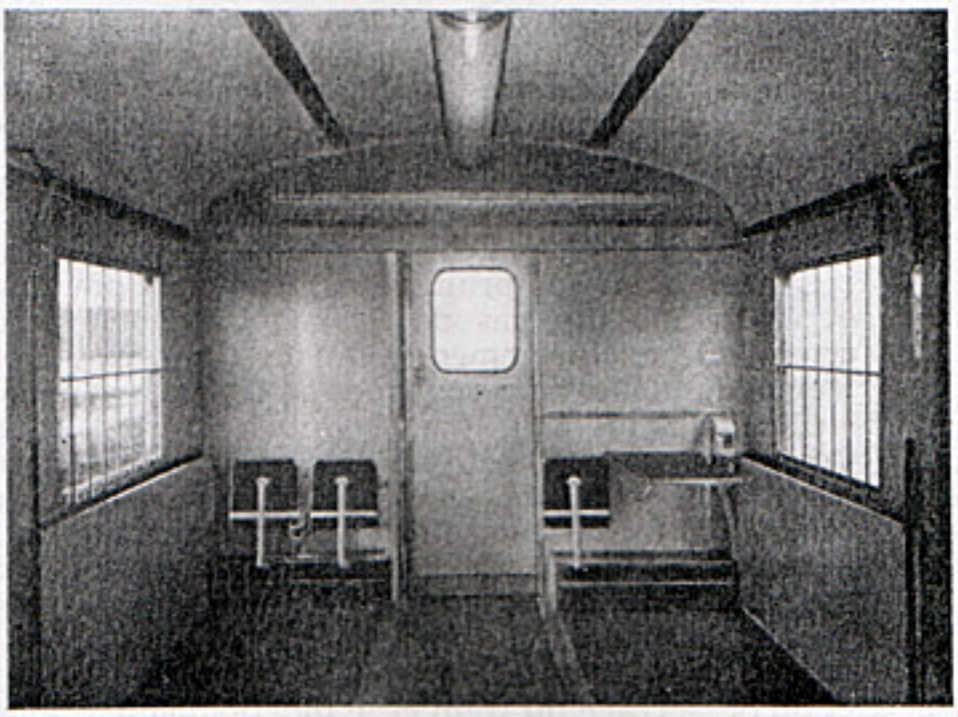


Fig 15: Compartiment à bagages

Eclairage

Le niveau d'éclairage des voitures est de 100 lux à environ 1 m du sol. Ce niveau est obtenu par une ligne continue centrale de lampes fluorescentes à 100 Hz, sous plafonniers en perspex. Le courant est obtenu par un turbo-onduleur. L'éclairage des cabines de conduite de même que celui de secours se fait par des lampes à incandescence.

Alimentation en eau

Les WC de chaque voiture sont alimentés par un réservoir en acier inoxydable, placé dans le pavillon. Ces réservoirs sont alimentés par des conduites de rem-

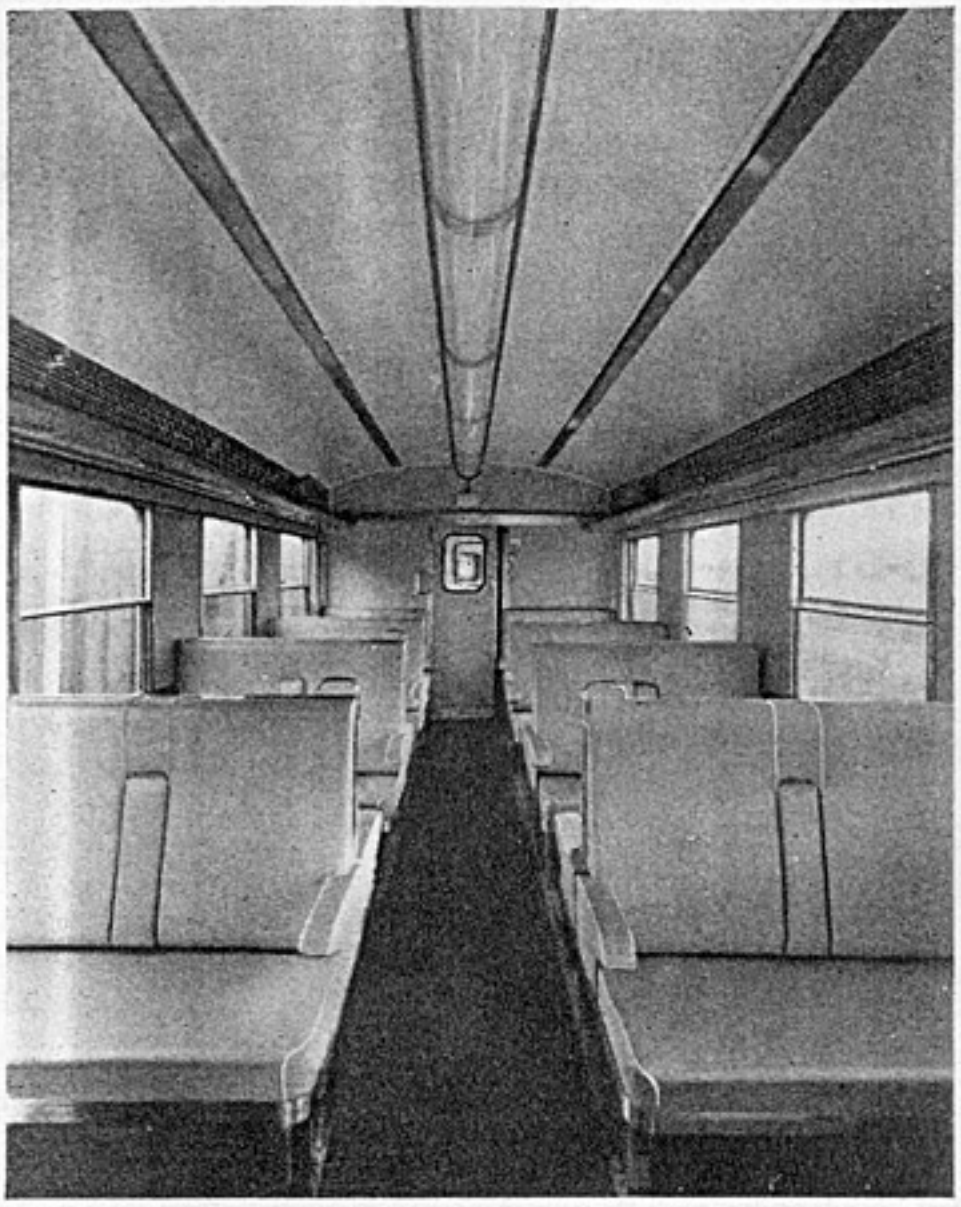


Fig. 16: Compartiment de 1ère classe dans la remorque intermédiaire

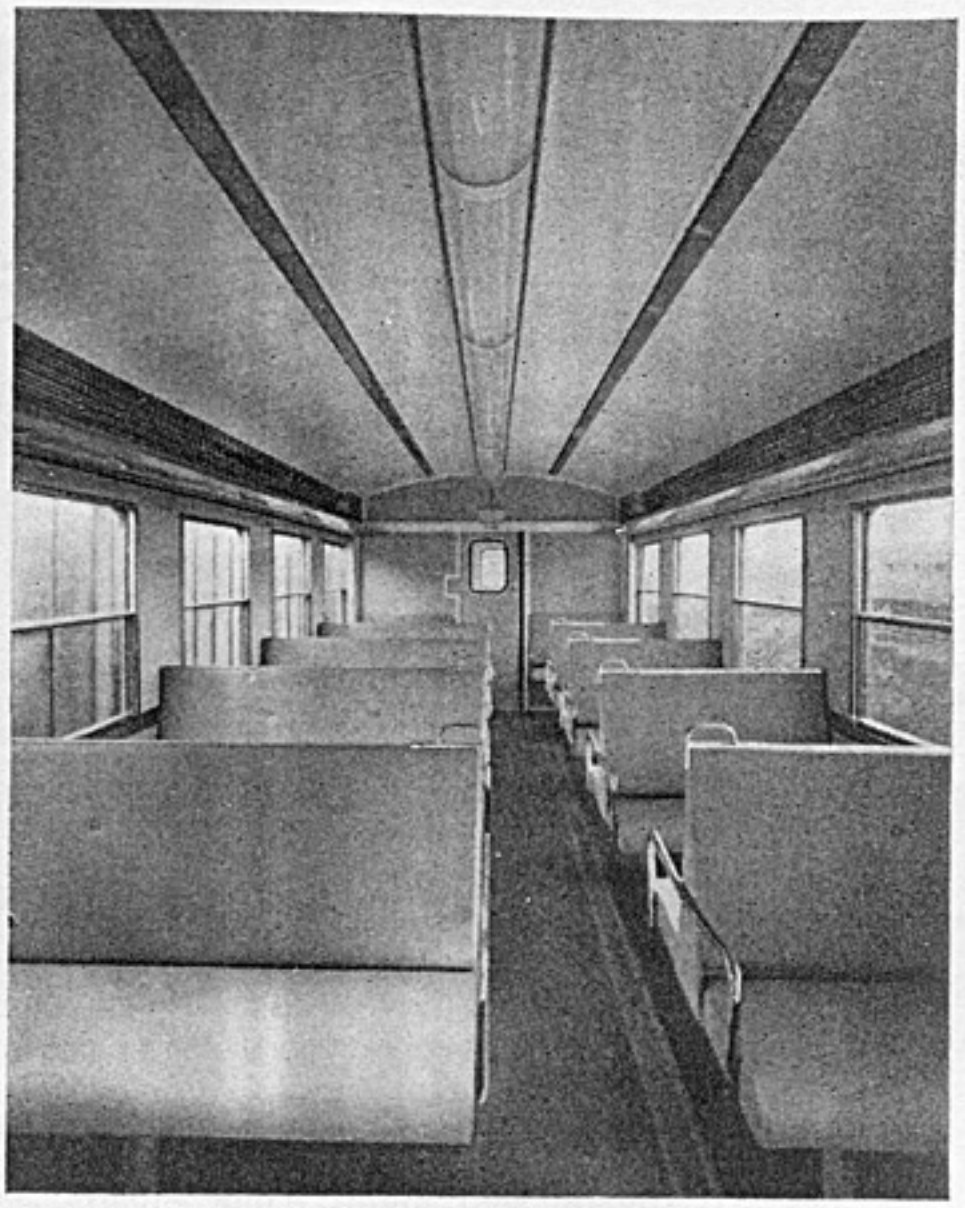


Fig. 17: Compartiment de 2ème classe dans l'automotrice et la remorque pilote

plissage des deux côtés des voitures. La distribution dans le WC est faite par gravité.

Fenêtres et stores

Les fenêtres sont à demi-ouverture, la glace supérieure coulissant vers le bas. Elles sont équilibrées par un mécanisme à ressorts placé dans la partie supérieure du cadre. Celui-ci est en profilés d'aluminium traité. Les glaces sont en verre de sécurité. Les fenêtres sont vissées sur les parois latérales du véhicule, par l'interieur.

Chaque fenêtre est munie d'un store en tissus de chlorure de polyvinyle.

Les fenêtres des WC sont basculantes, à glaces sablées.

Sur les deux bouts de la rame, les vitres fixes, du type collé, sont montées sur profilés caoutchouc.

Aménagement intérieur

La remorque intermédiaire est de 1ère classe (fig. 16), sauf le fourgon (fig. 15) qui peut être éventuellement utilisé par les voyageurs de 2ème classe. Les 2 voitures d'extrémité sont de 2ème classe (fig. 17).

Dans tous les cas, les planchers des voitures sont en linoléum, appliqué sur une couche d'imperméabilisation de latex revêtant le contreplaqué traité rivé à la structure.

Les WC font exception avec des planchers en acier inoxydable.

Tous les plafonds sont en tôle d'acier peinte, avec deux bandes perforées, sauf ceux des vestibules et des deux compartiments extrêmes des automotrices qui sont en contreplaqué armé, peint.

Toutes les cloisons et portes intérieures sont en contreplaqué armé des deux côtés de tôles d'acier galvanisées. Les bouts et les faces sont revêtus de tôle d'acier, insonorisée et recouverte — comme les cloisons — par du tissu au chlorure de polyvinyle collé. Les portes et les montants entre fenêtres de la 1ère classe font exception, étant revêtus de plastique laminé, du genre Melamine (Micarta).

Tous les couvre-joints et accessoires métalliques apparents sont en acier inoxydable dans la 1ère classe et en acier doux peint dans la 2ème classe, sauf les porte-bagages qui sont toujours en acier inoxydable.

Les sièges sont formés par une structure métallique avec des coussins en caoutchouc mousse, revêtues avec du tissu au chlorure de polyvinyle. Ceux de 1ère classe sont fortement rembourrés, tandis que ceux de 2ème classe ont seulement une légère couche de caoutchouc.

Les strapontins de 1ère classe sont aussi rembourrés; ceux de 2ème classe sont en bois vernis.

Toutes les serrures des portes sont en acier inoxydable.

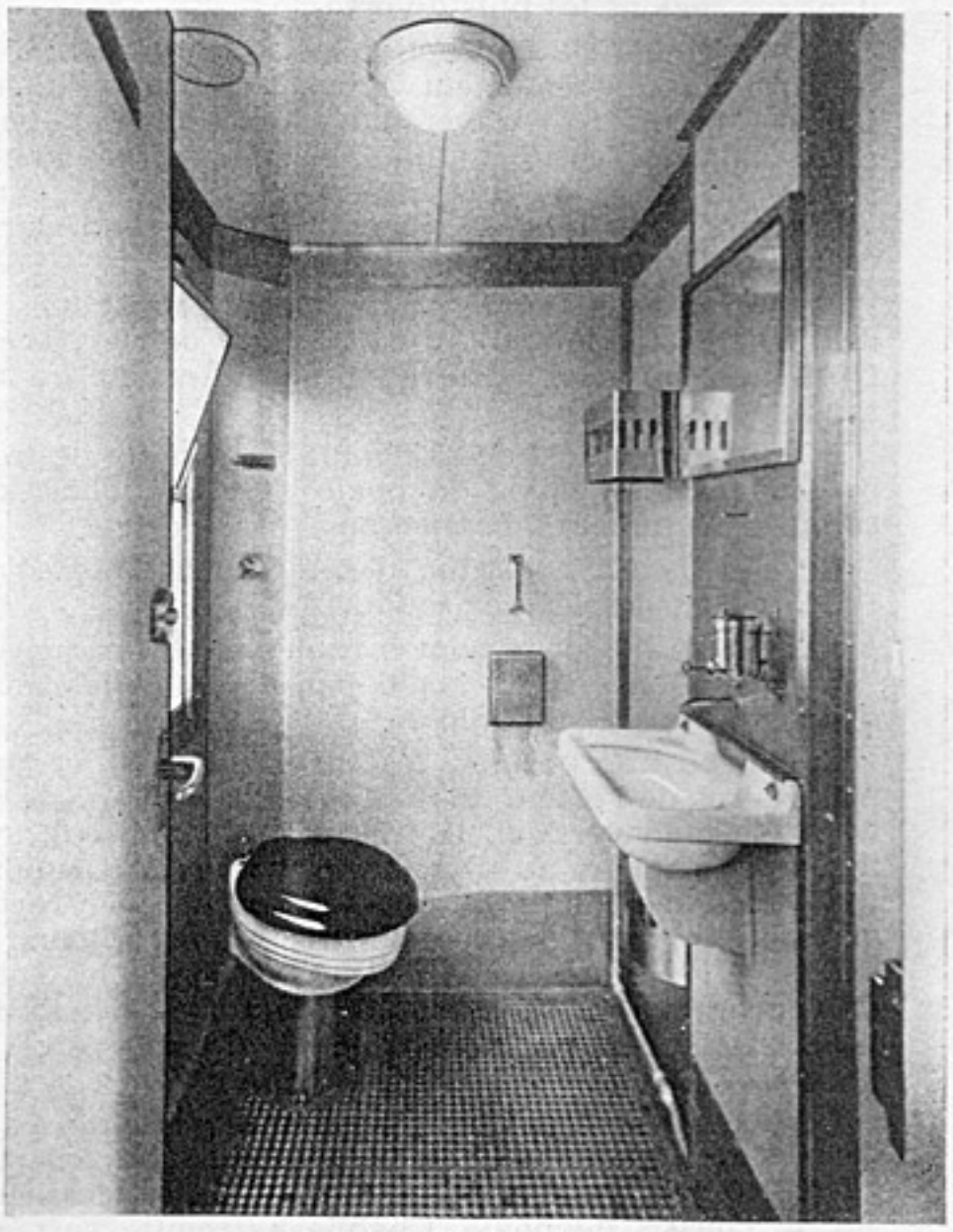


Fig. 18: Toilette

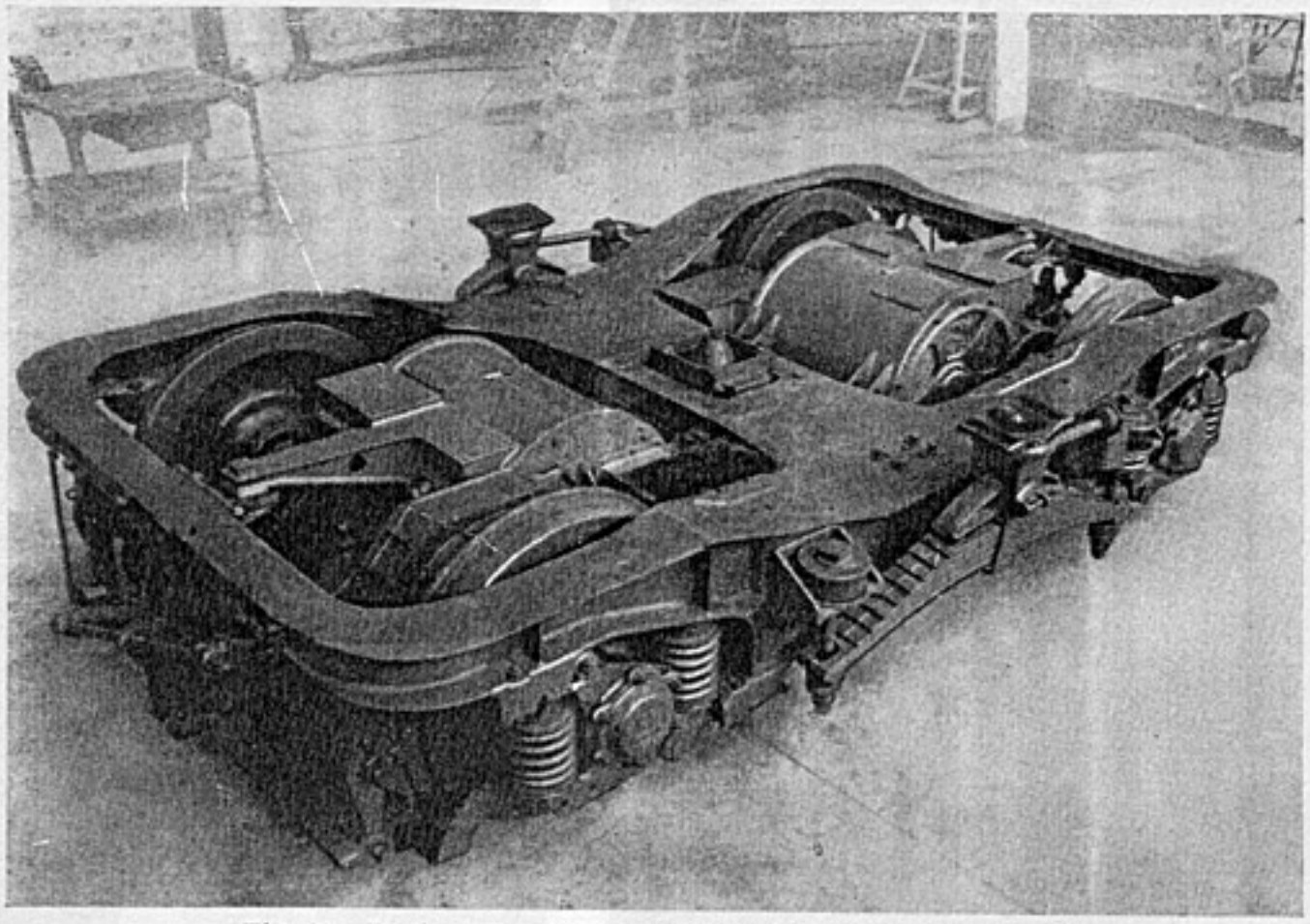


Fig. 20: Bogie moteur avec moteurs de traction incorporés

L'intérieur des cabines de conduite et des WC est peint.

Les WC (fig. 18) sont munis d'une cuvette et d'un lavabo en porcelaine. Les accessoires sont en laiton chromé et en acier inoxydable.

Bogies moteurs

Les bogies, de conception ALSTHOM, comportent les plus récents dispositifs expérimentés pour réduire au minimum les usures, les graissages et l'entretien, tout en assurant une excellente stabilité. Ces dispositifs sont maintenant largement éprouvés sur des dizaines de millions de kilomètres effectués par un certain nombre d'automotrices et plusieurs centaines de locomotives dans les régions les plus diverses.

La simplicité de conception permet de realisér une construction extrêmement robuste. En particulier, le remplacement de la traverse danseuse classique par un pivot dansant n'occupant que la partie centrale du bogie, permet de conserver une traverse médiane très étoffée, reliée aux deux longerons sur une très grande largeur (voir fig. 20 et dépliant 2, fig. 19).

Les graissages sont pratiquement supprimés par l'emploi d'articulations en caoutchouc ou de pièces de frottement en acier au manganèse qui résiste à l'usure sans aucun lubrifiant.

L'empattement est de 2800 mm; le diamètre des roues, de 1000 mm. Le poids du bogie s'élève à 11.500 kg, y compris les moteurs de traction.

Le châssis est constitué d'éléments de tôles d'acier B Martin assemblés par soudure.

Les boîtes d'essieux sont à roulements. Chaque boîte est liée au châssis de bogie par deux bielles munies d'articulations à silentblocs.

Ce dispositif permet les déplacements verticaux nécessaires de l'essieu, tout en maintenant son axe dans le même plan vertical. Il présente de nombreux avantages par rapport au système à glissières: il supprime tout graissage, toute usure, tout jeu libre entre boîte et châssis. Les silentblocs réalisent, par ailleurs, une certaine flexibilité transversale qui facilite les entrées en courbe et le passage sur les défauts localisés de la voie, en réduisant notablement les efforts exercés sur les rails.

Les axes des silentblocs sont terminés par des parties carrées qui se montent sans jeu dans des logements carrés correspondants usinés sur les boîtes d'essieux et sur le châssis de bogie. Chaque extrémité carrée est maintenue en place par une vis ou par un boulon, et les opérations de montage et de démontage sont extrêmement commodes et rapides.

Les boîtes d'essieux sont réalisées de façon à pouvoir assurer au moins 200.000 km sans visite ni adjonction de graisse.

La suspension primaire, simple et efficace, ne comporte que des ressorts hélicoïdaux, disposés de part et d'autre des boîtes d'essieux. L'amortissement exercé par les silentblocs des bielles de liaison suffit à étouffer toute oscillation verticale entretenue.

La suspension secondaire est assurée au droit de chaque bogie, à la fois par le pivot central élastique et par deux équilibreurs latéraux.

Le pivot a son articulation réalisée par un cône en caoutchouc qui assure, par simple déformation moléculaire, sans aucun frottement de surfaces, tous les mouvements relatifs nécessaires entre bogie et caisse. La base métallique du pivot repose sur le fond de la traverse centrale par l'intermédiaire d'un ressort hélicoïdal et peut se déplacer transversalement en coulissant dans des glissières en acier au manganèse. On réalise ainsi avantageusement l'équivalent de la traverse danseuse classique. Ce système supprime également toute nécessité de graissage.

Les équilibreurs latéraux sont constitués par des ressorts à lames à flexibilité variable suspendus au châssis de bogie par des chandelles de longueur réglable. La bride de chacun de ces ressorts est liée au châssis de bogie par une bielle longitudinale articulée sur caoutchouc à ses deux extrémités et qui permet d'assurer, sans frottement, le maintien de la bride sur un même axe vertical au cours des débattements de la caisse.

Dans les mouvements de rotation entre caisse et bogies, il y a donc glissement entre le dessus des brides et le dessous du châssis de caisse, et le couple de frottement qui en résulte, sert à amortir les mouvements de lacet. Ces surfaces frottantes sont également munies d'acier au manganèse legèrement graissé pour en faciliter le polissage.

Les moteurs sont entièrement suspendus; ils reposent sur le châssis de bogie en trois points par des rondelles de caoutchouc; ils participent cependant à la suspension primaire par l'intermédiaire des accouplements élastiques à ressorts interposés entre les essieux et les moteurs et par lesquels se fait la transmission du couple moteur aux essieux.

La présence de caoutchouc entre essieux et châssis de bogie, par les bielles à silentblocs, entre châssis de bogie et caisse, par le pivot central et les plots élastiques

montés à la partie supérieure des chandelles de suspension secondaire, évite la transmission des vibrations à la caisse et contribue à améliorer le confort des voyageurs.

Bogies porteurs

Les bogies porteurs, de construction »SCHINDLER«, constituent un type de bogie qui avait déjà fait ses preuves, en une exécution semblable, pendant de nombreuses années sur les lignes des Chemins de Fer Fédéraux suisses et qui, pendant les années 1948/49, pour la première fois, avait été livré à la CP pour une série de voitures de voyageurs destinées au service de banlieue. Là-encore, ces bogies, d'une construction légère, avec des châssis complètement soudés, ont répondu à toute attente en ce qui concerne la tenue en ligne et la simplicité de l'entretien.

Sur la base de ces expériences satisfaisantes, on a choisi ce type de construction des bogies aussi pour les bogies porteurs des remorques intermédiaires et pilotes des nouvelles rames automotrices de banlieue. Sauf quelques petites modifications apportées à la suspension secondaire, la construction existante des bogies pouvait être appliquée telle quelle. Au point de vue technique, ces bogies sont caractérisés par l'emploi de la suspension double à ressorts et une suspension secondaire oscillante (voir fig. 22 et le dépliant 2, fig. 21).

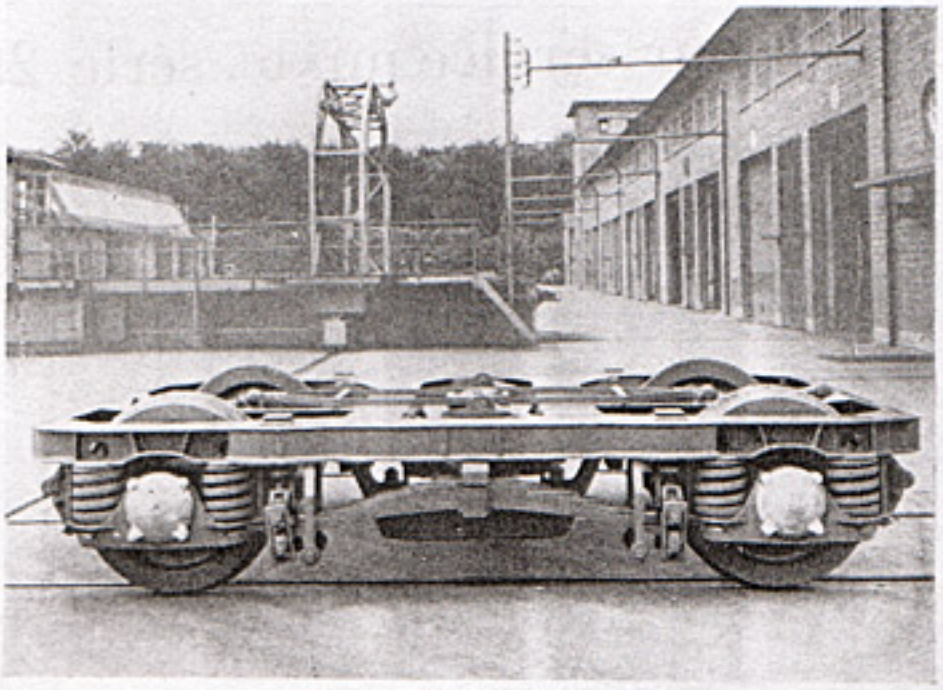


Fig. 22: Bogie porteur

L'empattement est de 2700 mm; le diamètre des roues, de 850 mm. Le poids du bogie s'élève à 4600 kg.

Le châssis du bogie se compose de profilés en tôle plats et pliés, qui sont soudés électriquement et constituent un ensemble léger, mais robuste, d'un aspect simple et clair. Un soin particulier a été apporté à l'exécution des changements de sections, surtout aux traverses de bout et à l'entrée des traverses médianes dans les longerons. Pour des raisons statiques, la partie médiane des longerons est exécutée jusq'au-dessus des points d'attaches de la suspension secondaire.

Le châssis du bogie s'appuie par l'intermédiaire de ressorts hélicoïdaux sur des balanciers coulés latéralement sur les boîtes d'essieux. Le guidage des boîtes d'essieux est disposé dans l'espace formé à l'intérieur des ressorts hélicoïdaux et se compose d'un plateau de ressort supérieur et d'un plateau inférieur, avec pivots de guidage cylindriques. Le guidage des boîtes d'essieux sert en même temps d'amortisseur hydraulique pour la suspension primaire.

Le plateau supérieur de ressort avec son pivot de guidage est fixé par soudage à la bride inférieure du longeron et muni d'une douille interchangeable en bronze servant de guidage pour le plateau inférieur de ressort. Le plateau inférieur, sous forme d'un cylindre ouvert d'un seul côté, repose librement sur le balancier de la boîte d'essieu, une bague de caoutchouc étant intercalées pour amortir le bruit et compenser les irrégularités entre les deux surfaces d'appui.

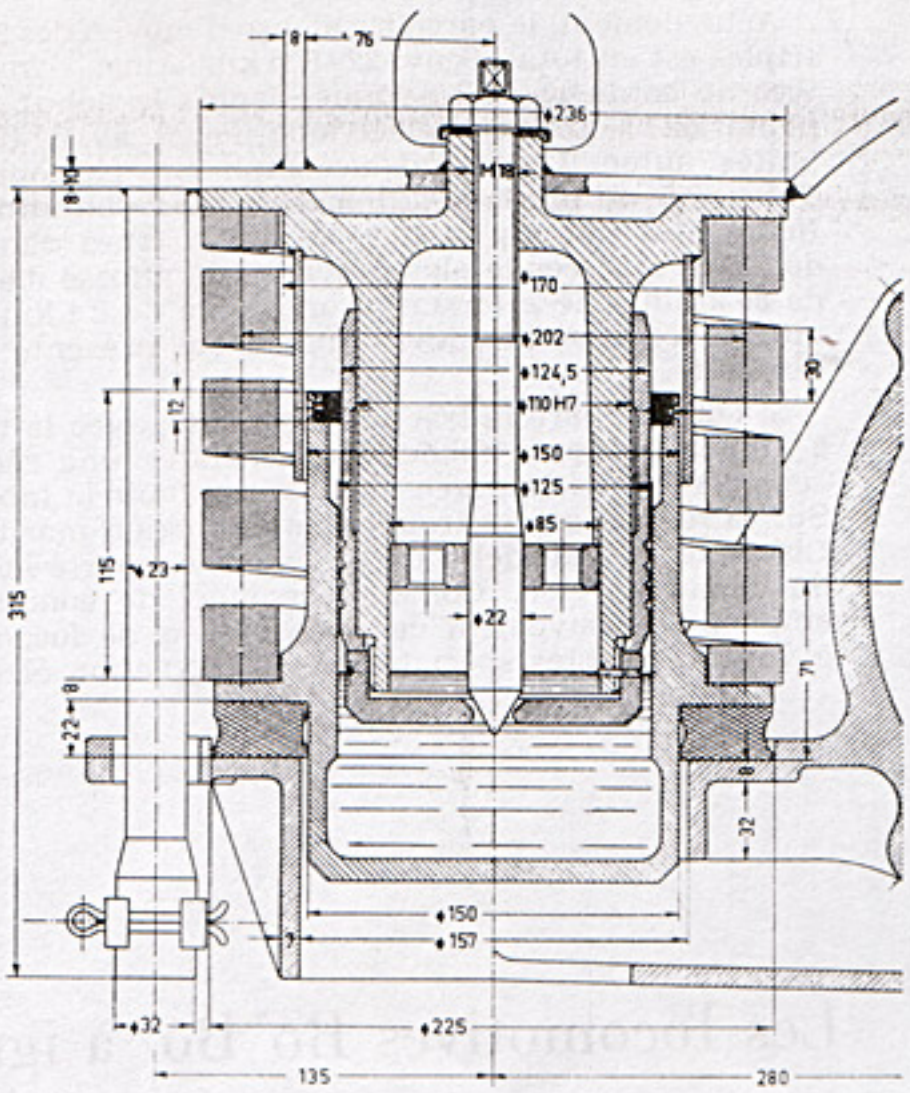


Fig. 23: Suspension primaire avec amortisseur hydraulique pour bogie porteur

La fig. 23 montre la coupe longitudinale par le guidage de la boîte d'essieu avec l'amortisseur hydraulique réglable. Grâce à cette combinaison, tout le guidage de la boîte d'essieu est autograisseur et ne nécessite pratiquement pas d'entretien. Comme l'expérience l'a montré, l'usure des douilles de guidage est si minime qu'on n'a besoin d'envisager leur remplacement qu'après plusieurs centaines de milliers de kilomètres.

En déplaçant la broche, conique à son extrémité inférieure, on peut régler la section de l'ouverture d'écoulement de l'huile; ainsi, l'action de l'amortisseur peut être adaptée aux exigences.

Les boîtes d'essieux sont en acier moulé électrique et sont équipées de roulements à rouleaux à rotule »SKF«. Les essieux montés avec centres de roues monoblocs répondent à l'exécution standard de la CP pour voitures de voyageurs.

La traverse danseuse est également en construction soudée, sous forme d'une poutre creuse. La suspension oscillante est assurée par un ressort principal à lames et un ressort complémentaire, également à lames. Ces ressorts sont disposés de chaque côté du bogie. Le ressort complémentaire est conçu de telle façon qu'il ne commence à participer au travail qu'au delà d'une certaine charge de la voiture; ceci permet d'obtenir pour la suspension secondaire une caractéristique progressive qui se fait sentir avantageusement sur la tenue en ligne des voitures. Pour faciliter le réglage de la hauteur prescrite des tampons, sans soulèvement de la caisse, la longueur des chandelles de la suspension secondaire peut être réglée au moyen d'une tige filetée.

La caisse de la voiture s'appuie sur la traverse danseuse par une crapaudine centrale plate, plaquée de bronze, à graissage à bain d'huile. Le boulon traversant cette crapaudine sert exclusivement d'élément de sécurité pour la fixation de la caisse au bogie. Pour le passage des courbes ou en cas de répartition inégale des charges, on a prévu aussi des appuis latéraux à glissières. Cependant, dans la position normale de la voiture, ces appuis présentent un jeu d'env. 1 mm.

Le bogie possède un frein à 8 mâchoires avec commande centrale normale à l'intérieur du bogie. Tous les supports pour la suspension de la timonerie sont fixés par soudage au châssis du bogie.

Exploitation

Actuellement, le parcours mensuel moyen des 25 unités triples est en total d'env. 220 000 km. Ainsi, dans le service de banlieue de Lisbonne, depuis le début de l'exploitation à traction électrique le 28 avril 1957, ces unités automotrices ont accompli un parcours total d'env. 7,5 millions de kilomètres. Les conditions difficiles: des rampes de 18 ‰ et des courbes d'un rayon de 320 m utilisées le plus souvent à la vitesse maximum de 80 km/h, une interstation moyenne de 2,1 km et une vitesse commerciale de 40 km/h, n'ont présenté aucune difficulté.

Si l'on compare la traction électrique avec la traction à vapeur, on peut facilement constater une réduction considérable de la durée de parcours (voir le tableau 1). Sur la section qui se trouve dans la région maritime de Lisbonne, le matériel a parfaitement supporté les effets du climat agressif. Comme personnel de conduite, on emploie exclusivement des mécaniciens de locomotives à vapeur, adaptés spécialement à la traction électrique et qui se sont bien habitués au nouveau mode de conduite. L'électrification et les durées plus courtes de voyage ont eu pour résultat une augmentation considérable du nombre de voyageurs.

Tableau 1

Durées de parcours et vitesses commerciales sur la ligne Lisbonne, station de Rossio — Sintra (27,17 km)

	Durée du parcours		Vitesse commerciale
	minutes	%	km/h
Arrêt à chaque station			
Traction à vapeur	57	100	28,6
Traction électrique	41	72	39,8
Parcours sans arrêt jusqu'à Cacém			
Traction à vapeur	43	100	37,9
Traction électrique	30	69,7	54,3

Les locomotives Bo' Bo' à ignitrons pour service mixte, série 2500

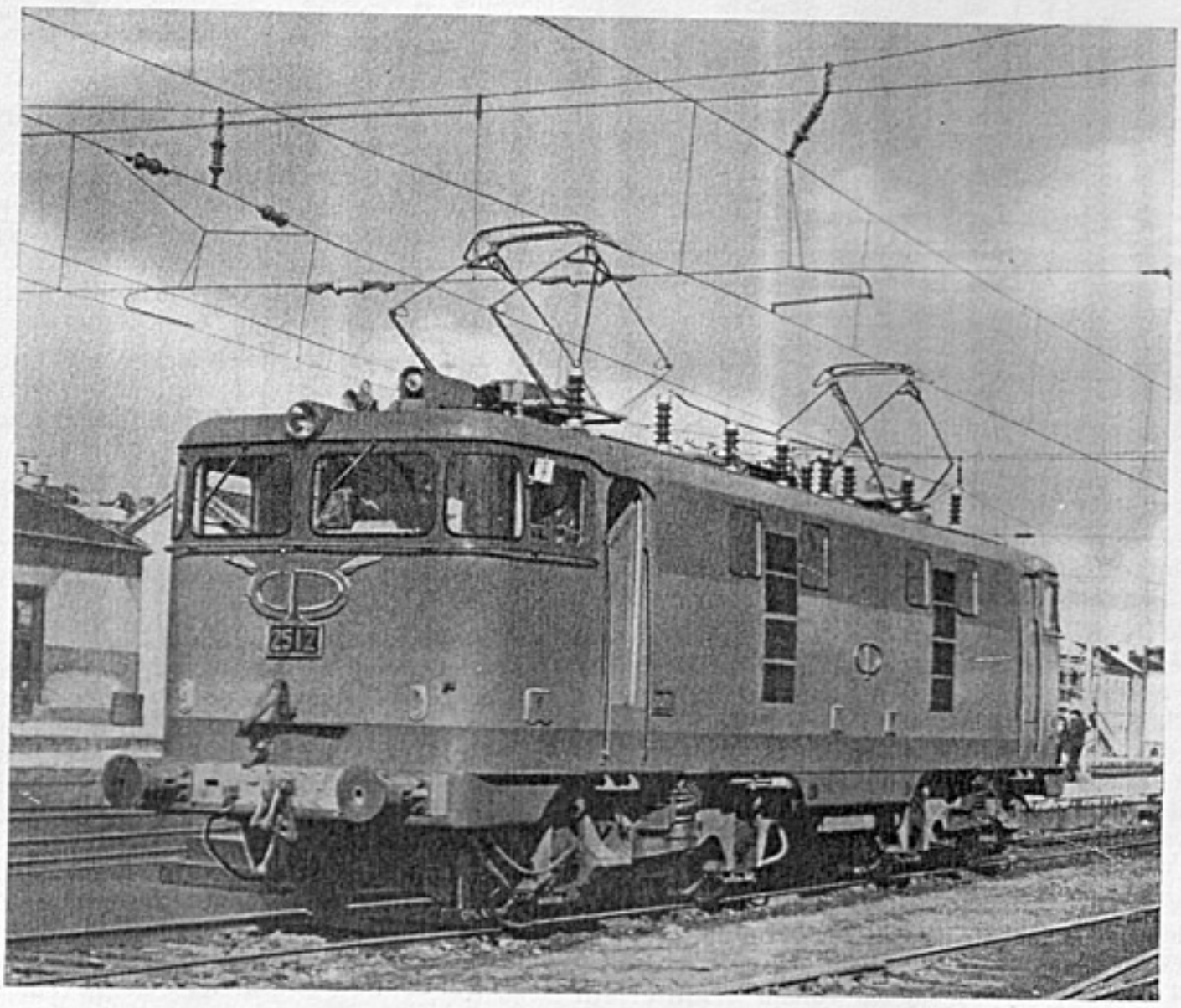


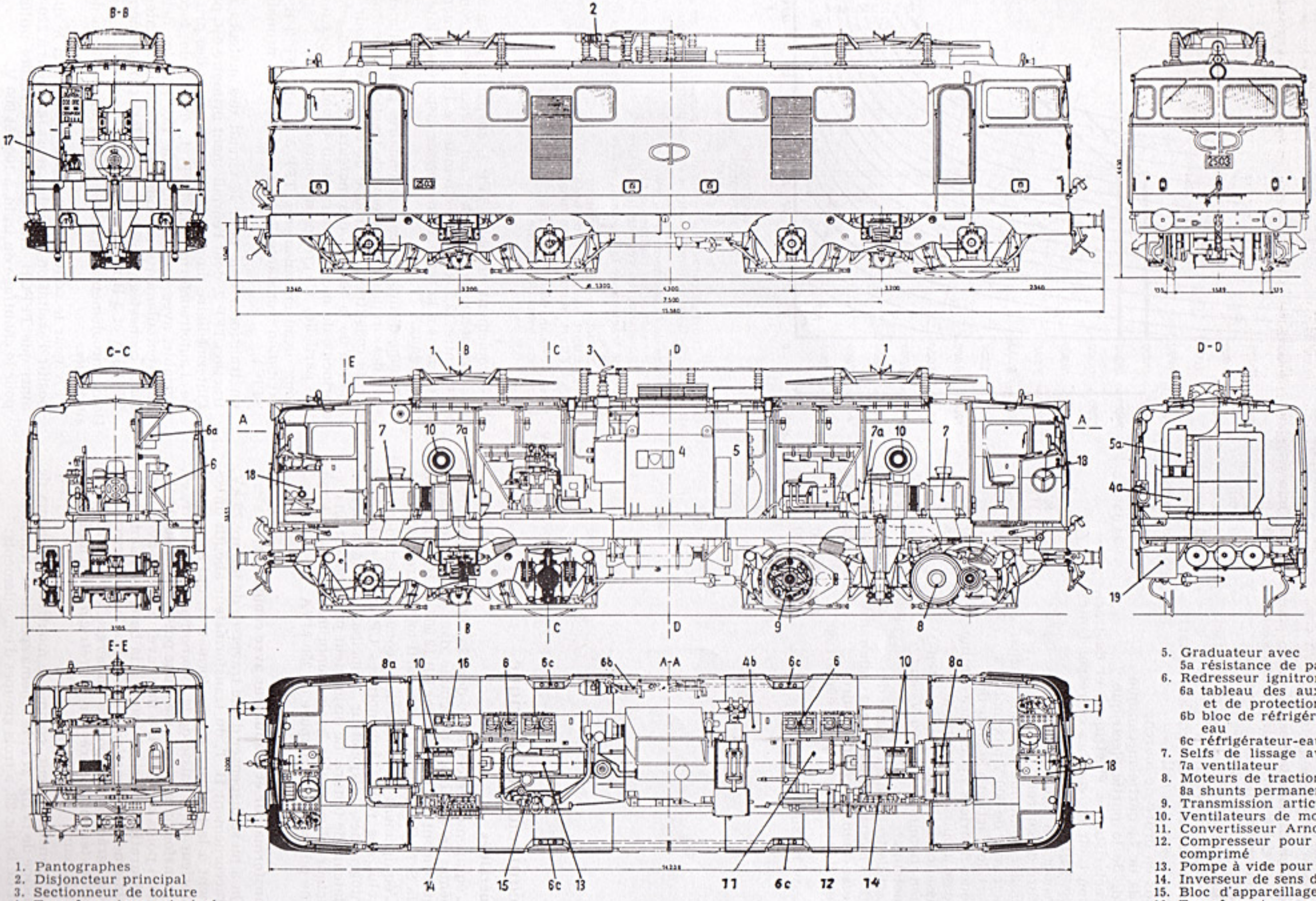
Fig. 24: Locomotive Bo'Bo' à ignitrons

Généralités

Lors du projet d'électrification les trois types suivants de locomotives avaient fait l'objet des discussions: le premier, avec moteurs à collecteur pour courant alternatif monophasé, un deuxième avec redresseurs excitrons et un troisième à redresseurs ignitrons. A l'adjudication, en 1955 on s'est décidé pour le dernier de ces types, la locomotive à ignitrons. Pour la première tranche de l'électrification, une commande fut passée, comportant 15 locomotives Bo'Bo' pour service mixte, d'une puissance continue de 2780 ch (2044 kW), qui sont actuellement en service (fig. 24) et portent les numéros 2501 à 2515. Elles sont en particulier caractérisées par le fait qu'elles représentent les premières locomotives légères pour courant alternatif monophasé 50 Hz; bien qu'elles aient été construites pour la voie large de 1665 mm, leur poids en service n'est que de 71 t.

Caractéristiques principales

Les principales caractéristiques techniques des locomotives sont les suivantes:



1. Pantographes
2. Disjoncteur principal
3. Sectionneur de toiture
4. Transformateur principal avec
   4a réfrigérant d'huile
   4b ventilateur du réfrigérant d'huile
5. Graduateur avec
   5a résistance de passage
6. Redresseur ignitron avec
   6a tableau des auxiliaires d'allumage et de protection
   6b bloc de réfrigération avec pompe à eau
   6c réfrigérateur-eau
7. Selfs de lissage avec
   7a ventilateur
8. Moteurs de traction avec
   8a shunts permanents
9. Transmission articulée
10. Ventilateurs de moteurs de traction
11. Convertisseur Arno
12. Compresseur pour frein à air comprimé
13. Pompe à vide pour frein à vide
14. Inverseur de sens de marche
15. Bloc d'appareillage pneumatique
16. Transformateurs auxiliaires
17. Compresseur auxiliaire
18. Pupitre de conduite

Fig. 25: Elévation, plan et coupes de la locomotive

Dimensions principales et poids (voir aussi les plans d'encombrement et de disposition d'ensemble fig. 25)

Largeur de voie	1 665	mm
Longueur hors tout	15 380	mm
Largeur max.	3 105	mm
Entr'axe des pivots des bogies	7 500	mm
Empattement des bogies	3 200	mm
Diamètre des roues motrices (neuves)	1 300	mm
Hauteur max. au-dessus des rails, pantographes abaissés	4 450	mm
Hauteur min. de la ligne de contact au-dessus des rails	4 820	mm
Hauteur max. de la ligne de contact au-dessus des rails	5 720	mm
Poids en ordre de marche	71,0	t
Poids de la partie mécanique	37,0	t
Poids de la partie électrique	34,0	t
Caractéristiques électriques et de traction (voir les courbes correspondantes fig. 26):		
Tension à la ligne caténaire	25	kV
Nature de courant	50	Hz
Puissance continue pour une tension nominale de 600 V aux moteurs	2 780 ch/2 044	kW
Effort de traction à la jante des roues motrices à puissance continue	12 100	kg
Vitesse à puissance continue	62	km/h
Puissance unihoraire pour une tension nominale de 600 V aux moteurs	2 960 ch/2 176	kW
Effort de traction à la jante des roues motrices à puissance unihoraire	13 100	kg
Vitesse à puissance unihoraire	61	km/h
Effort de traction max. au démarrage	env. 20 200	kg
Vitesse maximum	120	km/h

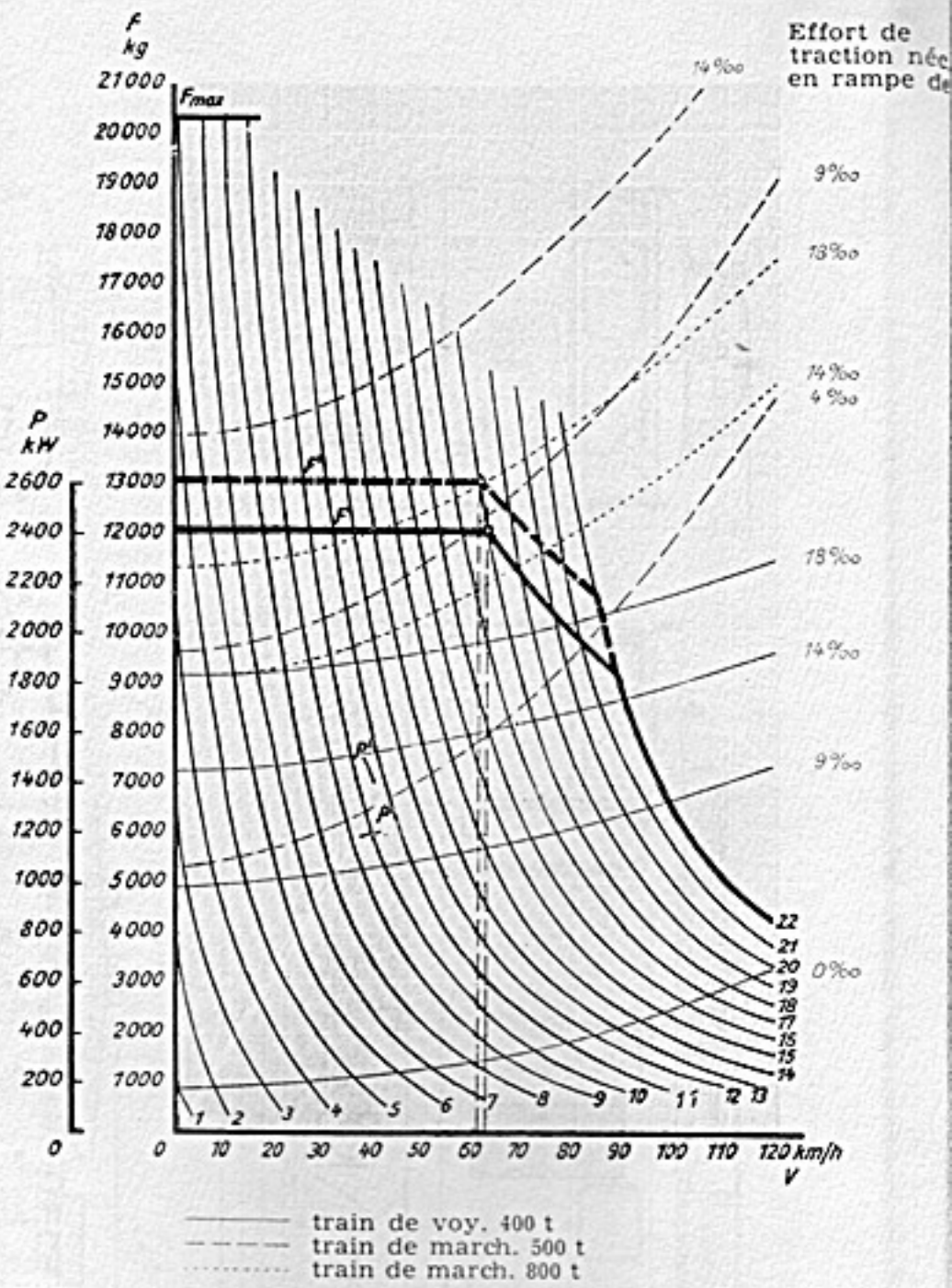


Fig. 26: Courbes caractéristiques de la puissance et de l'effort de traction en fonction de la vitesse pour la locomotive

P: Puissance de la locomotive en kW
P′ : Puissance en régime continu
P″ : Puissance en régime unihoraire

F: Effort de traction de la locomotive à la jante des roues motrices en kg
F′ : Effort en régime continu
F‴ : Effort en régime unihoraire
F_{max} : Effort maximum au démarrage

V: Vitesses de marche en km/h
1, 2, 3...22: Crans de marche

L'équipement électrique

Généralités

L'équipement électrique, dont la fig. 27 représente le schéma de principe, ressemble dans son ensemble à l'équipement des locomotives BB 12 000, 50 Hz à ignitrons de la S. N. C. F., mais il est réparti tout autrement.

L'équipement de toiture des locomotives est identique à celui des rames automotrices CP de la série 2000: pantographes, disjoncteur principal, sectionneurs et isolateurs de toiture. Le disjoncteur principal est un disjoncteur ultra-rapide à air comprimé DBTF 30 i 250, d'une puissance de coupure de 250 MVA.

Transformateur et graduateur avec commande

On a pu se dispenser d'une traversée de toiture 25 kV; le raccordement H. T. du transformateur aboutit directement à la toiture. Le transformateur, qui se trouve à l'intérieur de la caisse de la locomotive et au centre, est un transformateur cuirassé d'une puissance de 4080 kVA et d'un poids de 8,4 t; il a une cuve en cloche avec joint de séparation inférieur soudé à la base, est monté horizontalement et fonctionne en bain d'huile à circulation forcée, grâce à une pompe immergée, avec refroidissement extérieur assuré par un réfrigérant d'huile avec ventilateur.

Le transformateur, comme le montrent le schéma de principe de la fig. 27 et le schéma spécial au transformateur de la fig. 28, a trois groupes d'enroulements:

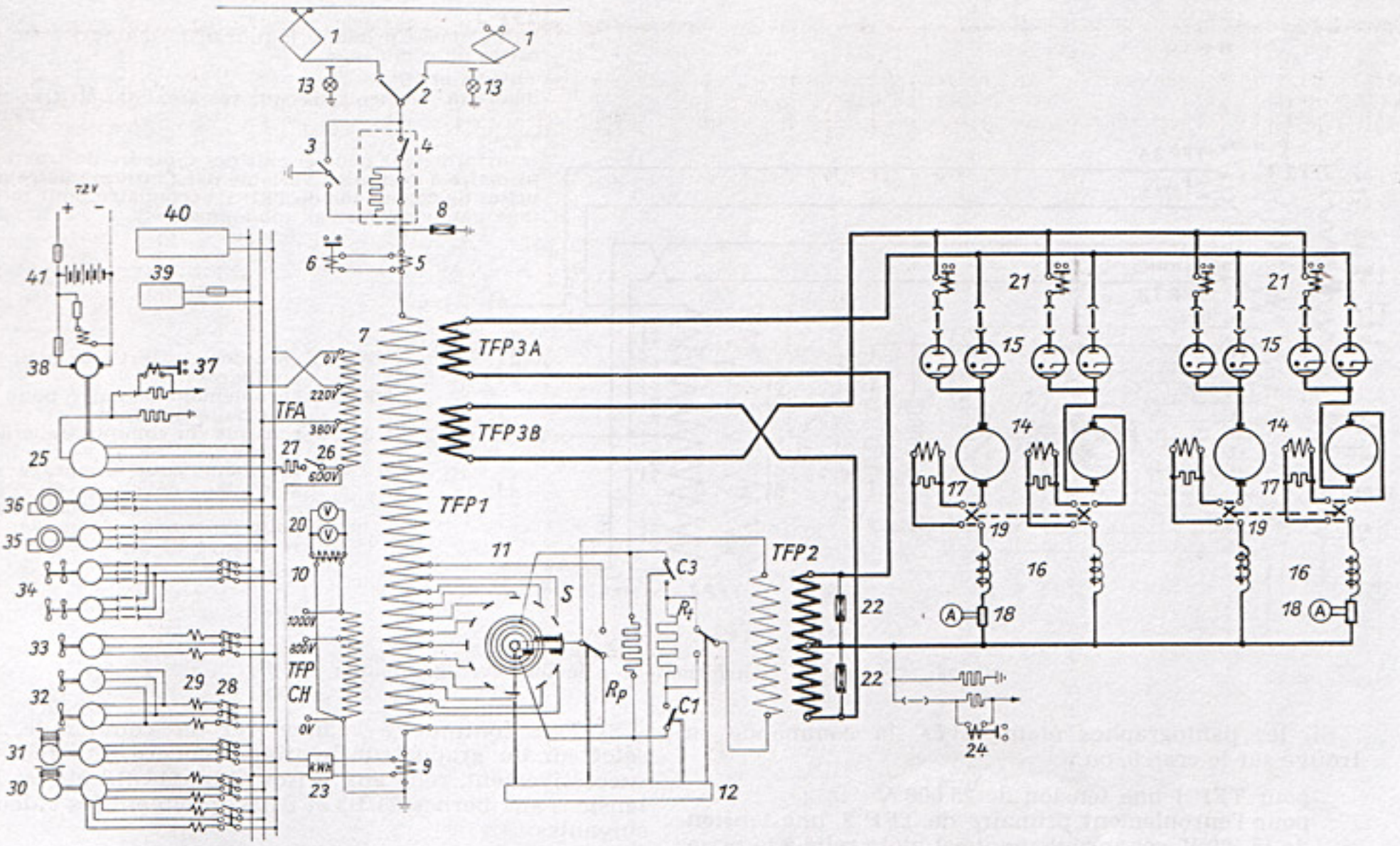
Un enroulement primaire TFP 1, en partie en autotransformateur, pour 25 kV; cet enroulement comporte, entre 13,5 kV et l'extrémité de l'enroulement, qui est mise à la terre, douze prises disposées à intervalles égaux.

Un groupe d'enroulements secondaires pour l'alimentation des circuits des moteurs de traction; ces enroulements constituent le groupe de commande pour la variation de la tension des moteurs de traction selon le principe du montage survolteur-dévolteur des tensions partielles. Ce groupe se compose de:

- deux demi-enroulements TFP 3 A et TFP 3 B à excitation constante (par l'enroulement primaire TFP 1),
- un transformateur pour le circuit des moteurs de traction TFP 2, dont l'enroulement primaire est, par l'intermédiaire du graduateur, au moyen des prises de l'autotransformateur TFP 1, excité de façon variable, avec un maximum de 13,5 kV; les deux demi-enroulements secondaires du transformateur sont connectés en série avec les enroulements TFP 3 A et 3 B respectivement.

Deux enroulements tertiaires pour l'alimentation des auxiliaires:

- TFA pour le convertisseur Arno à 380 V et le dispositif d'excitation des redresseurs ignitrons à 220 V, ainsi que TFPCH, enroulement non encore utilisé, pour le chauffage du train, à 1000 et 800 V.



1. Pantographe
2. Sectionneur de toiture
3. Interrupteur de mise à la terre
4. Disjoncteur principal
5. Transformateur d'intensité H. T.
6. Relais de surintensité
7. Transformateur principal avec autotransformateur TFP 1, transformateur TFP 2 du circuit des moteurs de traction, enroulements secondaires TFP 3A et 3B du circuit des moteurs de traction, enroulement tertiaire TFA des auxiliaires, enroulement tertiaire TFPCH du chauffage du train
8. Parafoudre de surtension côté 25 kV
9. Transformateur d'intensité côté terre
10. Transformateur de tension
11. Graduateur avec sélecteur S, résistance de passage R_t, résistance de protection R_p, rupteurs C 1, C 3
12. Entraînement du graduateur
13. Indicateur capacitif de tension
14. Moteur de traction
15. Redresseurs ignitrons
16. Selfs de lissage
17. Résistances de shuntage permanent
18. Ampèremètres des moteurs de traction
19. Inverseur de marche
20. Voltmètre de caténaire
21. Relais de surintensité pour moteurs de traction
22. Parafoudre de surtension pour le côté secondaire du transformateur
23. Wattheuremètre
24. Relais de court-circuit à la terre pour circuit des moteurs de traction
25. Groupe convertisseur Arno
26. Contacteur de démarrage pour groupe Arno
27. Résistance de démarrage pour groupe Arno
28. Contacteurs pour circuits des moteurs auxiliaires
29. Relais de surintensité des circuits des moteurs auxiliaires
30. Pompe à vide
31. Compresseur
32. Ventilateurs des selfs de lissage
33. Ventilateur de réfrigérant d'huile
34. Ventilateurs des moteurs de traction
35. Pompe à eau de redresseur ignitron
36. Pompe à huile du transformateur principal
37. Relais de court-circuit à la terre du réseau auxiliaire 380 V
38. Génératrice de charge
39. Chauffage des cabines
40. Circuits auxiliaires pour allumage et protection des redresseurs
41. Batterie

Fig. 27: Schéma de principe

Pour une puissance apparente totale de 4080 kVA de l'enroulement primaire, y compris les auxiliaires, la puissance apparente des enroulements secondaires du transformateur TFP 2 (à excitation variable) est de 2680 kVA et celle des enroulements secondaires TFP 3 A et 3 B (à excitation constante) 2 × 1340 kVA. La puissance de l'enroulement tertiaire TFA pour les auxiliaires est de 100 kVA; celle de l'enroulement tertiaire TFPCH pour le chauffage du train est de 200 kVA.

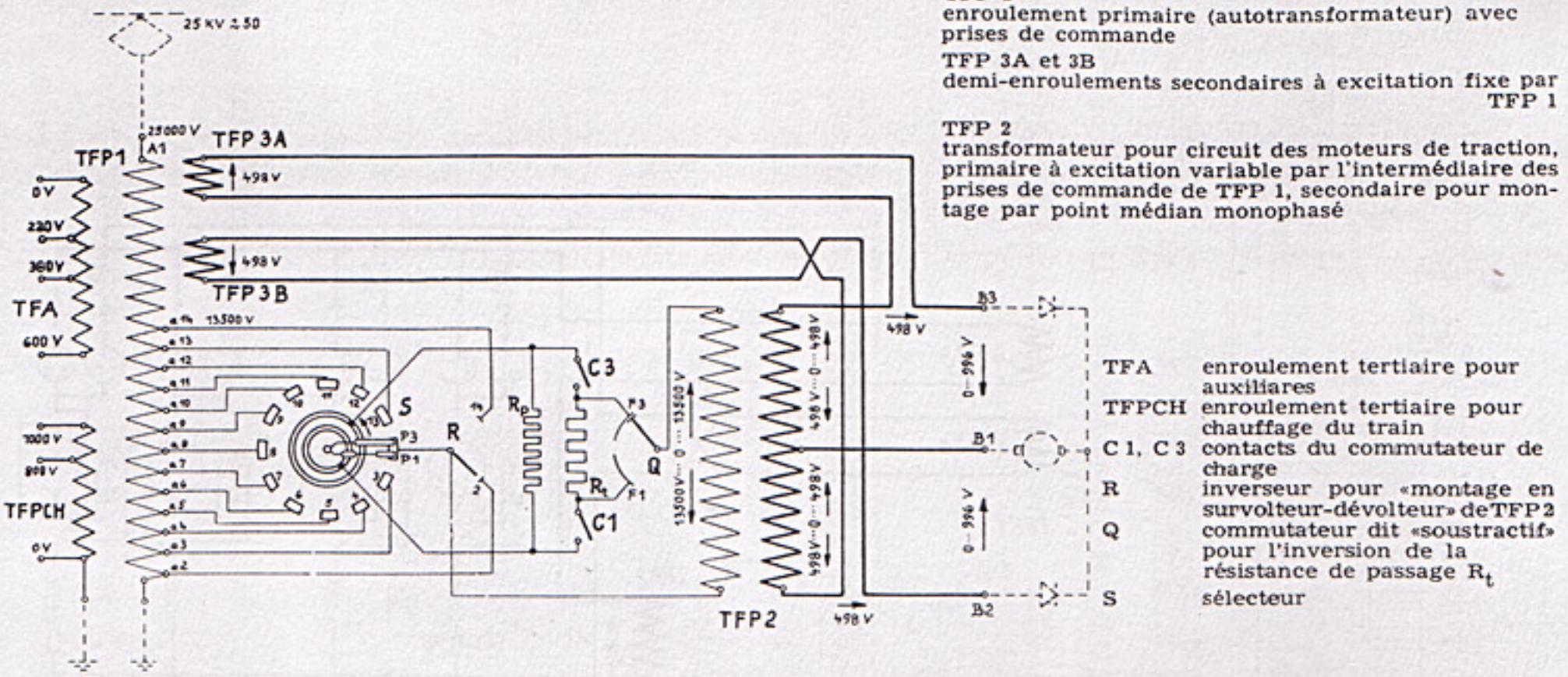
Dans le type de transformateur choisi, le circuit magnétique cuirassé entoure complètement les enroulements; il a deux fenêtres, dans lesquelles sont logées les bobines des enroulements; ce sont des bobines rectangulaires en cuivre plat, lovées et stratifiées sous la couche d'isolant intermédiaire, de telle sorte qu'on a pu y ménager des canaux de circulation d'huile. Le noyau, avec l'enroulement, est fixé contre le fond de la cuve soudée; la partie supérieure, en forme de cloche, de la cuve embrasse toute la partie active et assure le soutien et le serrage avec une compression efficace du noyau et de l'enroulement.

Le montage de type nouveau, suivant le principe du survolteur-dévolteur, avec le transformateur à moyenne tension TFP 2, de 13,5 kV, permet d'économiser sur les dimensions des enroulements secondaires du transformateur, ce qui compense les désavantages du montage du redresseur à point milieu.

Dans la comparaison avec la solution classique, c'est-à-dire avec un réglage de tension uniquement par prises, sans montage survolteur - dévolteur des tensions partielles, on constate, pour le dimensionnement, une économie de 5 %, qui équivaut à peu près au gain que l'on obtiendrait avec un montage en pont des redresseurs, sans avoir pour autant à s'accomoder des inconvénients inhérents à ce montage (isolements côté cathode des redresseurs et des circuits auxiliaires, etc . .).

Bien que le réglage de tension ne se fasse qu'avec une tension partielle relativement basse, de façon à garantir un fonctionnement irréprochable des contacteurs du graduateur, même aux surtensions, le facteur de puissance est presque aussi bon que si le réglage s'effectuait par l'intermédiaire de l'autotransformateur, sur toute l'étendue du domaine des tensions possibles. En effet, la partie de l'enroulement de celui-ci qui se trouve entre 13,5 et 25 kV travaille comme un transformateur véritable, avec les enroulements secondaires TFP 3 A et 3 B.

Donnons, en nous rapportant au schéma du transformateur de la fig. 28, quelques explications sur le fonctionnement du montage en survolteur-dévolteur dont le principe est appliqué ici.



TFP 1
enroulement primaire (autotransformateur) avec prises de commande

TFP 3A et 3B
demi-enroulements secondaires à excitation fixe par TFP 1

TFP 2
transformateur pour circuit des moteurs de traction, primaire à excitation variable par l'intermédiaire des prises de commande de TFP 1, secondaire pour montage par point médian monophasé

TFA	enroulement tertiaire pour auxiliares
TFPCH	enroulement tertiaire pour chauffage du train
C 1, C 3	contacts du commutateur de charge
R	inverseur pour «montage en survolteur-dévolteur» de TFP 2
Q	commutateur dit «soustractif» pour l'inversion de la résistance de passage R_t
S	sélecteur

Fig. 28: Schéma du transformateur principal avec graduateur

Si, les pantographes étant levés, la commande se trouve sur le cran 0, on a:

pour TFP 1 une tension de 25 000 V
pour l'enroulement primaire de TFP 2, une tension de 13 500 V, cet enroulement est alors relié à la prise a2 — le contact R de commutation étant à la position 2 — et, par l'intermédiaire du sélecteur du graduateur, à la prise a13 de l'autotransformateur, ce qui réalise, au total, le montage en dévolteur;

on a ainsi:

pour chaque demi-enroulement secondaire de TFP 2 une tension de «—498 V», pour chaque demi-enroulement secondaire de TFP 3 A et 3 B une tension de «+ 498»; ces deux demi-enroulements sont alors excités par l'enroulement TFP 1.

Dans ces conditions, les tensions entre bornes B1/B3 et B1/B2, au cran 0 de la commande, sont nulles.

Si on met successivement la commande aux crans 1, 2, 3 etc, le sélecteur du graduateur se trouve successivement relié aux prises a12, a11, a10 etc, et les tensions aux bornes B1/B3 et B1/B2 prennent les valeurs suivantes:

Cran du manipulateur	Demi-enroul. TFP 3A ou TFP 3B	Cran du sélecteur S	Cran du commutateur R	Demi-enroul. de TFP 2	Tension résultante B1/B3 ou B1/B2
0	+ 498 V	13	2	— 498 V	0 V
1	+ 498 V	12	2	— 453 V	45 V
2	+ 498 V	11	2	— 408 V	90 V
:	:	:	:	:	:
9	+ 498 V	4	2	— 93 V	405 V
10	+ 498 V	3	2	— 45 V	453 V

Le sélecteur passe alors, au cran de transition, du montage en dévolteur au montage en survolteur; dans cette position, la tension partielle fournie par le transformateur TFP 2 est nulle, et les tensions résultantes B1/B3 et B1/B2 sont égales à 498 V. En même temps, le contact R effectue la commutation sur le cran 14 et relie l'un des côtés de l'enroulement primaire de TFP 2 à la prise a14 de l'autotransformateur. Le sélecteur continue maintenant son mouvement dans le même sens et atteint de nouveau le cran 13, grâce auquel il relie l'autre côté de l'enroulement primaire de TFP 2 à la prise a13. Le demi-enroulement secondaire de TFP 2 fournit alors une tension de «+ 45 V»; à partir de ce moment, la commande réalise alors le montage en survolteur.

Si l'on continue à manœuvrer la commande, le sélecteur du graduateur se trouve encore une fois, et successivement, relié aux prises a12, a11, a10 etc, et les tensions aux bornes B1/B3 et B1/B2 prennent les valeurs suivantes:

Cran du manipulateur	Demi-enroul. TFP 3A ou TFP 3B	Cran du sélecteur S	Cran du commutateur R	Demi-enroul. de TFP 2	Tension résultante B1/B3 ou B1/B2
11	+ 498 V	Cran de transition	2/14	0 V	498 V
12	+ 498 V	13	14	+ 45 V	543 V
13	+ 498 V	12	14	+ 90 V	588 V
14	+ 498 V	11	14	+ 135 V	633 V
:	:	:	:	:	:
20	+ 498 V	5	14	+ 405 V	903 V
21	+ 498 V	4	14	+ 450 V	948 V
22	+ 498 V	3	14	+ 498 V	996 V

On atteint ainsi la tension max. de 996 V.

Notons encore que l'enroulement primaire de TFP 2, au moment de sa commutation, se trouve en court-circuit et que, dans le passage d'un cran au suivant, on introduit dans le circuit une résistance de passage R_t qui, dans un temps très court, met en œuvre au démarrage les crans intermédiaires à utiliser.

Sur la cuve du transformateur, ainsi que le montre la fig. 29, est directement monté le sélecteur avec le commutateur en charge type URM 2, qui effectue le branchement des prises de l'autotransformateur. L'appareil se compose d'un présélecteur en bain d'huile et du commutateur de charge dont les coupures se font dans l'air. Il a 22 crans et autant de crans intermédiaires. Il comporte les parties suivantes (se reporter encore à la fig. 28):

1. Un «sélecteur» S à deux bras qui tournent dans un bain d'huile et effectuent la présélection des prises de l'enroulement de l'autotransformateur.
2. Un commutateur-inverseur R, qui permet de mettre l'enroulement primaire du TFP 2 en montage en dévolteur ou en montage en survolteur, de sorte que les tensions secondaires se retranchent de celles des enroulements TFP 3A et 3B ou s'y ajoutent.
3. Un inverseur Q, désigné sous le nom d'interrupteur soustractif, qui, en franchissant sa position moyenne, inverse les connexions de la résistance de passage R_t. Comme son nome l'indique, cet interrupteur doit faire en sorte que les deux courants qui, lors du

changement de cran, traversent la branche mise en court-circuit — à savoir: le courant principal et le courant qui va de l'une à l'autre de 2 prises voisines du transformateur — soient toujours en opposition de phase. Si cet interrupteur n'existait pas, ces courants, quand les enroulements fonctionnent en dévoltage, se retrancheraient l'un de l'autre, mais, quand les enroulements fonctionnent en survoltage, s'ajouteraient l'un à l'autre, ce qui entraînerait une intensité supplémentaire dans les contacts du commutateur de charge.

4. Deux contacts C1 et C3 du commutateur de charge, relativement petits, à coupure dans l'air, permettent le passage d'une prise du transformateur à la suivante, avec montage intermédiare d'une resistance de passage R_t ventilée et fixée latéralement sur le transformateur. Les contacts sont actionnés mécaniquement en synchronisme avec le «bras sélecteurs» baignant dans l'huile, dont on a parlé plus haut.

Le mécanisme électropneumatique de commande du graduateur se trouve sur l'une des parois latérales du réservoir d'huile du sélecteur; il a été étudié spécialement pour la commande du graduateur des locomotives à ignitrons CP.

Il assure les trois fonctions suivantes:

entraînement électropneumatique proprement dit, actionné par le manipulateur de manœuvre;

indication mécanique de la position du graduateur;

entraînement de secours à la main, actionné par manivelle amovible.

En tant que mécanisme de commande, il est prévu pour fonctionnement automatique, c'est-à-dire pour un entraînement continu du graduateur en «progression» ou en «régression». Une position de marche déterminée, réglée par le conducteur au moyen du manipulateur, se commande automatiquement. L'indication exacte des positions du graduateur se trouve dans le champ de visibilité du mécanicien de la locomotive, sur le pupitre de conduite. L'indicateur de position est entraîné mécaniquement par l'arbre de l'entraînement auxiliaire, arbre qui aboutit au pupitre de conduite, devant le mécanicien. En cas de panne du mécanisme d'entraînement, le fonctionnement peut continuer à être assuré en mettant en place une manivelle sur cet arbre et en manœuvrant à la main la commande de graduateur. Aussi bien dans la commande automatique que dans le fonctionnement par commande auxiliaire, l'appareil garantit une période d'enclenchement déterminée, de cran en cran.

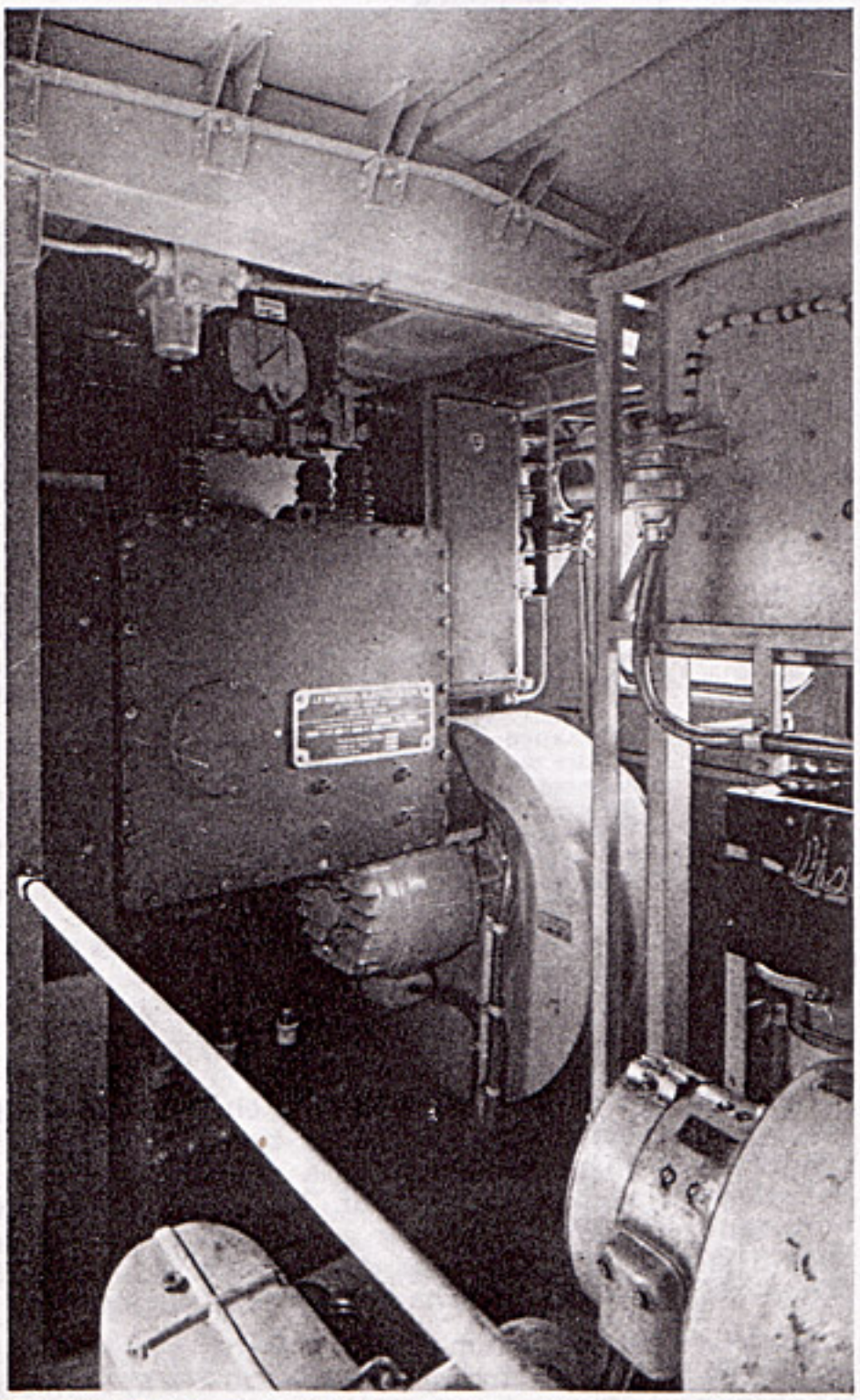


Fig. 29: Sélecteur monté sur le transformateur avec rupteurs de charge, résistance de passage et ventilateur de réfrigérant d'huile

Comme il s'agit d'un type nouveau de mécanisme d'entraînement, on donne ci-après quelques détails sur sa construction. Mécaniquement, l'entraînement repose sur le principe du différentiel. On peut voir sur le schéma de la fig. 30 les éléments de construction suivants:

Deux pistons antagonistes à air comprimé (1), reliés par une crémaillère (2), actionnent, à l'aide d'un pignon intermédiaire (3), un secteur denté (4), relié lui-même à deux satellites (5). Les 2 planétaires (6) sont liés à deux cames crantées (7) et (8), dont l'une est calée sur l'arbre d'entraînement du graduateur (9) et l'autre sur l'arbre d'entraînement auxiliaire (10), celui-ci étant relié à l'indicateur de position. Le support des satellites possède deux cames (11) qui, à l'aide d'un dispositif approprié (12), fixent la position d'un verrou (13), ce dernier pouvant bloquer soit la came (7), soit la came (8).

Le dispositif travaille de la façon suivante:

Au repos, la came (7), calée sur l'arbre du graduateur, est verrouillée. Quand on envoie de l'air comprimé dans

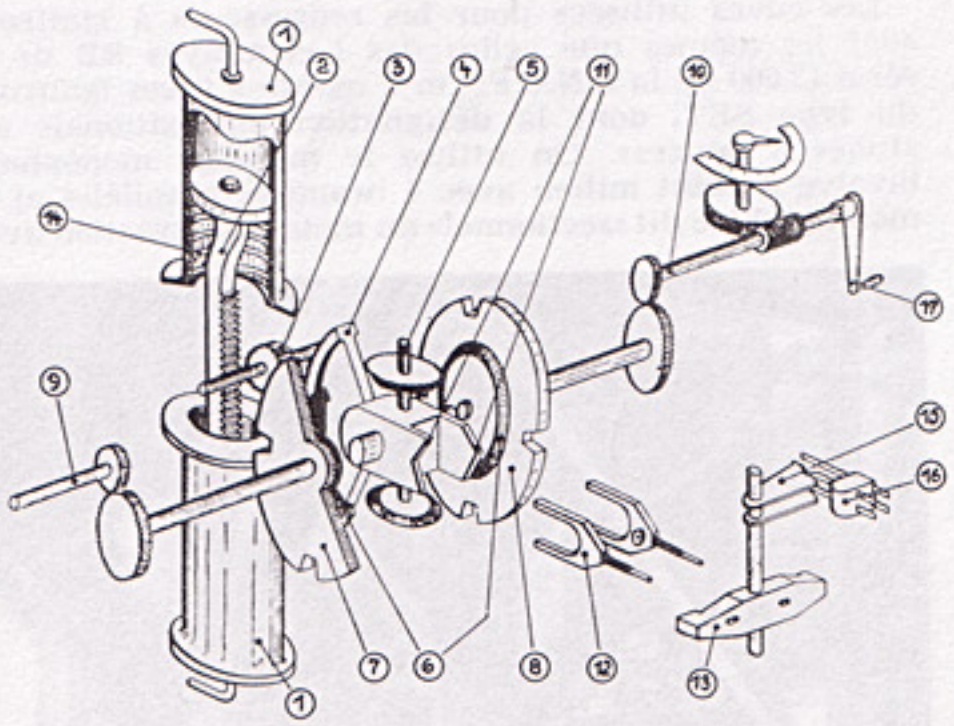


Fig. 30: Schéma du mécanisme d'entraînement du graduateur

① Piston à air comprimé
② Crémaillère
③ Pignon intermédiaire
④ Secteur denté
⑤ Satellites } du différentiel
⑥ Planétaires }
⑦ Came crantée sur arbre 9
⑧ Came crantée sur arbre 10
⑨ Arbre d'entraînement du graduateur
⑩ Arbre d'entraînement auxiliaire et d'indicateur de position
⑪ Cames calées sur le porteur des satellites
⑫ Tringlerie de 13
⑬ Verrou
⑭ Ressort de rappel du piston à air comprimé
⑮ Came de contacteur pour 16
⑯ Contact de verrouillage
⑰ Manivelle de l'entraînement de secours manuel

l'un des cylindres, par l'intermédiaire d'une électrovalve, on provoque un mouvement d'avancement du piston (1), puis une rotation d'un huitième de tour du support des satellites ainsi qu'une rotation d'un 1/4 de tour de l'arbre de l'indicateur de position à répétition. En basculant, le verrou (13) bloque la came (8), libère la came (7), et arrête l'arrivée de l'air; sous l'action du ressort (14) qui est bandé, le piston reprend sa position, et l'arbre d'entraînement du graduateur tourne encore

d'un ¼ de tour. Naturellement le cylindre antagoniste est alimenté de telle sorte que non seulement le ressort restitute la force emmagasinée, mais encore que le piston reçoit encore l'aide de l'air comprimé. C'est en raison de l'importance du couple qui est nécessaire pour actionner la tringlerie mécanique agissant sur la commande manuelle de secours et sur l'indicateur à répétition, que l'on a adopté cette dernière solution.

En admettant de l'air dans le deuxième cylindre, on obtient le mouvement inverse.

Du point de vue électrique, le mécanisme moteur n'a qu'une seule came de contacteur (15), reliée au verrou (13) et actionnant le contact de verrouillage (16), qui, normalement, est fermé dans les positions de repos. C'est par l'intermédiaire de ce contact de verrouillage qu'est excitée l'électro-valve du cylindre «progression» ou celle du cylindre «régression». Quand le verrou bascule, le contact s'ouvre et interrompt l'alimentation de l'électro-valve en question; l'excitation ne peut plus alors se renouveler que si le verrou atteint sa position de repos, c'est-à-dire après que le cran suivant a été occupé sur le graduateur. En cas de fonctionnement avec entraînement auxiliaire, l'alimentation en courant du mécanisme d'entraînement est coupée en appliquant la manivelle (17), et le graduateur est entraîné directement.

La partie électrique de l'entraînement est aussi simple que possible; la manœuvre ne nécessite que trois connexions. En outre mentionnons que l'on peut employer l'appareil pour l'entraînement de graduateurs ayant un nombre quelconque de crans et que la marche en unités multiples n'offre aucune difficulté. Le couple dont on dispose dépasse très largement ce qui est nécessaire pour les besoins des graduateurs des locomotives; il est de 5 mkg pour une pression d'air de 4 à 7 kg/cm².

Redresseurs ignitrons

Les cuves utilisées pour les redresseurs à ignitrons sont les mêmes que celles des locomotives BB de la série 12.000 de la S.N.C.F. On a monté 8 tubes ignitrons du type SET, dont la désignation internationale est «tubes 8 pouces». On utilise le montage monophasé bivalve à point milieu avec 4 branches parallèles et le montage-bloc dit «sectionnel» du moteur de traction avec son inverseur de marche et la self de lissage de chaque branche. Le refroidissement se fait par circulation forcée d'eau, dans des radiateurs verticaux fixés sur la paroi latérale de la caisse de locomotive, et par lesquels l'air arrive pour être aspiré par les différents ventilateurs. Il n'y a donc ainsi aucun ventilateur spécial destiné au refroidissement des redresseurs. L'encombrement total des redresseurs ignitrons, y compris tous les auxiliaires et la réfrigération, est de 3 m³ en chiffres ronds, pour un poids total de 1450 kg seulement. Les redresseurs et les panneaux d'auxiliaires qui les accompagnent, ainsi que les appareils assurant l'allumage et la protection sont disposés symétriquement des deux côtés du transformateur, de sorte que le câblage est aussi court que possible. La fig. 31 représente un groupe ignitron à 4 tubes, avec les tableaux des auxiliaires d'excitation.

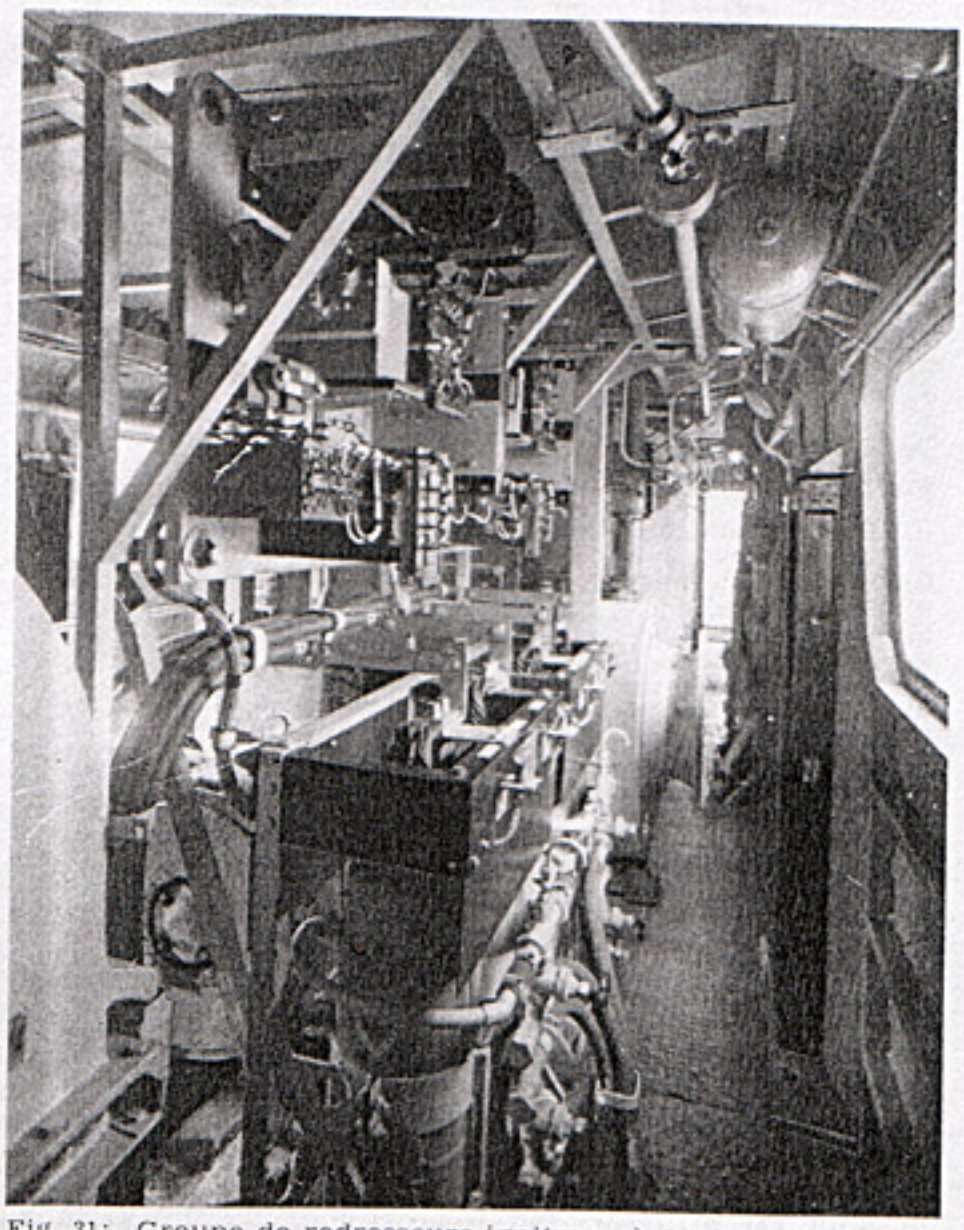


Fig. 31: Groupe de redresseurs ignitrons à 4 tubes; à la partie supérieure tableaux des auxiliaires d'allumage et de protection; à droite réfrigérant des redresseurs

Moteurs de traction et accessoires

Les 4 moteurs de traction, d'une puissance continue de 695 ch (511 kW) chacun, pour un courant de 960 A en régime continu sont des moteurs à courant continu hexapolaires non compensés normaux. L'isolement de l'enroulement de champ correspond à la classe B, celui de l'enroulement d'induit à la classe F. Les moteurs, entièrement suspendus, sont montés sur les bogies. La transmission des efforts aux essieux moteurs se fait par l'intermédiaire d'entraînements articulés, à «anneau dansant» dont les biellettes articulées sont montées sur silentblocs, ce qui explique la faible usure caractérisant ce type d'entraînement et son entretien insignifiant.

La fig. 32 montre les caractéristiques du moteur TAO 645.

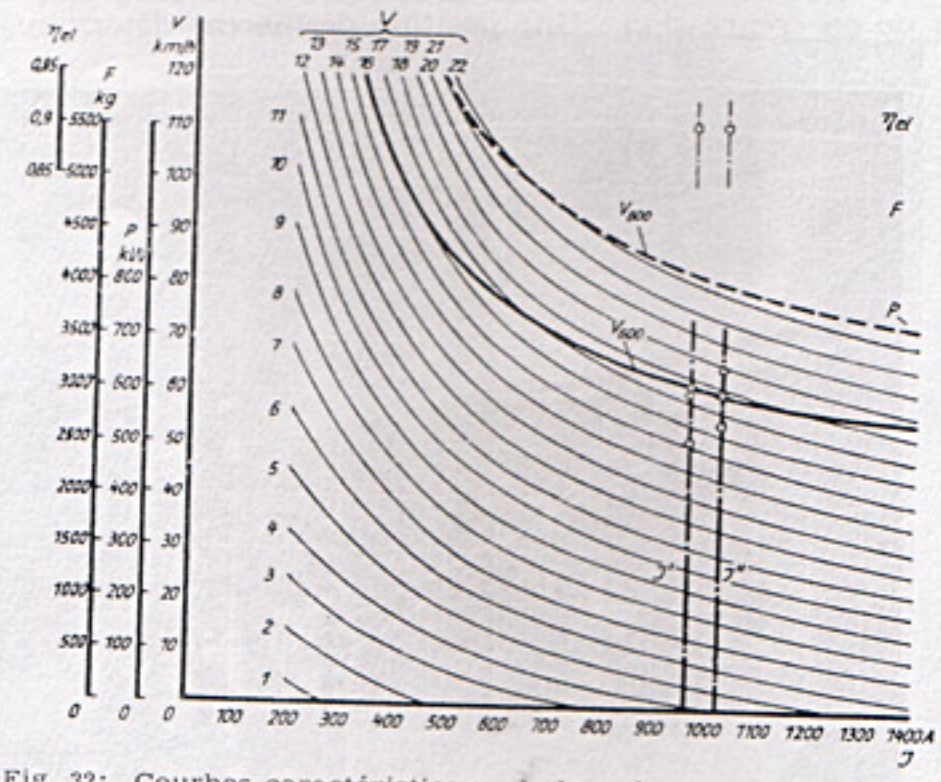


Fig. 32: Courbes caractéristiques de la puissance et de l'effort de traction en fonction de l'intensité du moteur de traction TAO 645

P : Puissance à l'arbre du moteur en kW à 600 V
F : Effort de traction à la jante en kg
V : Vitesse de marche en km/h à une tension de ligne de 25 kV
V_{600} : Vitesse de marche en km/h à une tension de 600 V aux bornes du moteur
V_{800} : Vitesse de marche en km/h à une tension de 800 V aux bornes du moteur
η_{el} : Rendement électrique du moteur à 600 V
J : Courant de moteur en A
J' : Courant en régime continu
J'' : Courant en régime unihoraire
1, 2, 3...22: Crans de marche

Les selfs de lissage montées sur chaque circuit de moteur sont classiques, de même type que celle des BB 12 000 à noyau de fer droit à circuit ouvert et à enroulement ventilé axialement. Elles présentent une inductance de 4,74 mH, pour un courant correspondant à la puissance continue des moteurs. Le poids de chaque moteur est de 3 t, chaque self pèse 420 kg.

Actuellement les locomotives sont utilisées pour un service où la vitesse maximum est de 120 km/h; toutefois les chemins de fer portugais pourraient augmenter ultérieurement la vitesse maximum et la porter à 130 km/h. Dans le service actuel, pour la marche à la vitesse maxi-

mum de 120 km/h, on n'a donc pas fait usage du shuntage du champ inducteur — les moteurs de traction ont été étudiés en vue de permettre un shuntage de 30 % — mais en compensation, la puissance du transformateur a été augmentée de 300 kVA. Cette augmentation de la puissance du transformateur, plus économique que l'installation du shuntage, permettra plus tard, en ajoutant un dispositif de shuntage du champ inducteur (shunts ohmique et inductif, contacteurs et câblage correspondants), d'assurer le service à une vitesse maximum de 130 km/h.

Auxiliaires, ventilation, freinage

Un groupe Arno alimente en courant triphasé les différents moteurs (à cage d'écureuil) des auxiliaires. La ventilation a fait l'objet d'une spécification très poussée, afin de pouvoir maintenir aussi petite que possible la puissance des auxiliaires, en ne faisant circuler que la quantité d'air de refroidissement juste nécessaire pour les différents postes intéressés. On a pu, par la ventilation séparée des moteurs de traction, des selfs de lissage et des réfrigérants de transformateur, faire l'économie de 40 ch de sorte que l'on a pu se tirer d'affaire avec un groupe Arno de puissance relativement faible. La puissance nécessaire pour la ventilation est de 65 ch, la quantité d'air étant du même ordre de grandeur que pour les locomotives BB 12 000 de la S. N. C. F., qui consomment 106 ch; sur ces dernières locomotives, on a concentré la production de l'air de refroidissement, au lieu de la disperser.

En montant chaque jeu de ventilateurs à proximité immédiate de l'appareil à refroidir, on a pu maintenir aussi courtes que possible les canalisations d'air et même les incorporer, de construction, aux socles des appareils, ce qui donne de l'ensemble une impression de clarté et d'heureuse disposition. Ceci était important car, en raison de l'emploi du frein à air comprimé pour la locomotive et d'un frein à vide pour le train, il a fallu monter un moto-compresseur de 18 ch et d'un débit de 2000 l/mn, une pompe à vide de grande capacité, de même puissance, ainsi que tout l'équipement pneumatique (voir fig. 33) des deux systèmes de frein, de types différents, de façon à avoir un freinage automatique conjugué du train et de la locomotive. A ce sujet notons, entre autres, la présence d'un robinet de frein du mécanicien, qui

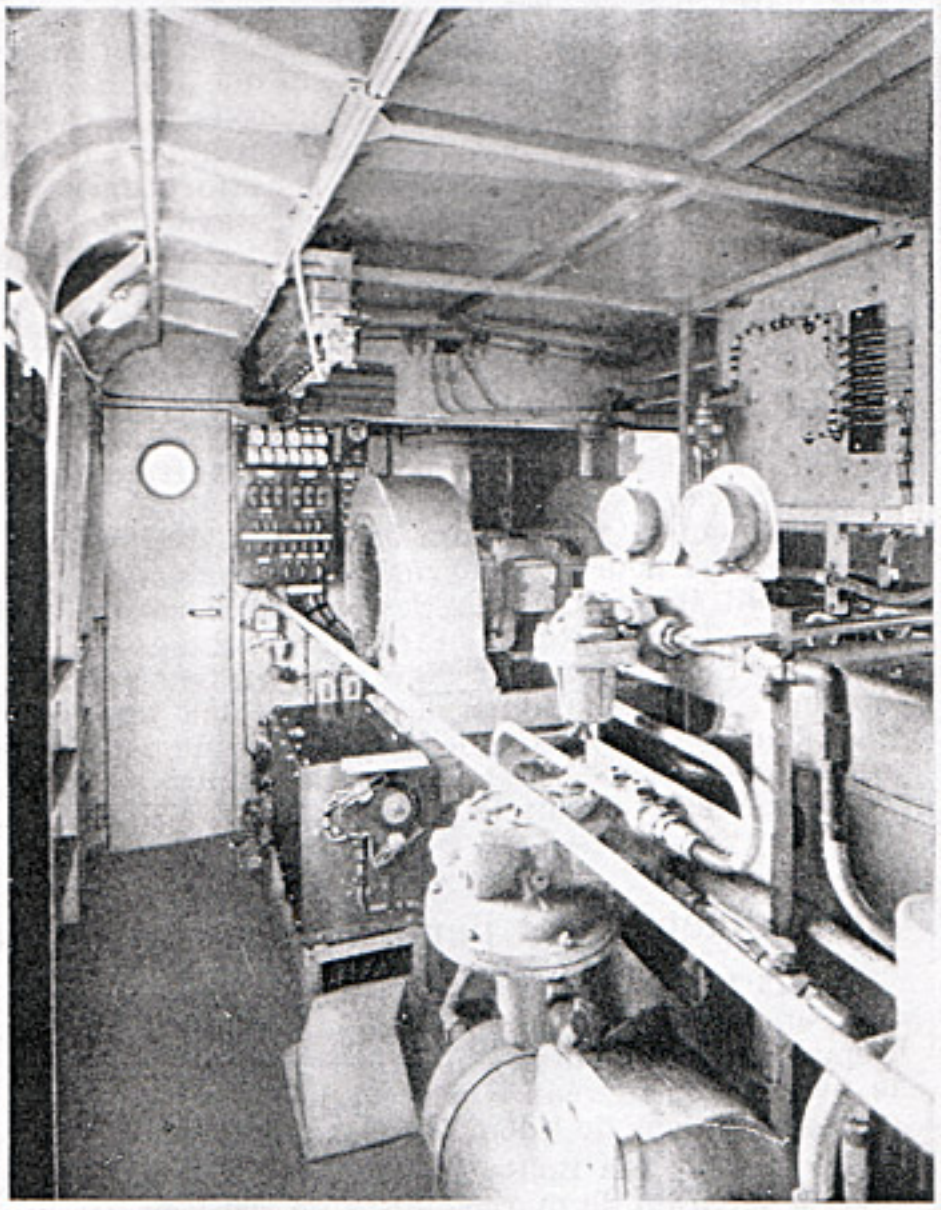


Fig. 33: Bloc d'appareillage pneumatique: à l'arrière-plan un groupe de ventilateurs de moteurs de traction

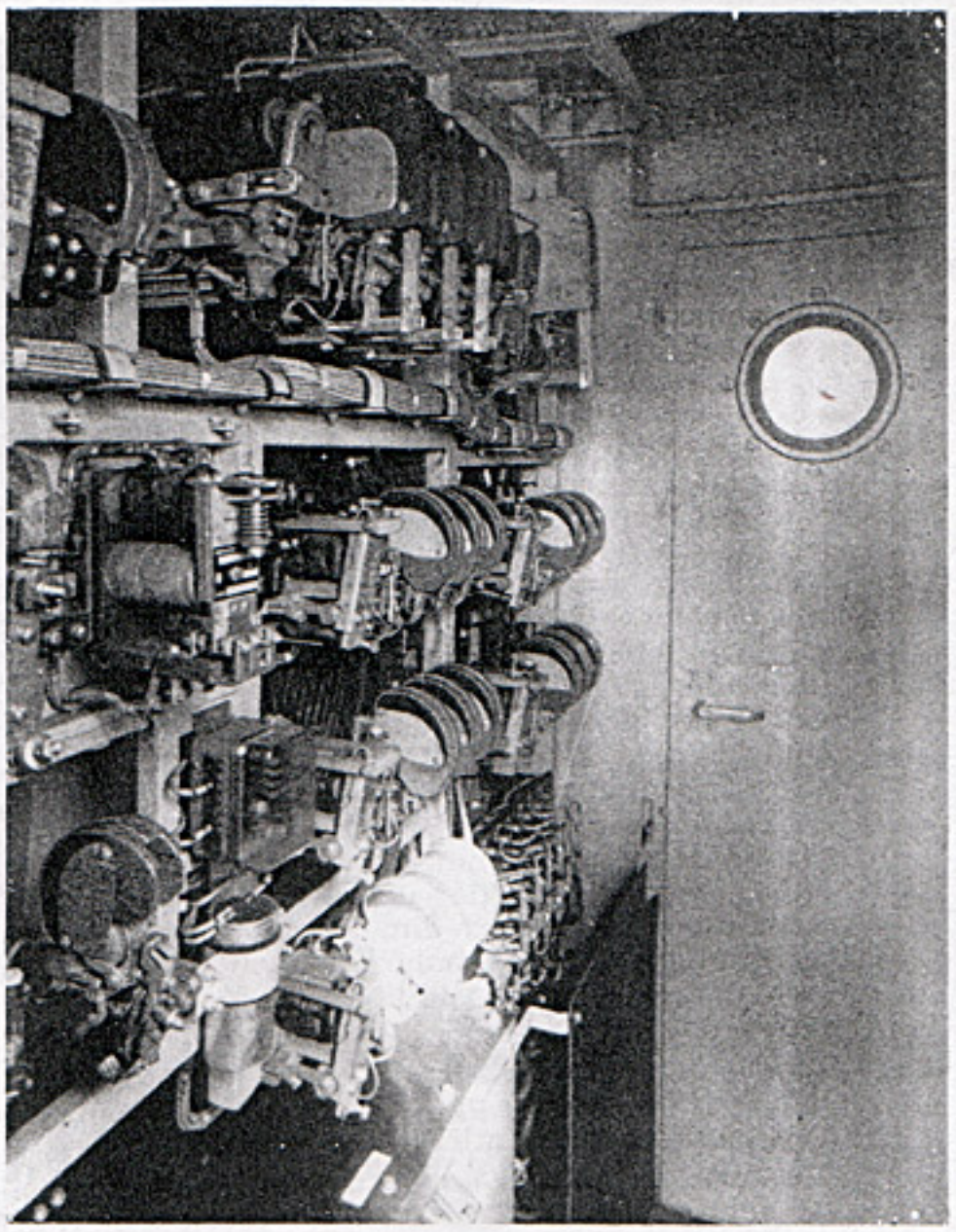


Fig. 34: Bloc de contacteurs avec inverseur de sens (en haut)

comporte une valve différentielle permettant la manœuvre des deux freins.

La fig. 34 représente un groupe de contacteurs auxiliaires et relais qui sont rassemblés sur un châssis, avec un inverseur de sens.

Particularités des cabines de conduite

Les cabines de conduite, très spacieuses, sont complètement isolées au moyen de doubles parois comportant une couche intermédiaire de 3 cm de laine de verre, et cela aussi bien sur les faces donnant sur l'extérieur que sur celle qui est contiguë à la machinerie. Le service est assuré d'une façon confortable grâce aux excellentes conditions de température qui ont pu être ainsi obtenues et à l'amortissement des bruits extérieurs aux cabines qui résulte de cet isolement. Mais ces mesures ont entraîné certaines difficultés, car on n'a pu utiliser les parois des cabines pour l'installation des câbles, des fils et des appareils. Le mécanicien peut s'asseoir pendant la marche et étendre les jambes sous le pupitre, car celui-ci, ainsi que le montre la fig. 35, est du type relevable, la hauteur de son coffre est faible (200 mm seulement); de cette façon, les différentes pièces, leurs contacts et connexions sont, pour l'entretien, très facilement accessibles. La sécurité en marche est assurée par un dispositif d'homme mort du même type que celui des rames automotrices et qui, en cas d'inattention du mécanicien, déclenche un signal acoustique et, s'il est atteint d'une incapacité de service, met en action un freinage automatique.

Câblage, tuyauteries

Il faut noter ici une particularité: sous les dalles du parquet, côté couloir de passage, sont disposés tous les câbles de puissance, des auxiliaires et de contrôle, tandis que de l'autre côté — utilisé surtout pour l'entretien et la visite de l'équipement — se trouvent toutes les tuyauteries d'air et d'eau. Cette séparation des câbles et des tuyauteries ne garantit pas seulement une grande sécurité, mais permet encore d'assurer très simplement l'entretien et de déceler rapidement les causes d'incidents.

La partie mécanique

Caisse de la locomotive

La caisse, d'après le principe même de sa structure, présente une construction tubulaire, avec cabines de conduite aux deux extrémités; elle se compose d'une ossature en profilés creux de section carrée ou rectangulaire, en acier laminé, qui sont assemblés par soudure avec des tôles, de façon à former un tout participant à la résistance. Cette caisse autoportante présente un minimum d'éléments en tôle emboutie ou étirée; tous les raccords — même ceux des extrémités de toiture — sont constitués par des dièdres ou encore par des éléments de construction formés de surfaces développables.

L'ensemble constitue une heureuse solution qui, malgré la courte longueur et le manque de lignes horizontales accusées, ne donne absolument pas une impression de lourdeur ni de formes anguleuses.

Des cabines, la visibilités est très nettement panoramique, comme on le voit sur la fig. 36. Les appareils de conduite et indicateurs sont de petites dimensions, et le pupitre permet ainsi, malgré la conduite assise, une excellente visibilité.

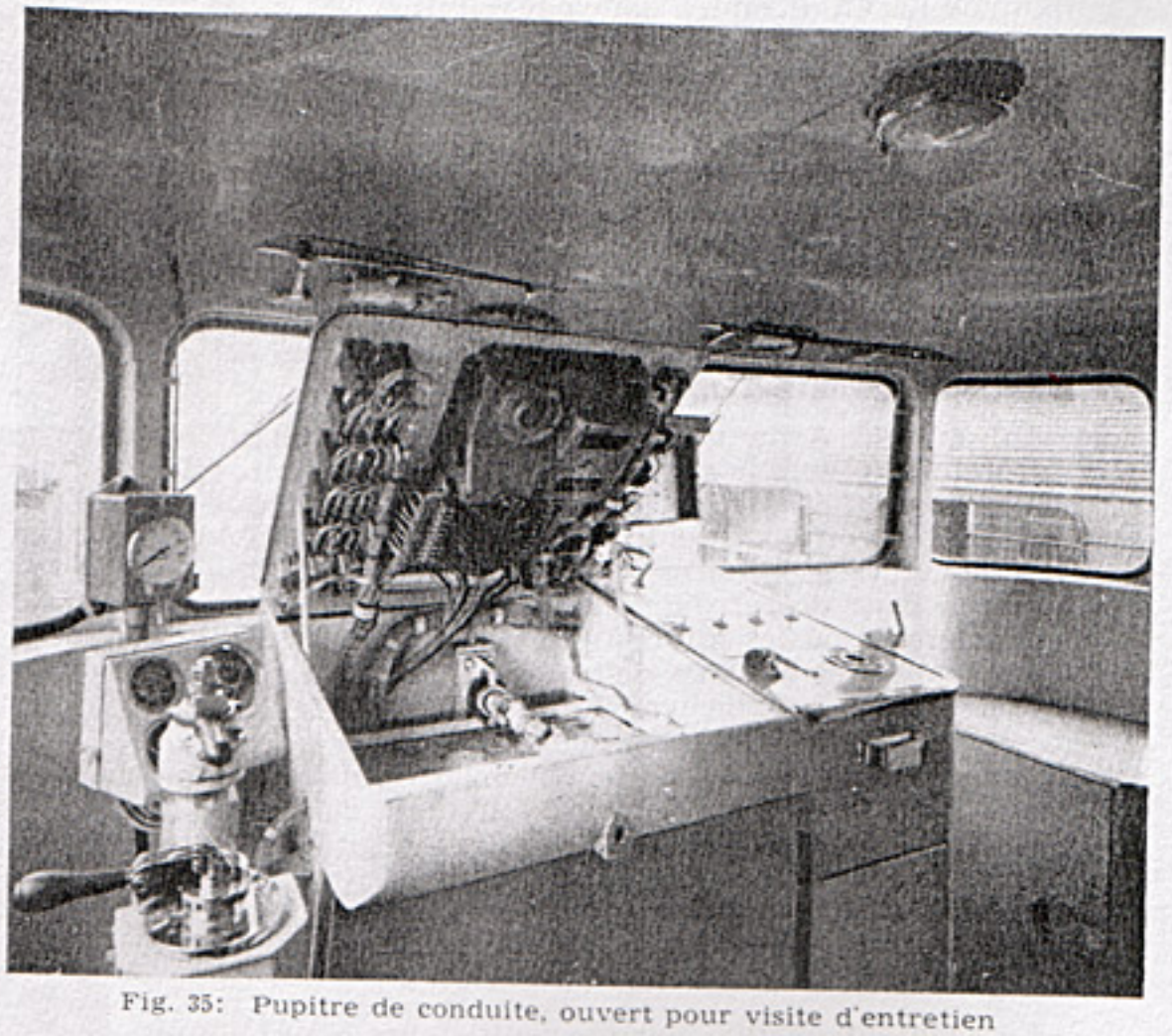


Fig. 35: Pupitre de conduite, ouvert pour visite d'entretien

Bogies

Les bogies (voir le dépliant 3, fig. 37 et 38) sont de construction caissonnée entièrement soudée.

Les corps de boîtes d'essieu en acier moulé contiennent chacun un roulement à rouleaux à rotule à deux rangées, lubrifié à la graisse. Ils sont munis, à leurs parties supérieure et inférieure, de pivots qui glissent dans des guides en bronze et sont assujettis au châssis de bogie à l'aide d'éléments en caoutchouc. Le graissage des surfaces de glissement est assuré par un bain d'huile.

Les efforts verticaux sont transmis à chaque essieu, par 4 ressorts hélicoïdaux; ceux-ci sont disposés des deux côtés de chaque boîte et sont reliés par un balancier compensateur et deux tirants de suspension de longueur réglable. Des tampons de caoutchouc aux deux extrémités des ressorts assurent l'amortissement des oscillations. Les éléments de construction des guides de boîtes d'essieu et de leur suspension sont indépendants les uns des autres et permettent de démonter les essieux sans avoir à toucher à la suspension.

Fig. 36: Cabine de conduite

Des butées de sécurité sont disposées des deux côtés des boîtes pour empêcher une rotation autour des pivots et assurer la transmission de l'effort de traction dans le cas de la rupture d'une pièce quelconque. L'ensemble du dispositif ressemble à celui de la locomotive électrique E 10 003 et des locomotives E 41 de la DB en $16^{2}/_{3}$ Hz.

Les bogies possèdent des pivots réels à rappel transversal, avec transmission de l'effort de traction surbaissée à très peu de distance au-dessus du rail; de cette façon les essieux, lors du démarrage, ne sont que peu déchargés. En outre les bogies, bien que les organes de traction et de tamponnement soient fixés à la caisse de la locomotive, sont reliés entre eux par un accouplement diagonal télescopique qui réduit les efforts qui s'exercent dans les courbes sur les essieux avant de chaque bogie. Sur quelques locomotives, ce dispositif doit être complété, à titre d'essai, par des amortisseurs analogues à ceux qui existent sur les bogies type Minden de la DB.

Organisation du transport en Portugal

Pour le transport jusqu' à la frontière franco-espagnole, les caisses de locomotives, après démontage de l'équipement de toiture, ont été placées sur des bogies de transport pour voie normale. Les bogies pour «voie large» ont été chargés sur des wagons. Grâce aux dispositifs de l'installation pour changement d'essieux de la TRANSFESA à Hendaye, on effectuait dans l'espace de quelques heures la mise des caisses sur bogies pour «voie large» de sorte que les locomotives pouvaient être remorquées jusqu' à Lisbonne sur leurs propres essieux. A Lisbonne se faisait le montage de l'équipement de toiture.

Comportement et performances en service

Les 15 locomotives se trouvent actuellement en service et parcourent en total env. 105 000 km par mois. Depuis le début de la traction électrique, le 28 avril 1957, le parcours total réalisé par ces locomotives s'élève à env. 3,3 millions de kilomètres-locomotives.

Ces locomotives Bo'Bo' de la série 2500 peuvent démarrer un train de marchandises de 800 t en rampe de 9 ‰ et accélérer leur vitesse jusqu' à 66 km/h en chiffres ronds; elles remplissent ainsi les conditions du marché

qui leur imposait d'atteindre une vitesse «en régime établi» de 45 km/h, avec une sécurité suffisante. Le même train de marchandises est remorqué en rampe de 4 ‰ jusqu' à une vitesse «en régime établi» de 87 km/h. Un train de voyageurs de 400 t peut démarrer en rampe de 18 ‰ et atteindre une vitesse de 86 km/h en chiffres ronds; ici encore, les conditions du marché, qui imposaient d'atteindre une vitesse «en régime établi» de 60 km/h, sont parfaitement remplies. Le même train de voyageurs peut, en rampe de 9 ‰, atteindre une vitesse «en régime établi» de 102 km/h. Pour les caractéristiques de traction dont il est question ici, nous renvoyons aux courbes caractéristiques de la locomotive fig. 26. Elles représentent les caractéristiques numériques essentielles en service d'une locomotive légère du service mixte qui, il y a encore quelques années, auraient été considérées comme impossibles à réaliser en traction électrique par courant alternatif monophasé 50 Hz.

Les sous-stations

Généralités

Les lignes qui ont été électrifiées en première étape, dans le cadre du projet d'électrification, sont alimentées par deux sous-stations qui sont réalisées comme des sous-stations de transformation qui prennent l'énergie pour la traction sur le réseau triphasé de la Companhia National de Electricidade (C.N.E.) et transforment celle-ci en tension monophasée 25 kV, par l'utilisation du couplage Scott. Elles comportent:

La sous-station de Santa Iria au point kilométrique 8,2 de la ligne Lisbonne—Porto, pour les tronçons de ligne

Lisbonne, Campolide—Sintra
Lisbonne, Rossio—Campolide
Lisbonne—Santa Apolónia
— Braço de Prata — Vale de Santarém

La sous-station d' Entroncamento au point kilométrique 103,9 de la ligne Lisbonne—Porto, pour le tronçon

Vale de Santarém—Entroncamento

Les domaines d'alimentation des deux sous-stations sont limités, l'un par rapport à l'autre, à Vale de Santarém par un poste de voie avec sectionnement de phases. Les tronçons d'alimentation de chaque sous-station sont limités devant chacune d'elles par une section neutre avec sectionnement de phases.

Les transformateurs installés dans les sous-stations ont chacun une puissance nominale de 10 MVA et, compte tenu du trafic du service de traction, ils sont dimensionnés pour des surcharges de:

50 % pendant 30 mn
ou 100 % pendant 5 mn.

La construction de leurs enroulements tient compte du fonctionnement des deux transformateurs en groupe Scott. Les transformateurs d'une sous-station sont absolument identiques. La différence des tensions primaires suivant que l'unité est utilisée en transformateur «base», ou en transformateur «hauteur», est assurée par des prises correspondantes sur le bobinage et un changeur de prises incorporé.

Sous-station de Santa Iria

La sous-station de Santa Iria reçoit par 2 câbles l'énergie électrique sous forme de courant alternatif à 30 kV 50 Hz, depuis le poste de Sacavem de la C.N.E.

L'installation est du type intérieur, aussi bien pour la partie en courant alternatif 30 kV que pour la partie monophasée 25 kV; seuls les transformateurs principaux et les résistances d'essai de ligne sont installés à l'extérieur.

La figure 39 donne les plans de cette sous-station (voir le dépliant 4) et la figure 40 une photographie du bâtiment et de son installation près de la voie ferrée. Les lignes d'alimentation directe entre la sous-station et la caténaire sont également visibles.

Les deux câbles d'alimentation à 30 kV alimentent les barres omnibus alternatives. Dans chaque alimentation se trouvent un disjoncteur à faible volume d'huile, ayant un pouvoir de coupure de 1000 MVA, un sectionneur de câble avec mise à la terre, un sectionneur

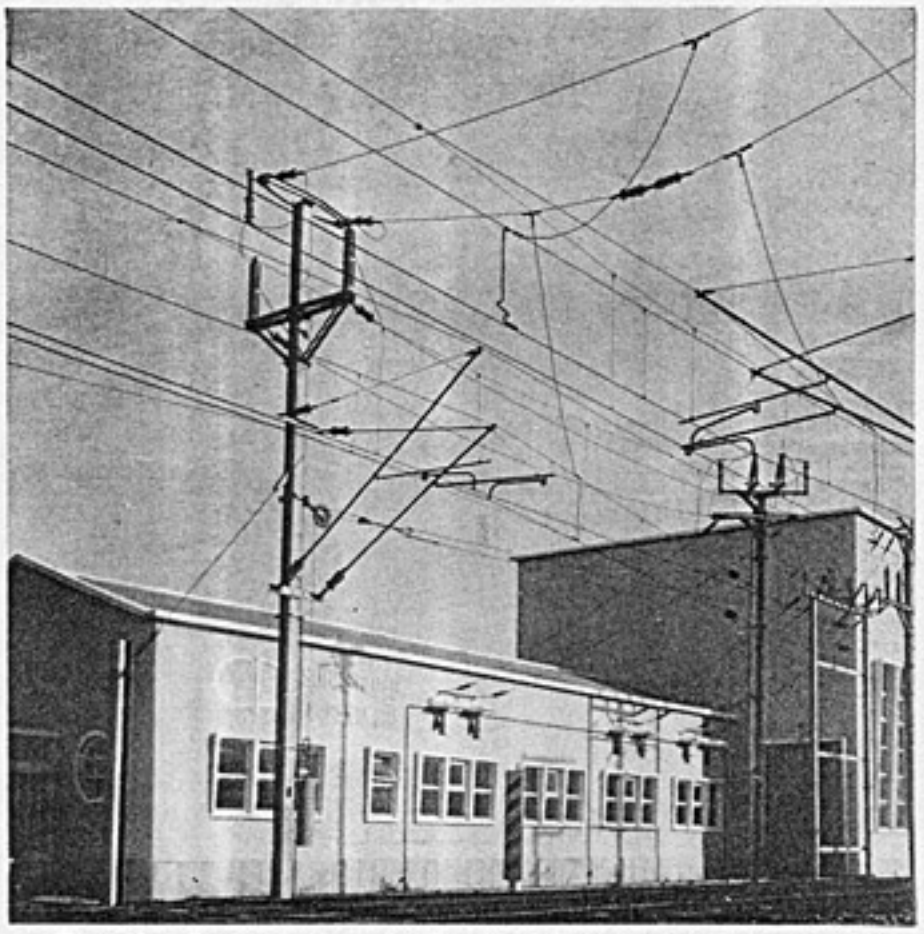


Fig. 40: Sous-station de Santa Iria, vue extérieure du bâtiment de commande

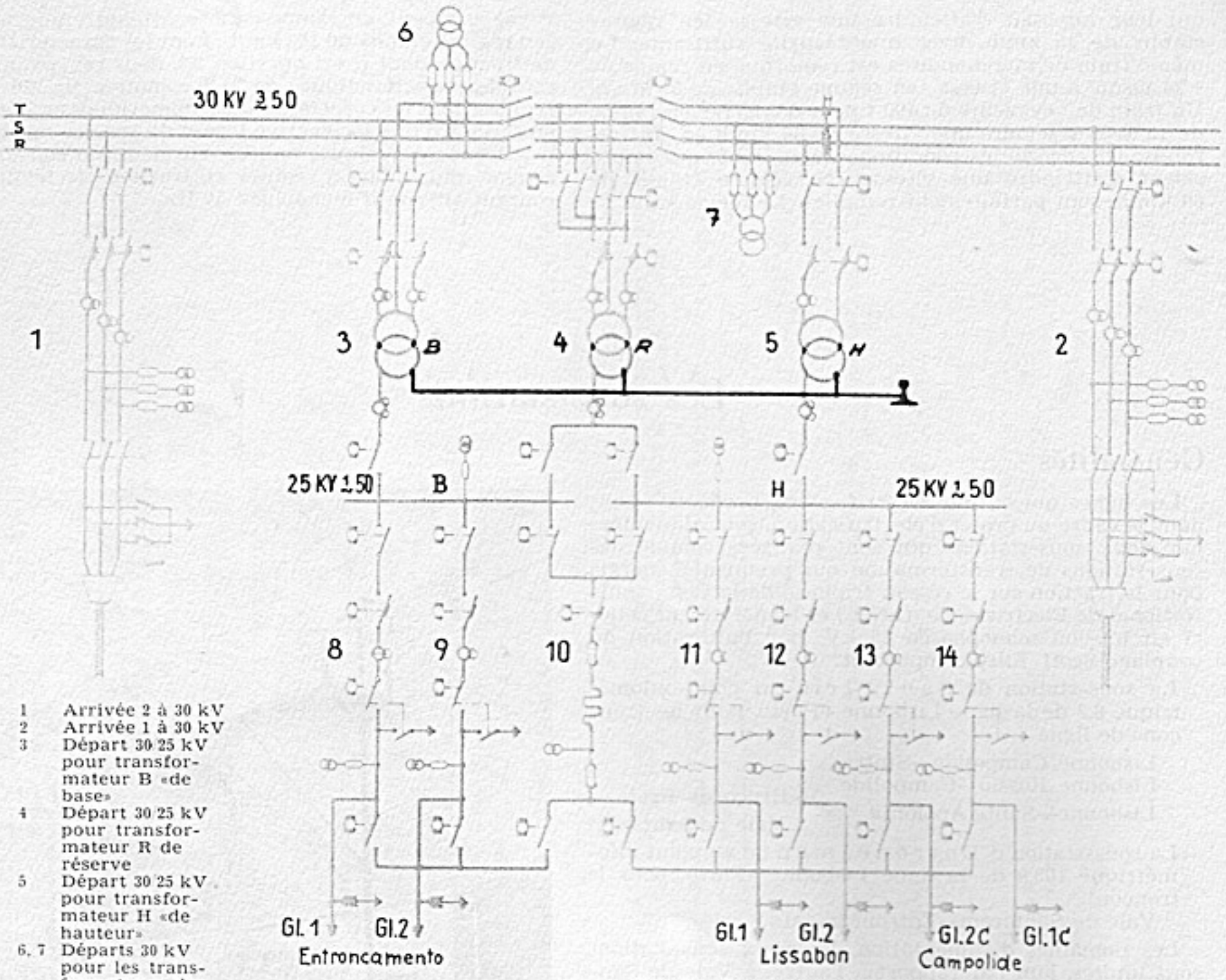
de barres omnibus et les transformateurs de protection et de mesure nécessaires, installées comme le montre la figure 41 qui représente le schéma de principe de la sous-station.

Les arrivées sont protégées au départ de la sous-station de Sacavem de la C.N.E. par un relais à maximum d'intensité à temps constant et un relais thermique. La protection du câble est assurée par des relais de protection différentielle, installés dans la sous-station de Santa Iria et agissant en cas de défaut sur le disjoncteur de la sous-station et le disjoncteur correspondant de la C.N.E. à Sacavem.

Le jeu de barres 30 kV est un jeu de barres simple avec 2 sectionnements longitudinaux. Chacune des deux sections comprend une dérivation pour chacun des 2 câbles d'arrivée, une dérivation pour transformateur principal et une dérivation pour chacun des deux transformateurs de secours. Dans la partie médiane des barres omnibus est connecté le transformateur de réserve.

Pour la transformation du couplage Scott, il y a dans la partie médiane du système de barres omnibus, une 4e barre par laquelle est reliée la connexion du point milieu du transformateur «base» à un pôle du transformateur «hauteur».

La sous-station comporte donc 3 transformateurs (fig. 42). Deux de ces transformateurs sont couplés en groupe Scott et constituent les transformateurs de service. Le 3e est le transformateur de réserve. Celui-ci peut, dans le schéma de la sous-station, être utilisé suivant les besoins aussi bien en transformateur



1 Arrivée 2 à 30 kV
2 Arrivée 1 à 30 kV
3 Départ 30 25 kV pour transformateur B «de base»
4 Départ 30 25 kV pour transformateur R de réserve
5 Départ 30 25 kV pour transformateur H «de hauteur»
6, 7 Départs 30 kV pour les transformateurs des services auxiliaires
8, 9, 11—14 Départs de lignes 25 kV
10 Essai de lignes 25 kV

Fig. 41: Sous-station de Santa Iria, schéma de principe

«hauteur» qu'en transformateur «base». Le schéma montre que le couplage hors service du transformateur de réserve peut être réalisé rapidement à l'aide des sectionneurs correspondants.

Du côté triphasé, il y a dans chaque dérivation de transformateur, un disjoncteur à 2 pôles avec les relais de protection ainsi que les transformateurs de mesure et de protection. La protection des transformateurs comporte:

— une protection différentielle
— une protection par relais à maximum d'intensité à temps inverse
— une protection par relais Buchholz
— une protection par thermostat.

Ces protections agissent sur le disjoncteur côté 30 kV de chaque transformateur.

Du côté monophasé, il y a 2 jeux de barres simples à 25 kV; l'un est alimenté par le transformateur «base», l'autre par le transformateur «hauteur». Comme la différence de phases est de 90° électriques, les deux parties de barres omnibus ne doivent pas être couplées entre elles. Le côté secondaire du transformateur de

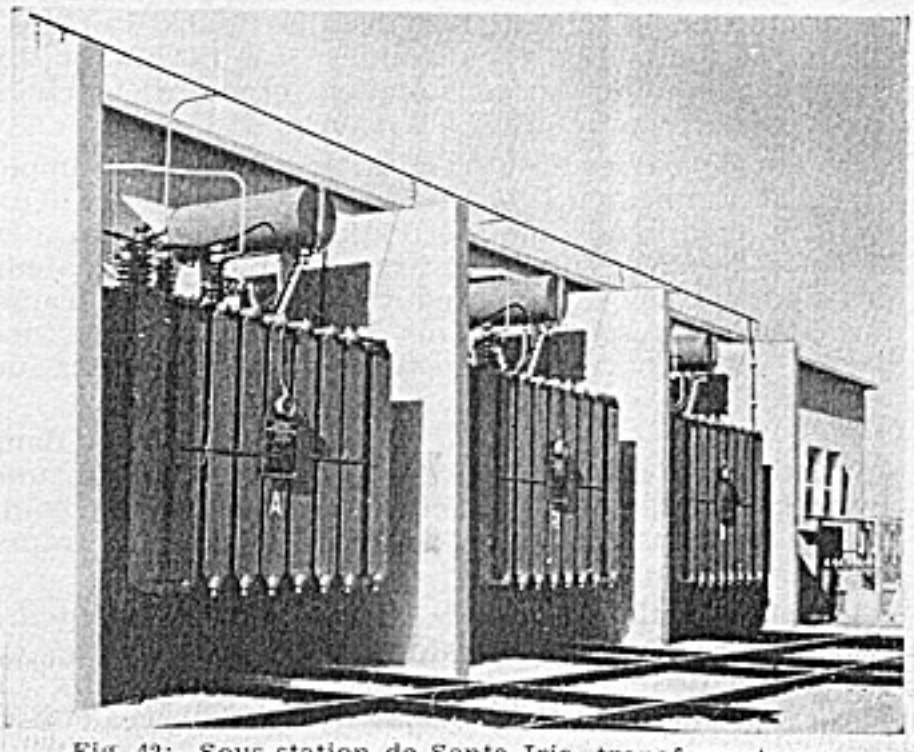


Fig. 42: Sous-station de Santa Iria, transformateurs principaux

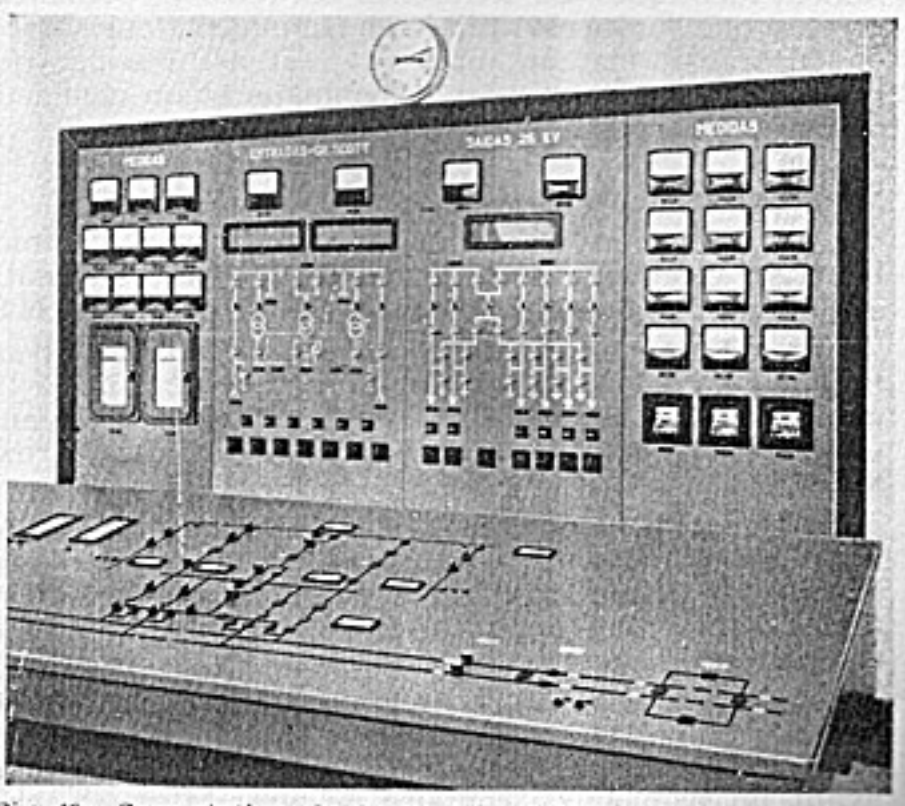
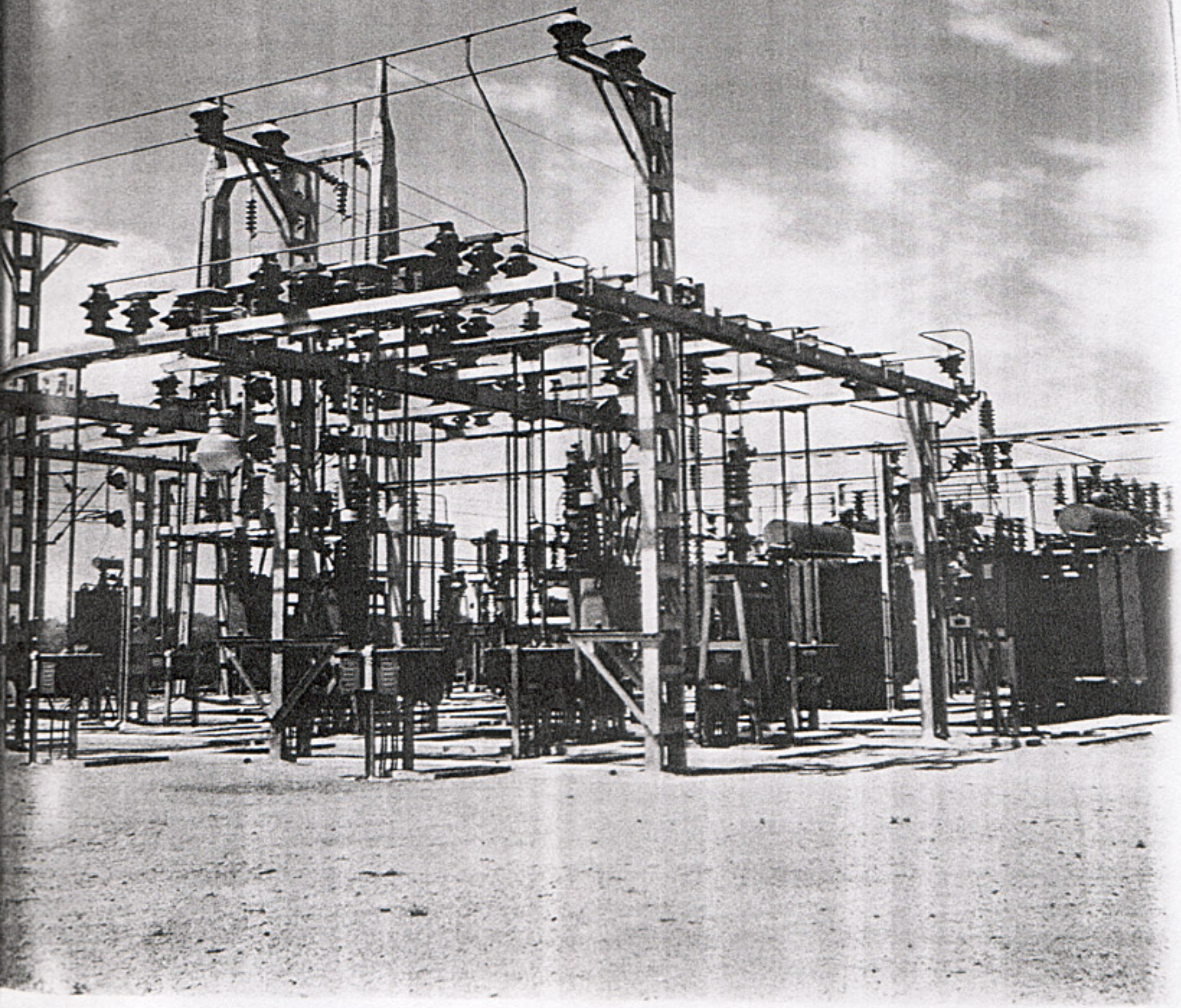


Fig. 43: Sous-station de Santa Iria, tableau de commande de la sous-station et pupitre de télécommande



Sous-station type extérieur
d'Entroncamento

réserve peut, au moyen des sectionneurs, être couplé à volonté sur l'une ou l'autre des deux parties de barres omnibus, suivant que ce transformateur est utilisé comme «base» ou «hauteur».

Le tronçon de voies Santa Iria—Vale de Santarém est alimenté par le jeu de barres omnibus «base» et le tronçon Santa Iria — $\frac{\text{Santa Apolónia}}{\text{Rossio}}$ et Campolide—Sintra, est alimenté par le jeu de barres «hauteur».

Comme pour chacune des deux voies d'un tronçon d'alimentation, il existe une dérivation d'alimentation, la sous-station comporte au total 6 départs 25 kV; ceux qui alimentent le tronçon de Sintra aboutissent par une ligne d'alimentation particulière 25 kV au poste de couplage de Campolide et y sont reliés à la ligne de Sintra. Chacun de ces départs comporte un disjoncteur unipolaire à faible volume d'huile, ayant un pouvoir de coupure de 100 MVA avec une protection combinée consistant en un relais d'admittance instantané et un relais à maximum d'intensité instantané.

Pour maintenir correctement l'alimentation de la ligne pendant le travail de surveillance, ou en cas de défaut, on a prévu la possibilité, avec un jeu de sectionneurs, de brancher chaque voie sur le départ alimentant l'autre voie du même tronçon, de façon que les deux voies d'une section d'alimentation soient alimentées par le même départ.

Un dispositif d'essai de la ligne permet, avant la refermeture d'un disjoncteur de départ, d'essayer l'état d'isolement du tronçon après un déclenchement. L'alimentation est faite pendant l'essai par un départ particulier, à travers une résistance d'essai. Un relais de tension alimenté par un transformateur de tension montre si le réenclenchement est possible ou non. A l'aide d'un jeu de sectionneurs, l'installation d'essai peut à volonté être branchée sur les barres «base» ou sur les barres «hauteur».

Le bâtiment de la sous-station comprend de plus une salle avec le tableau de commande locale pour la sous-station elle-même et un pupitre de commande à distance (fig. 43) (Voir plus loin le paragraphe «Commande à distance»). Cette salle présente donc le caractère d'une salle de surveillance simple. Les sectionneurs et disjoncteurs ont une commande à distance et peuvent être manœuvrés depuis le tableau de commande locale; celui-ci comporte dans sa partie médiane un schéma du type «éteint» pour l'installation à courant triphasé et pour l'installation monophasée des transformateurs et un schéma pour les départs monophasés. Les schémas éteints sont munis des commutateurs de commande et signalisation nécessaires pour la manœuvre des différents disjoncteurs H. T. De plus, il y a une dispositif de signalisation des défauts sous forme de boîtiers lumineux sur cette partie du tableau général, ainsi qu'un boîtier lumineux qui montre, par l'utilisation d'un essai de section, si le réenclenchement est possible ou non. La partie gauche du tableau général comporte différents relais de protection pour les disjoncteurs, ainsi que certains instruments de mesure enregistreurs. A la partie supérieure et du côté droit, se trouvent les appareils de mesure et les compteurs.

La sous-station comporte de plus une salle pour la batterie ainsi qu'une autre salle pour les services à B. T. et la charge de la batterie.

Enfin, il est à signaler que le bâtiment de la sous-station de Santa Iria est relié à une salle de décuvage qui contient tout le matérial d'entretien pour les transformateurs correspondants des sous-stations. Ici, par exemple, les circuits magnétiques des transformateurs peuvent être sortis de leur cuve, et il y a une installation de traitement d'huile.

Sous-station d'Entroncamento

La sous-station d'Entroncamento reçoit l'énergie électrique en triphasé à 60 kV 50 Hz depuis la centrale de Zezere de la C.N.E. par deux lignes aériennes. C'est une installation du type extérieur qui comporte seulement un petit bâtiment pour l'installation du tableau de commande locale et des services auxilaires.

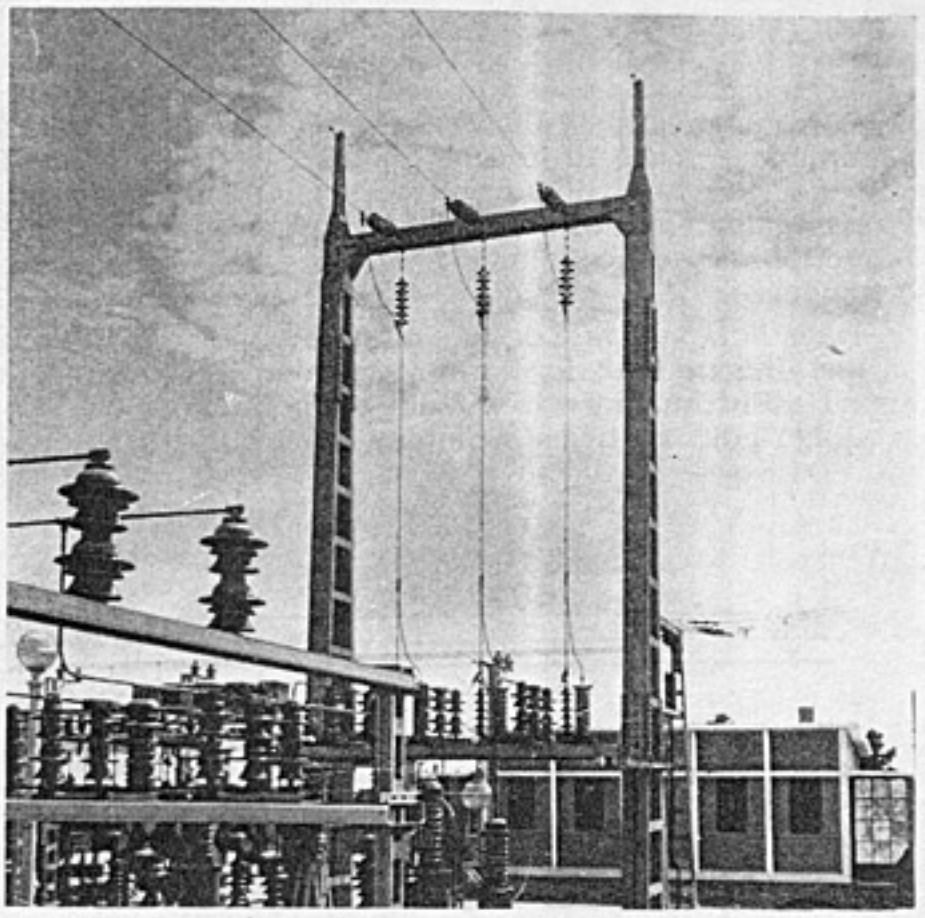


Fig. 45: Sous-station d'Entroncamento, installation extérieure avec bâtiment de commande

La figure 44 (voir le dépliant 5) montre la disposition de l'équipement de la sous-station; la figure 45 donne une vue de l'installation extérieure depuis le petit bâtiment et la figure 46 l'installation extérieure avec les transformateurs.

Les deux arrivées aériennes à 60 kV alimentent le jeu de barres triphasées qui est un simple jeu de barres.

Le schéma de la sous-station d'Entroncamento est à peu près identique à celui de la sous-station de Santa Iria. La différence consiste en ce que les transformateurs de services auxiliaires ne sont pas alimentés par la H.T. 60 kV, mais sont constitués par des transformateurs monophasés et sont reliés aux deux parties de barres omnibus 25 kV. On peut donc consulter sans autre explication la figure 47, qui représente le schéma de la sous-station.

Les disjoncteurs sont également des appareils à faible volume d'huile qui, du côté 60 kV, ont un pouvoir de coupure de 1500 MVA.

Pour la protection des arrivées 60 kV, il y a un relais à maximum d'intensité à temps constant et un relais directionnel de puissance triphasé instantané.

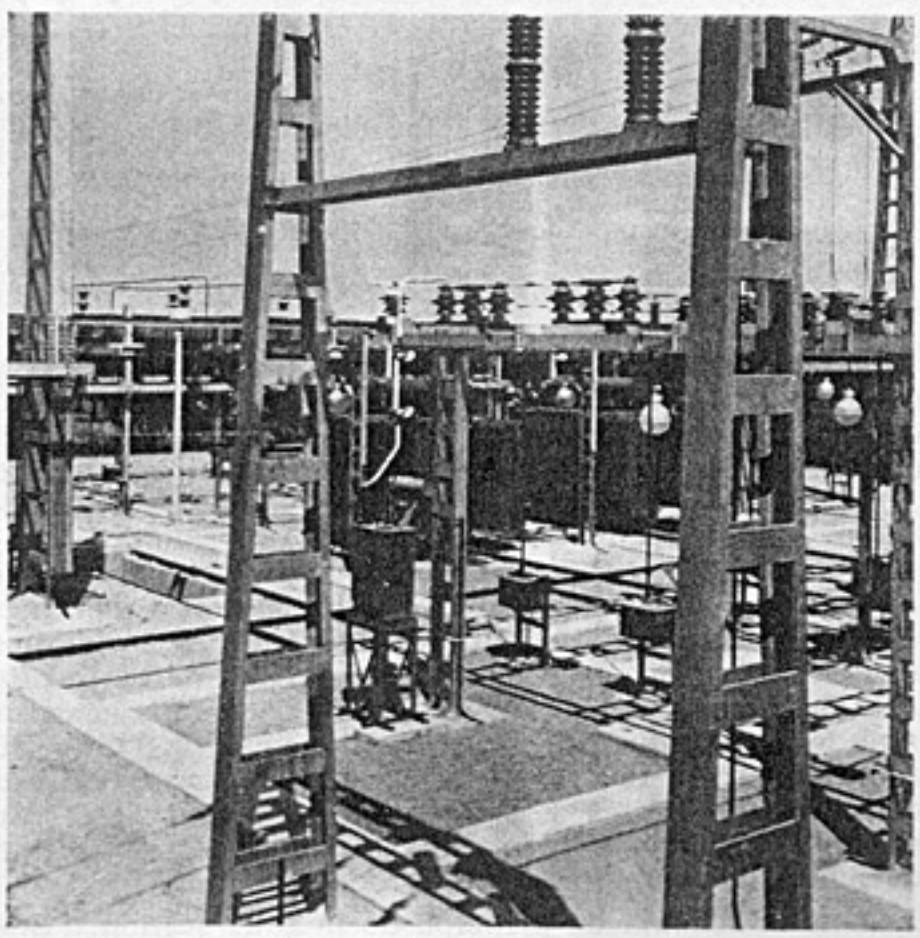


Fig. 46: Sous-station d'Entroncamento, vue des travées des transformateurs de l'installation extérieure

Il est à remarquer que seulement la première partie de la sous-station est actuellement installée, car elle se trouve pratiquement à l'extrémité de la première étape d'électrification. De ce fait, il n'y a dans la sous-station d'Entroncamento q'un transformateur en service avec le couplage «base» du groupe Scott et un transformateur de réserve. Les transformateurs de cette sous-station sont également absolument identiques et prévus pour fonctionner en couplage Scott; ils sont donc interchangeables.

Dans l'étape finale de la sous-station, il y aura encore à installer un transformateur «hauteur» pour la section nord d'Entroncamento, en direction de Porto. L'appareillage pour ce transformateur ainsi que les 2 départs futurs ne sont pas encore installés, mais tout a été prévu pour leur installation.

Comme pour la disposition de la sous-station de Santa Iria, les disjoncteurs et les sectionneurs ont une commande électrique à distance et peuvent être commandés depuis le tableau de commande locale installé dans le petit bâtiment de la sous-station (fig. 48) qui, pour la disposition des appareils, est analogue à celui de Santa Iria.

De plus, le service de la sous-station d'Entroncamento peut aussi être commandé et surveillé à distance depuis la sous-station de Santa Iria (voir le chapitre ci-après). La sous-station est normalement commandée à distance.

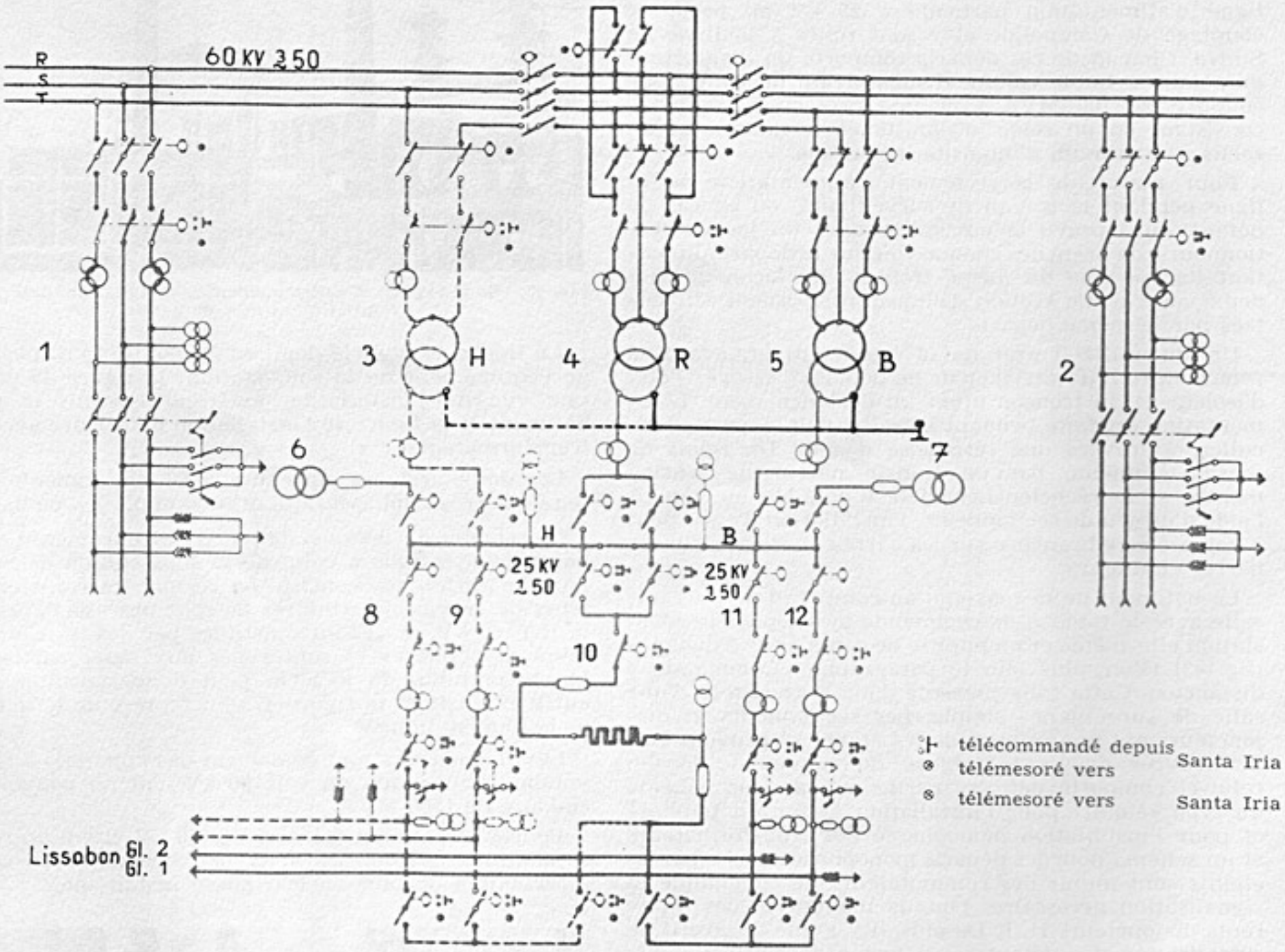


Fig. 47: Sous-station d'Entroncamento, schéma de principe

1 Ligne d'arrivée 1 à 60 kV
2 Ligne d'arrivée 2 à 60 kV
3 Départ 60/25 kV pour transformateur H »de hauteur« (installation ultérieure)
4 Départ 60/25 kV pour transformateur R de réserve
5 Départ 60/25 kV pour transformateur B »de base«
6, 7 Départs 25 kV pour les transformateurs auxiliaires
8, 9, 11, 12 Départs de lignes 25 kV (départs 8 et 9 pour installation ultérieure)
10 Essai de lignes 25 kV

Télécommande

Pour l'alimentation des tronçons électrifiés, il y a également une installation de commande à distance qui, depuis la sous-station de Santa Iria, commande à distance le service de la sous-station d'Entroncamento ainsi que les postes de mise en parallèle et de sectionnement qui se trouvent dans le domaine des 2 sous-stations. Elle comporte la commande à distance de l'appareillage de coupure, leur signalisation à distance, une signalisation des défauts et une mesure à distance des puissances, de la tension des barres et de l'intensité sur les départs de la sous-station. De ce fait, la commande à distance et la surveillance à distance du fonctionnement des sous-stations et de la situation des coupures des postes de sectionnement et des postes de mise en parallèle, sont possibles depuis la sous-station de Santa Iria sans l'intervention de personnel local.

Dans le schéma de principe de la sous-station d'Entroncamento (fig. 47), on a marqué par des symboles distincts les appareils commandés à distance et les appareils seulement contrôlés à distance.

L'installation de télémesure permet de mesurer

- 6 tensions pouvant être sélectionées pour chaque phase des deux arrivées à 60 kV
- 4 intensités pouvant être sélectionées pour les deux arrivées à 60 kV
- 1 valeur de mesure en régime continu, constituant la puissance active totalisée des deux arrivées à 60 kV
- 4 intensités pouvant être sélectionées pour les départs de voie 25 kV (seulement deux valeurs pour la première tranche de réalisation)
- 2 valeurs de mesure en régime continu pour les tensions de barres 25 kV (seulement une valeur pour la première tranche de réalisation).

La commande à distance travaille d'après le principe à sélecteurs. Tous les ordres de commande et les

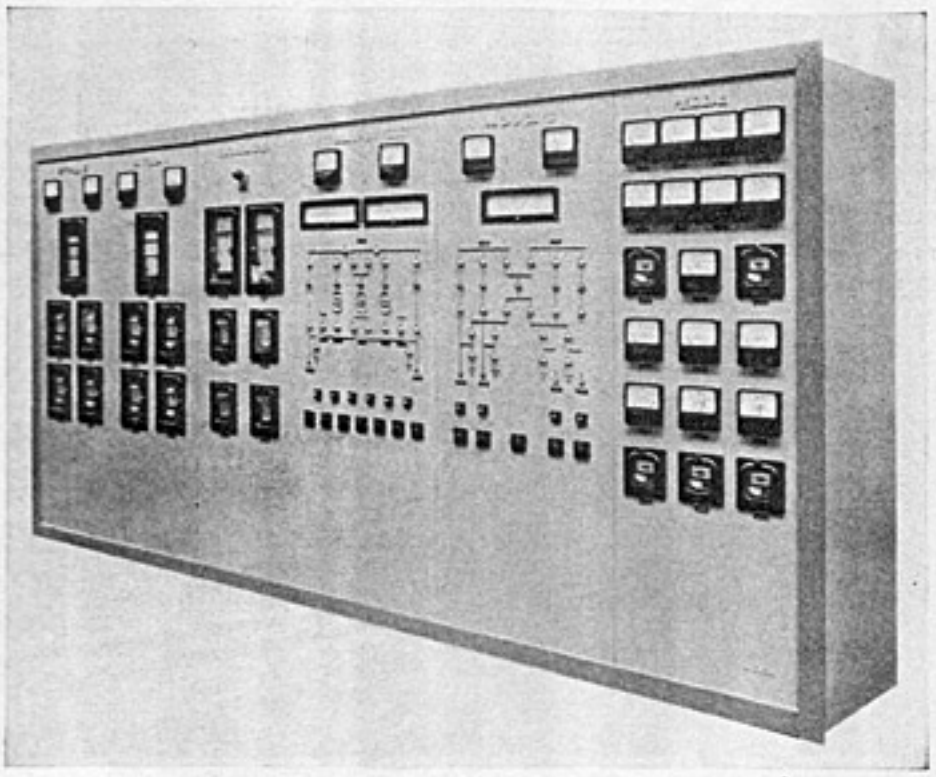


Fig. 48: Sous-station d'Entroncamento, tableau de commande de la sous-station

signalisations en retour sont transformés en impulsions selon un code établi. Un relais de contrôle d'impulsions vérifie constamment le rapport entre les impulsions et empêche l'exécution des ordres erronés.

La télémesure entre Entroncamento et Santa Iria utilise aussi un système de commande à impulsions. Chaque valeur mesurée à transmettre est transformée en une série d'impulsions dont la densité dans le temps, c'est-à-dire la fréquence est une fonction de la valeur à transmettre.

Les impulsion des commandes et signalisations à distance sont transmises en courant alternatif, les télémesures par des circuits à fréquence du son. Si la source à courant alternatif provenant du réseau vient à manquer, les sélecteurs sont commutés automatiquement sur un circuit oscillant qui produit le courant alternatif nécessaire à la transmission, à partir d'une batterie à 24 V. Ainsi, même dans le cas d'un manque de tension du réseau, la télécommande peut rester en service.

Pour cette télécommande, il faut les conducteurs de câble suivants:

Depuis la sous-station de Santa Iria vers Lisbonne:

1 paire de conducteurs pour les postes de sectionnement
- Campolide
- Rossio
- Cacém
- Sintra

1 paire de conducteurs pour les postes de sectionnement
- Braço de Prata
- Santa Apolónia
- Sete Rios

Depuis la sous-station de Santa Iria vers Entroncamento:

1 paire de conducteurs pour la télécommande de la sous-station d'Entroncamento

1 paire de conducteurs pour la télémesure de la sous-station d'Entroncamento

1 paire de conducteurs pour le poste de mise en parallèle de Vale de Santarém

1 paire de conducteurs pour les postes de sectionnement
- Alhandra
- Carregado
- Setil
- Vale de Figuerra
- Mato de Miranda
- Entroncamento

1 paire de conducteurs pour le poste de sectionnement du tronçon d'alimentation nord d'Entroncamento (seulement pour la deuxiéme tranche).

Sur le pupitre de télécommande installé dans la sous-station de Santa Iria se trouve un schéma éteint de la sous-station d'Entroncamento ainsi que, sous une forme schématique et simplifiée, un schéma des installations de caténaire du secteur alimenté par les deux sous-stations.

Dans ce schéma éteint se trouvent également les commutateurs de commande et de signalisation pour la sous-station d'Entroncamento et pour les disjoncteurs des postes de mise en parallèle et de sectionnement, ainsi que les signalisations des défauts et les appareils indicateurs pour la mesure à distance.

La totalité des appareils d'alimentation et la situation des coupures des installations de caténaire peuvent donc être commandées et surveillées depuis la salle de surveillance de la sous-station de Santa Iria.

Service

Par la construction simple des installations de coupure et des organes de manœuvre, le personnel s'est rapidement mis au courant de ces installations. Les installations de commande à distance permettent au personnel d'intervenir immédiatement pour assurer les manœuvres nécessitées par l'exploitation et pour rétablir le service dans le minimum de temps, en cas d'incident.

L'installation de lignes caténaires

Les lignes de chemin de fer:

Lisbonne, (Gare Rossio) — Sintra (27 km)

Lisbonne, (Gare Sta. Apolónia) — Entroncamento (106 km)

Campolide — Braço de Prata (7,5 km)

aménagées pour la traction électrique sont équipées d'une ligne caténaire de 25 kV de tension de service. Pour une longueur totale de ligne à double voie de quelque 140 km, l'installation, y compris celle de toutes les voies principales et secondaires de gares, atteint au total une longueur de voies équipées de l'ordre de 350 km. L'alimentation de l'installation s'effectue par les sous-stations de Sta. Iria au km 8,2 et Entroncamento au km 103,9.

Les deux sous-stations sont situées sur le parcours même de la ligne et alimentent directement, par des conducteurs aériens exceptionnellement courts, l'installation des lignes caténaires. D'ailleurs, un conducteur double d'alimentation, de 11,3 km de long, relie la sous-station Sta. Iria à Campolide et assure une alimentation indépendante de la ligne de Sintra dans de bonnes conditions de tension.

La fig. 49 (voir dépliant 6) représente le schéma d'alimentation complet des lignes caténaires. Pour effectuer les manœuvres de mises en service ordinaires, limiter les pannes et procéder à des mises en service spéciales, si d'exceptionelles perturbations d'exploitation se produisaient, il a été prévu:

2 zones de séparation des phases au droit des sous-stations de Sta. Iria et d'Entroncamento;

1 poste de sous-sectionnement et de mise en parallèle à Campolide servant en même temps de poste d'ali-

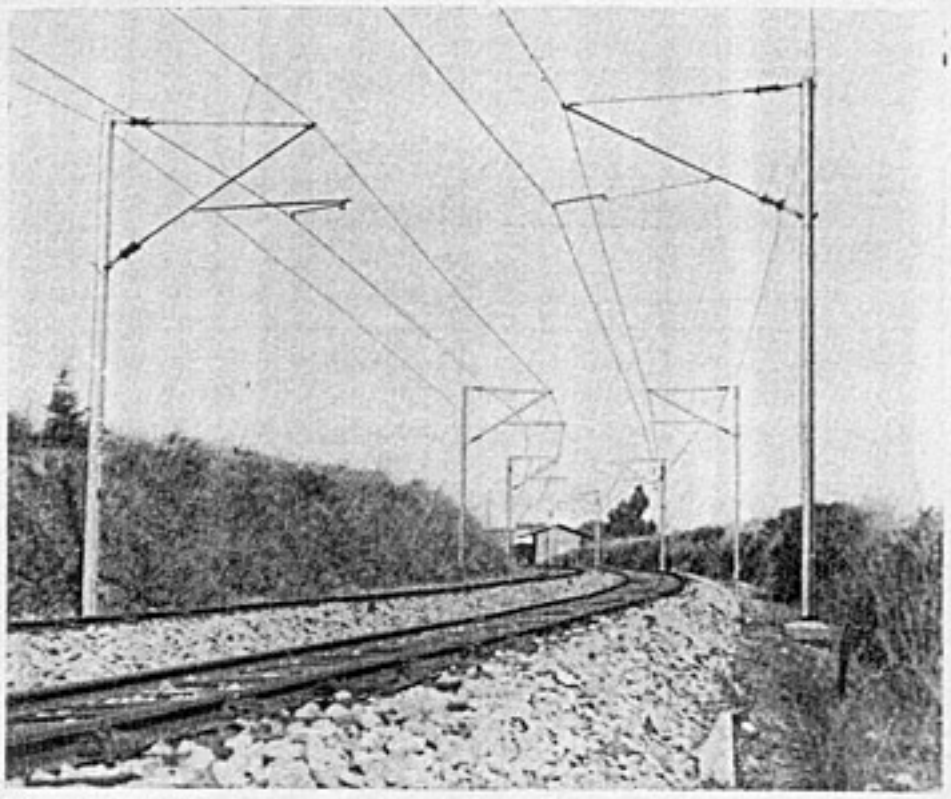


Fig. 50: Caténaire sans suspension Y pour la vitesse de 100 km/h

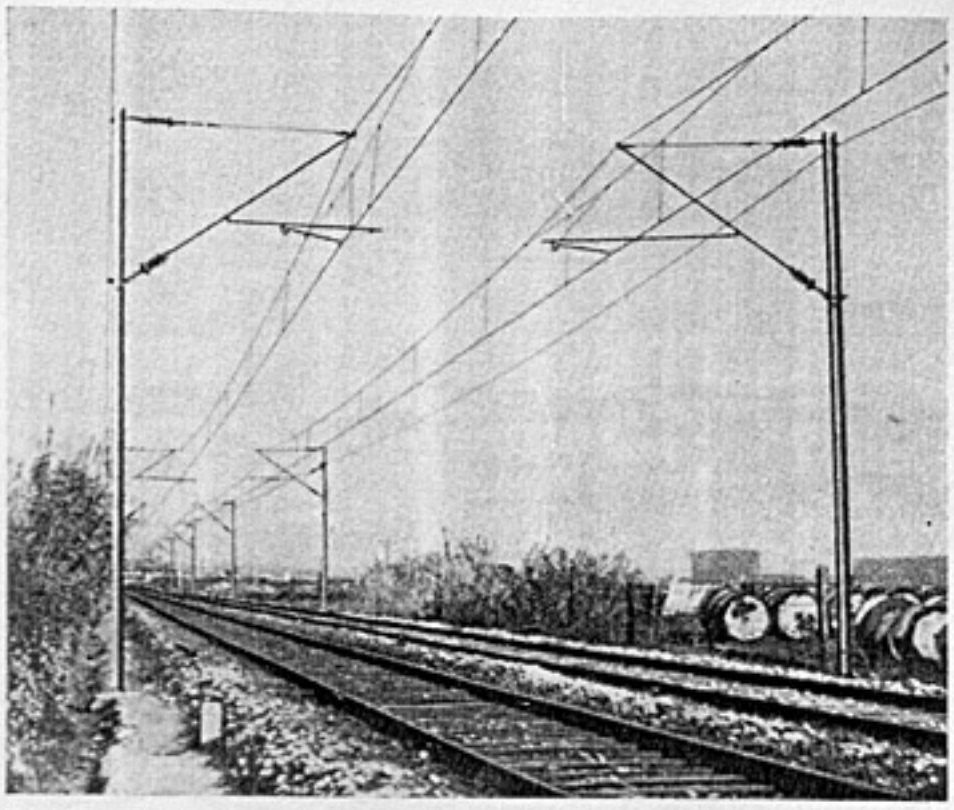


Fig. 51: Caténaire avec suspension Y pour la vitesse de 130 km/h

mentation par l'intermédiaire des deux feeders (cités plus haut) venant de la sous-station de Sta. Iria.

1 poste de sectionnement et de mise en parallèle avec zone de séparation des phases à Vale de Santarém entre les deux sous-stations;

2 postes de sous-sectionnement et de mise en parallèle à Carregado et Vale de Figueira entre chaque sous-station et Vale de Santarém.

1 poste de sous-sectionnement et de mise en parallèle à Sintra permettant la coupure de la gare de Sintra.

10 postes de sous-sectionnement équipés de sectionneurs montés sur poteaux à Rossio, Cacém, Sete Rios, Bifurcação, Braço de Prata, Sta. Apolónia, Alhandra, Setil, Mato de Miranda et Entroncamento.

L'installation de lignes caténaires est prévue pour une vitesse maximum de 100 km/h sur le tronçon de Sintra et de 130 km/h sur celui d'Entroncamento.

Type de caténaire et supports

La ligne caténaire est du type «droit», le fil de contact et le câble porteur étant situés approximativement dans le même plan vertical (voir fig. 50 et 51).

Ce type de caténaire est plus simple à monter et moins coûteux à entretenir qu'une ligne caténaire inclinée. Elle est constitué d'un fil de contact en cuivre étiré à froid de 107 mm² de section et d'un câble porteur en bronze de 65 mm² de section. La section totale est équivalente à 150 mm² de cuivre par voie.

Le câble porteur et le fil de contact des caténaires de voies principales sont maintenus à tension mécanique constante de 1000 kg chacun, par des appareils tendeurs à contrepoids. Ainsi, la hauteur du fil de contact au-dessus du plan de roulement reste constante et indépendante de la température. Dans les gares de la ligne de Sintra ainsi que dans quelques gares de la ligne d'Entroncamento où presque tous les trains s'arrêtent ou ne circulent qu'à vitesse réduite, seul le fil de contact est maintenu à tension constante. Pour des voies secondaires courtes où la vitesse est très réduite, aucun réglage de tension n'est prévu.

La longueur d'une section de caténaire est de 1400 m au maximum. Un point fixe est prévu au milieu de chaque section; il agit comme point d'ancrage en cas de rupture du fil de contact ou du câble porteur. Aux deux extrémités d'une section élémentaire, des poids de 500 kg régularisent la tension par l'intermédiaire d'un appareil tendeur de démultiplication de 1 : 4. — La fig. 52 reproduit un poteaux d'ancrage avec poids et appareil tendeur. Le fil de contact et le câble porteur sont fixés sur un même palonnier, sur lequel agit, à l'autre extrémité, le câble supportant les contrepoids.

L'écartement entre supports (portée) est déterminé par le désaxement latéral admissible du fil de contact. Les facteurs suivants sont déterminants:

La largeur des pantographes limitée à 1450 mm par le profil du tunnel de Rossio (situé à la sortie de la gare de Rossio long de 2,6 km), la largeur du frotteur étant de 800 mm.

Le zig-zag du fil de contact fixé à ± 200 mm.

La pression du vent sur les conducteurs de 72 kg/m² ce qui représente un vent de vitesse 31 m/s.

La marge de sécurité qui tient compte des irrégularités de voie, du balancement de la caisse et du pantographe.

La portée maximum de 63 m est ainsi prévue dans les alignements. Les portées dans les courbes sont fonction du rayon de celles-ci, et sont des multiples de 4,50 m.

En voie courante, les supports sont des poteaux indépendants avec consoles. Une telle construction procure une indépendance électrique et mécanique totale de la ligne caténaire de chaque voie. Pour les tronçons à trois voies ou plus, on a utilisé des portiques souples avec poteaux encadrant les faisceaux de voies et des poteaux intermédiaires si nécessaire. Dans les gares, la suspen-

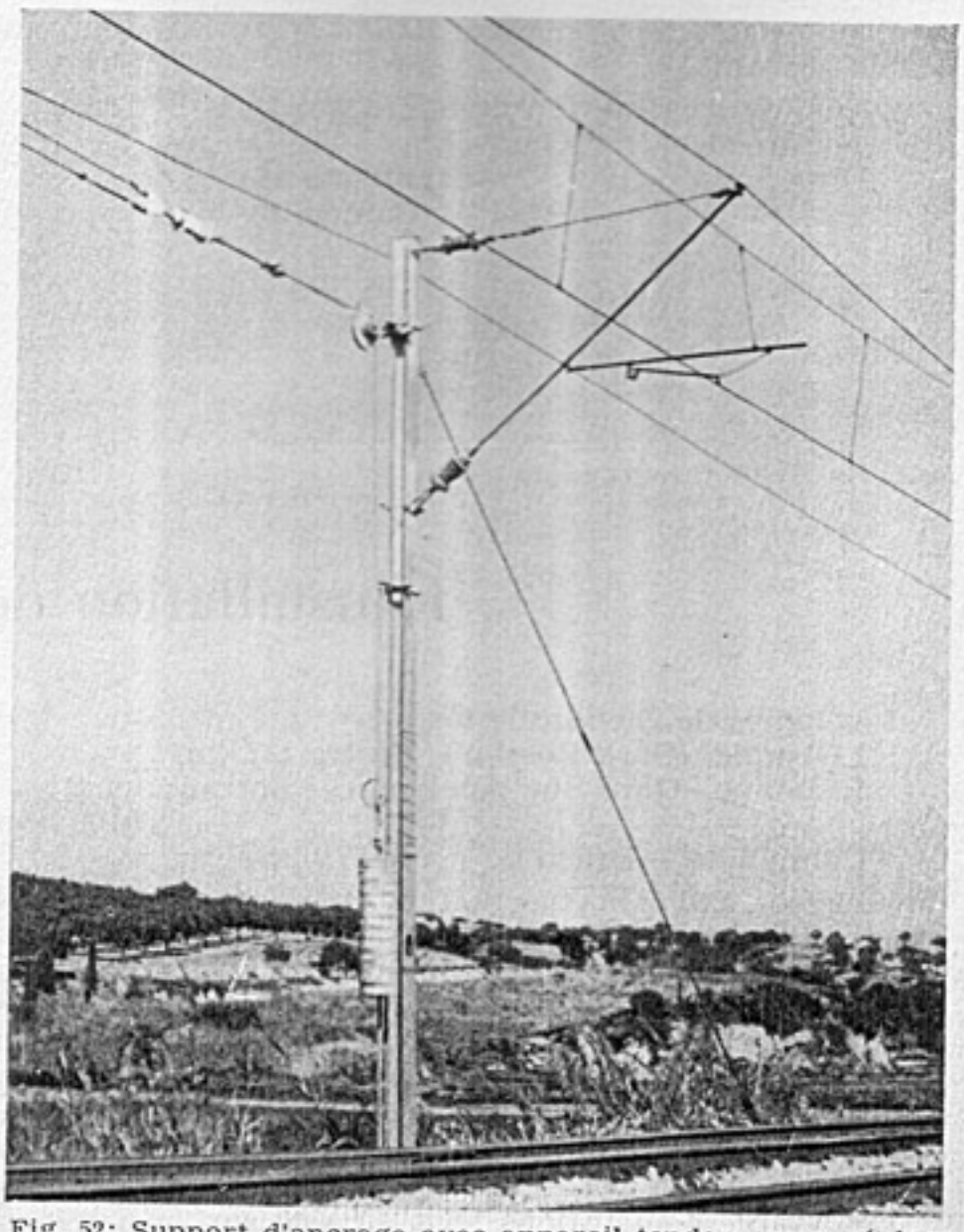
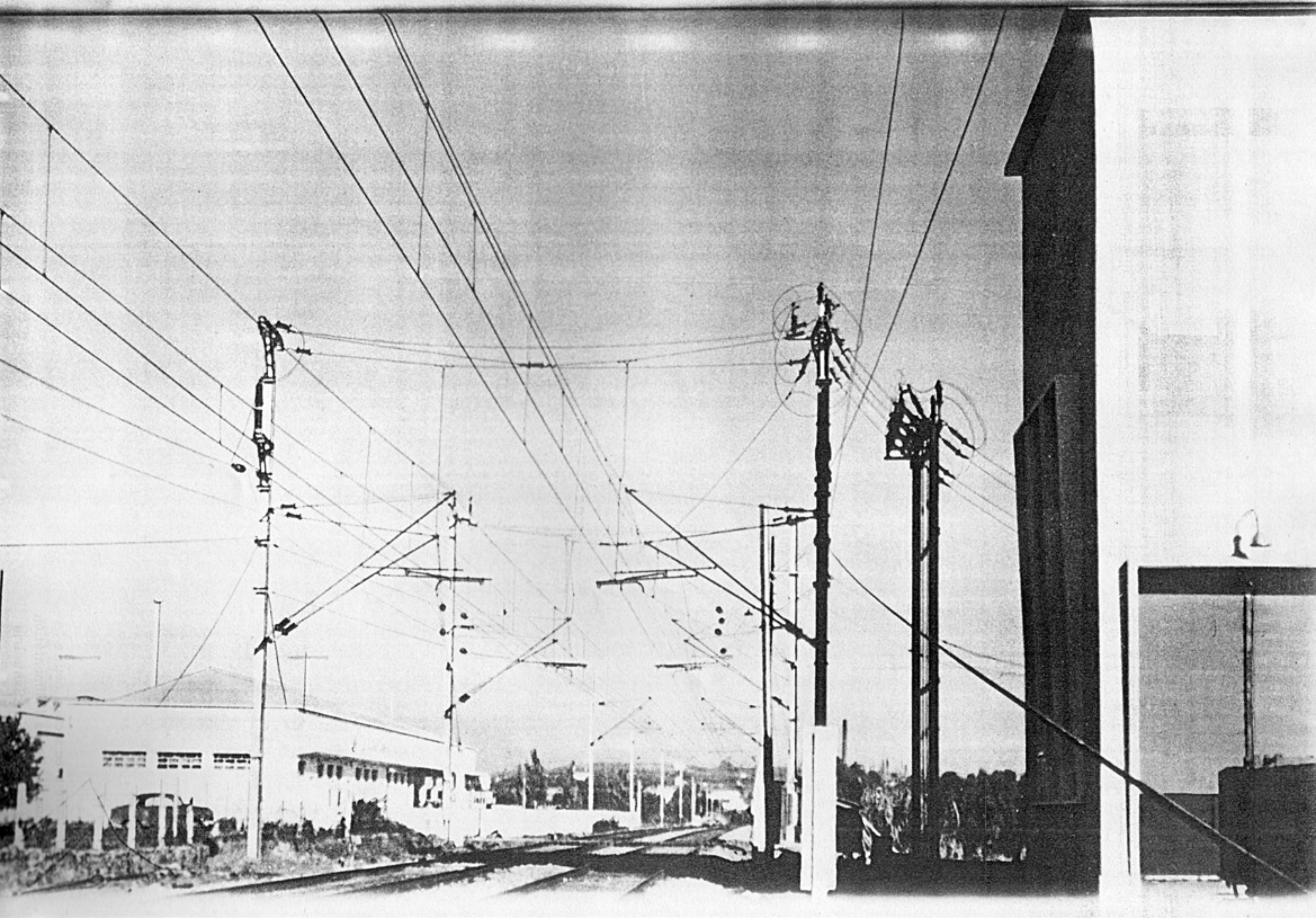


Fig. 52: Support d'ancrage avec appareil tendeur pour réglage automatique de la tension mécanique



Caténaire avec section neutre
et connexion des lignes d'alimentation
devant la sous-station de Santa Iria

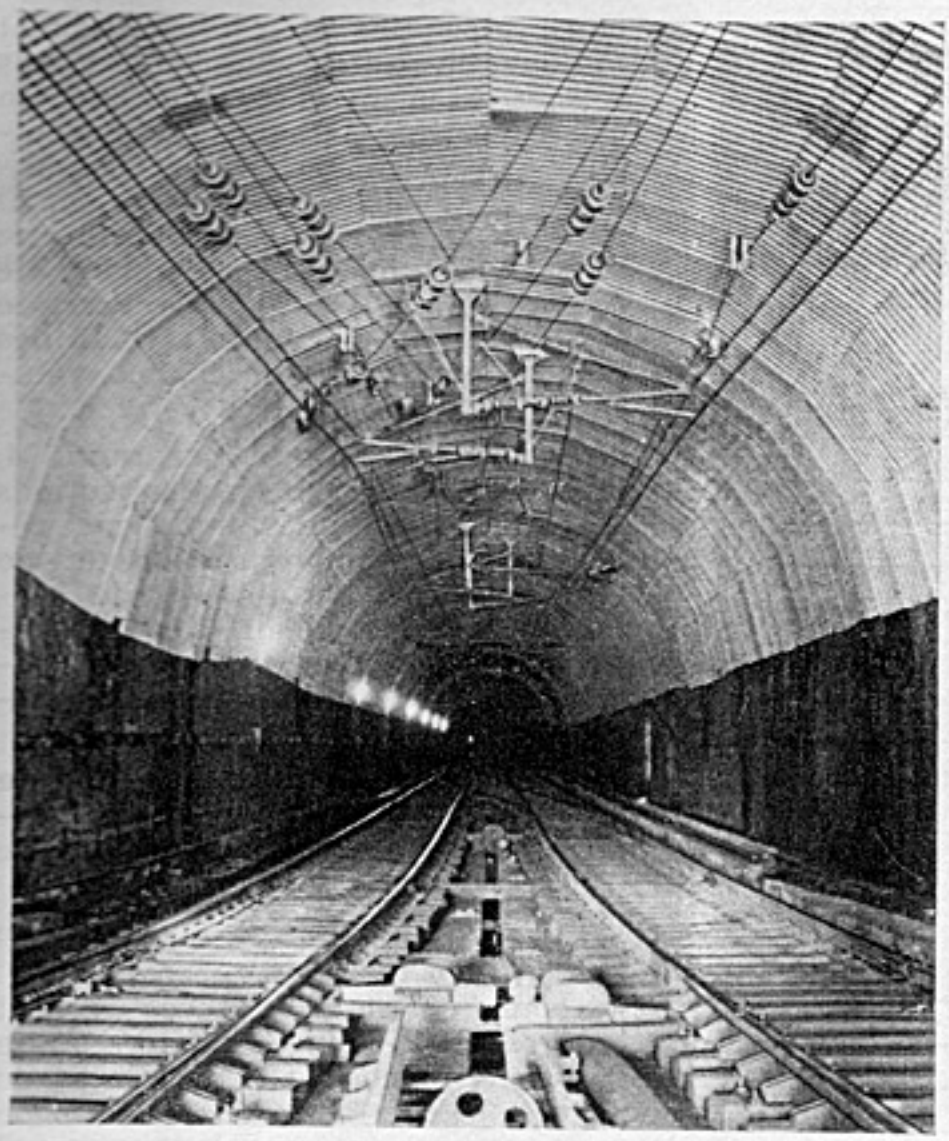


Fig. 53: Ligne caténaire dans le tunnel de Rossio

sion par portiques souples offre de bonnes conditions de visibilité.

Les pylônes sont des poutrelles à larges ailes galvanisées à chaud, type HN de 14 à 32. Etant donné que souvent dans les gares on ne pouvait utiliser que des poteaux de faible largeur, on a installé des poutrelles jumelées là où une poutrelle était insuffisante. Dans certains cas, des profils de 34 et 36 ont dû être utilisés. Pour fixer de manière simple les pièces sur les poteaux, les perçages nécessaires ont été effectués avant galvanisation.

Pour les massifs des poteaux, on a choisi des fondations blocs. Pendant les intervalles de circulation des trains, les supports ont été levés à la grue à partir d'un train de montage. Le bétonnage a également été effectué dans la mesure du possible par des trains de travaux.

La tension du câble porteur des caténaires principales étant maintenue constante par contrepoids, il importait que les consoles des supports soient orientables pour permettre les déplacements dus aux effets de la température. L'emploi des consoles mobiles présente aussi l'avantage qu'en cas de rupture du porteur, le poteau n'a pas à supporter de couple dû aux forces parallèles aux voies. Les consoles utilisées sont en tube d'acier galvanisé chaud. Le tube et son hauban sont isolés près du pylône. Les isolateurs se trouvent ainsi en dehors des fumées ou des gaz résiduels des locomotives à vapeur et Diesel qui circulent encore (voir fig. 50, 51 et 52).

Sur la ligne d'Entroncamento, prévue pour une vitesse pouvant atteindre 130 km/h, on a utilisé la suspension avec Y comme indiqué sur les fig. 51 et 52. Par contre, (fig. 50) la suspension simple équipe le tronçon de Sintra. Dans ces deux types de suspensions, le bras de rappel est un tube de duralumine et travaille toujours en traction. La suspension avec Y procure à la ligne caténaire une élasticité très régulière, ce qui assure une bonne captation du courant, même aux plus grandes vitesses.

Les isolateurs sont des isolateurs à fût massif ayant une tension de contournement à sec de 150 kV. Dans le tunnel et dans des endroits particulièrement exposés aux fumées et poussières, deux isolateurs en série ont été prévus. La fig. 53 représente la disposition des lignes caténaires dans le tunnel de Rossio.

Dans les sections où les supports des lignes caténaires ne pouvaient pas être mis aux rails en raison des circuits de signalisation, on a réuni les supports de chacune des voies principales par un câble de terre en cuivre d'une section de 50 mm² (fig. 50, 51, et 52).

Les conducteurs d'alimentation entre la sous-station de Sta. Iria et le poste de Campolide sont également montés sur les poteaux des lignes caténaires. Ce sont deux câbles en cuivre de 95 mm² de section unitaire.

Les sections de séparation de phases

Dans les réseaux ferroviaires, exploités avec du courant alternatif monophasé de 50 Hz, prélevé sur le réseau de distribution de courant triphasé du pays, les sections de séparation sont d'une importance particulière.

Elles sont réparties le long de la ligne et sont destinées à séparer les sections alimentées par des phases différentes.

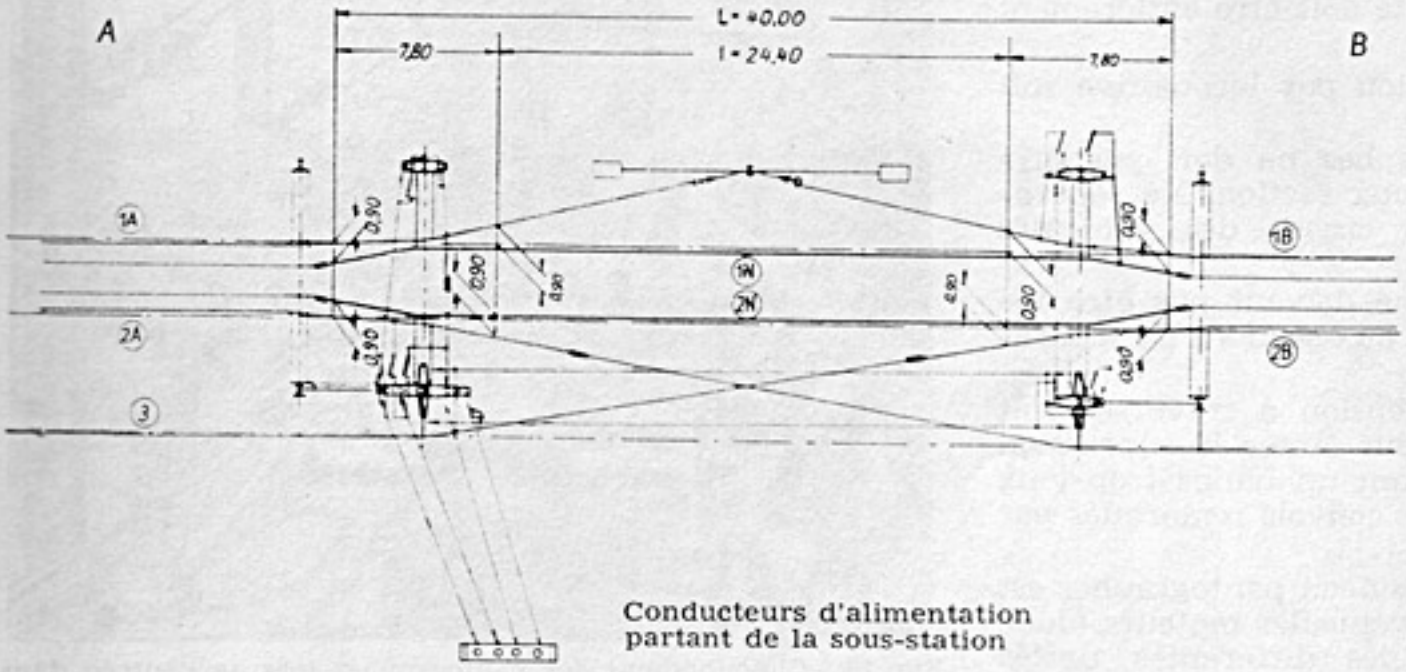
La première tranche des travaux d'électrification dont la description est donnée ici, comporte trois sections de séparation, à savoir:

Deux sections de séparation respectivement installées au droit des sous-stations de Sta. Iria et d'Entroncamento, pour y séparer les sections alimentées par chacune des 2 phases du montage Scott utilisé, décalées de 90°.

Une troisième section de séparation située à Vale de Santarém entre les deux sous-stations pour y séparer les sections alimentées par chacune des deux sous-stations.

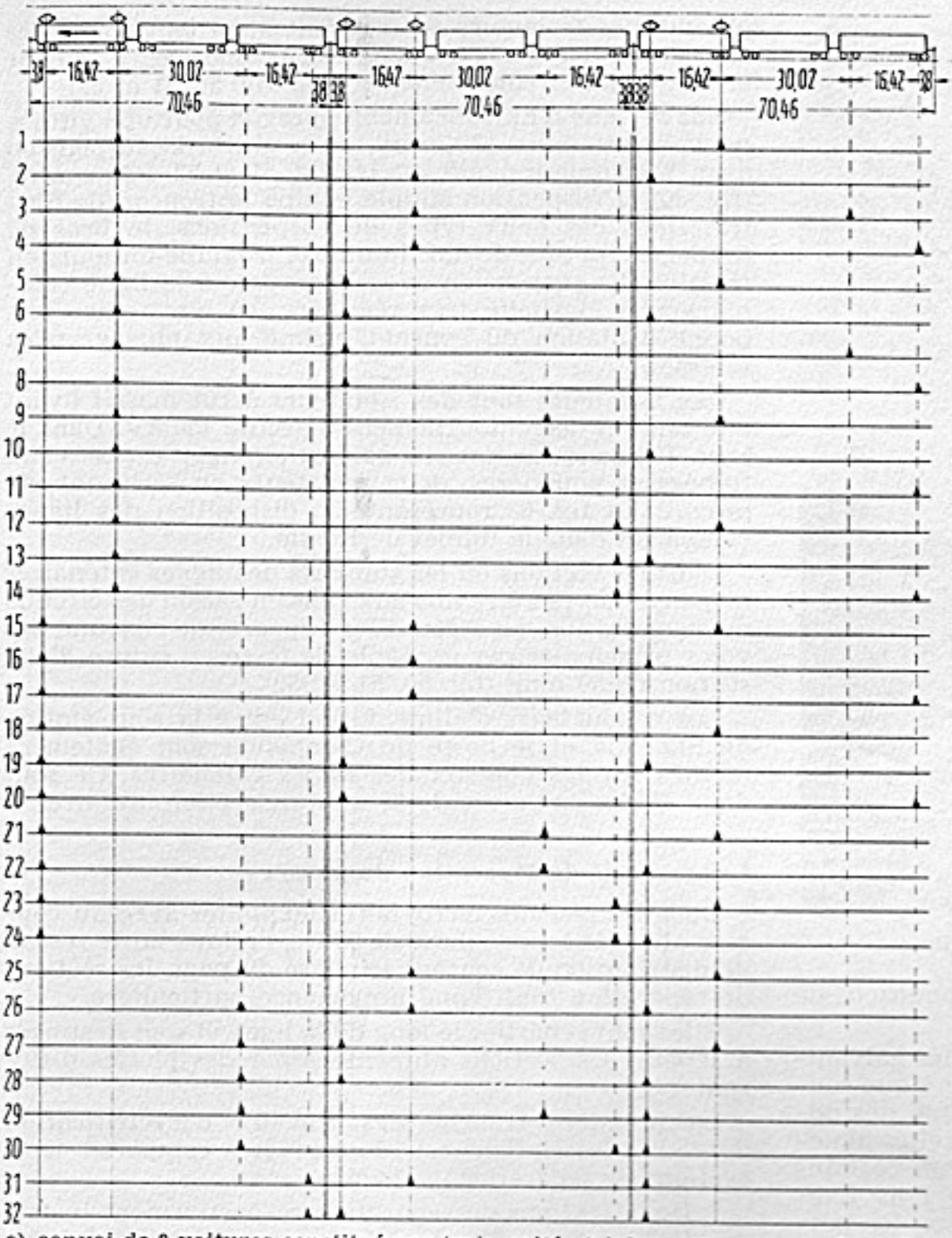
Il importe d'une part que le passage du pantographe à la section de séparation ne produise pas de court-circuit entre les deux phases et que d'autre part la présence de la section de séparation n'entraîne qu'un minimum de mesures restrictives. Dans le cas présent, leur conception et leur exécution devaient satisfaire aux conditions préalables ci-dessous:

1. Les convois sont composés d'une, de deux ou de trois

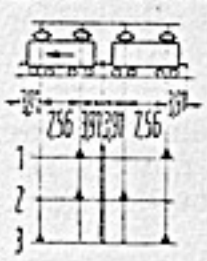


1A Voie principale 1
1B Voie principale 1
Sens de marche des trains A vers B
1N Voie principale 1
Section neutre
2A Voie principale 2
2B Voie principale 2
Sens de marche des trains B vers A
2N Voie principale 2
Section neutre
3 Voie secondaire
L Longueur totale de la section de séparation de phases
l Longueur de la section neutre

Fig. 54: Conception générale d'une section de séparation des phases



a) convoi de 9 voitures constitué par trois unités triples avec commande multiple



▲ pantographe levé

▲ pantographe levé si la position de la voiture motrice est inversée dans l'unité triple.

b) Locomotives en cas de double traction

Fig. 55: Combinaisons possibles des pantographes en service:

unités triples, chacune des unités comprend:
L'automotrice (avec pantographe)
la remorque intermédiaire (sans pantographe)
la remorque pilote (sans pantographe).

Dans les convois, la disposition des unités triples, c'est-à-dire l'emplacement de l'automotrice à la tête ou à la queue de chaque unité doit être entièrement libre.

2. Il faut que la double traction par locomotive soit possible.
3. L'abaissement des pantographes ne doit pas être nécessaire lors du passage aux sections de séparation, seule une mise hors circuit des véhicules moteurs devant avoir lieu.
4. Des limitations de vitesse ne doivent pas être indispensables lors du passage aux sections de séparation.
5. Il faut que la zone hors tension à traverser soit aussi courte que possible pour éviter la supression de l'effort de traction pendant un temps trop long surtout dans le cas de lourds convois remorqués par des locomotives.
6. Dans tous les cas, un seul des deux pantographes est en service pour chacun des véhicules moteurs (donc pour chaque automotrice des différentes unités triples ou pour chaque locomotive). Conformément aux prescriptions de service, il s'agit toujours du pantographe arrière dans le sens de la marche. Cependant, en cas d'avarie, il est admis qu'un véhicule moteur puisse circuler le pantographe avant seul en service. Il importe donc qu'une liberté de passage complète existe quand le convoi circule sous la section de séparation, quel que soit celui des deux pantographes de chaque véhicule moteur qui soit en service.

L'exigence, visée au paragraphe 4, était déterminante pour que les sections de séparation de phases fussent réalisées, non par l'emploi d'isolateurs de section, mais par l'utilisation de sectionnements à lame d'air, comme l'indique la fig. 54. Dans ce type de construction, il y a lieu de faire la distinction entre:

La longueur utile l de la section de séparation (appelée également section neutre ou longueur de voie de protection) et

la longueur totale L de la section de séparation.

Les zones de contact, situées de part et d'autre de la section neutre, où le pantographe touche aussi bien le fil de contact de la voie normale que celui de la zone neutre, ont une longueur respective de

$$\frac{(L-l)}{2}$$

Les conditions ci-après s'appliquent aux dimensions géométriques de la section de séparation de phases:

a) La longueur utile l doit être plus grande que la distance des pantographes connectés électriquement, sinon il y a court-circuit des deux phases par le véhicule moteur.
b) Dans chaque convoi, la distance entre deux pantographes quelconques électriquement non-connectés, doit être ou moindre que la longueur utile l ou plus grande que la longueur totale L de la section de

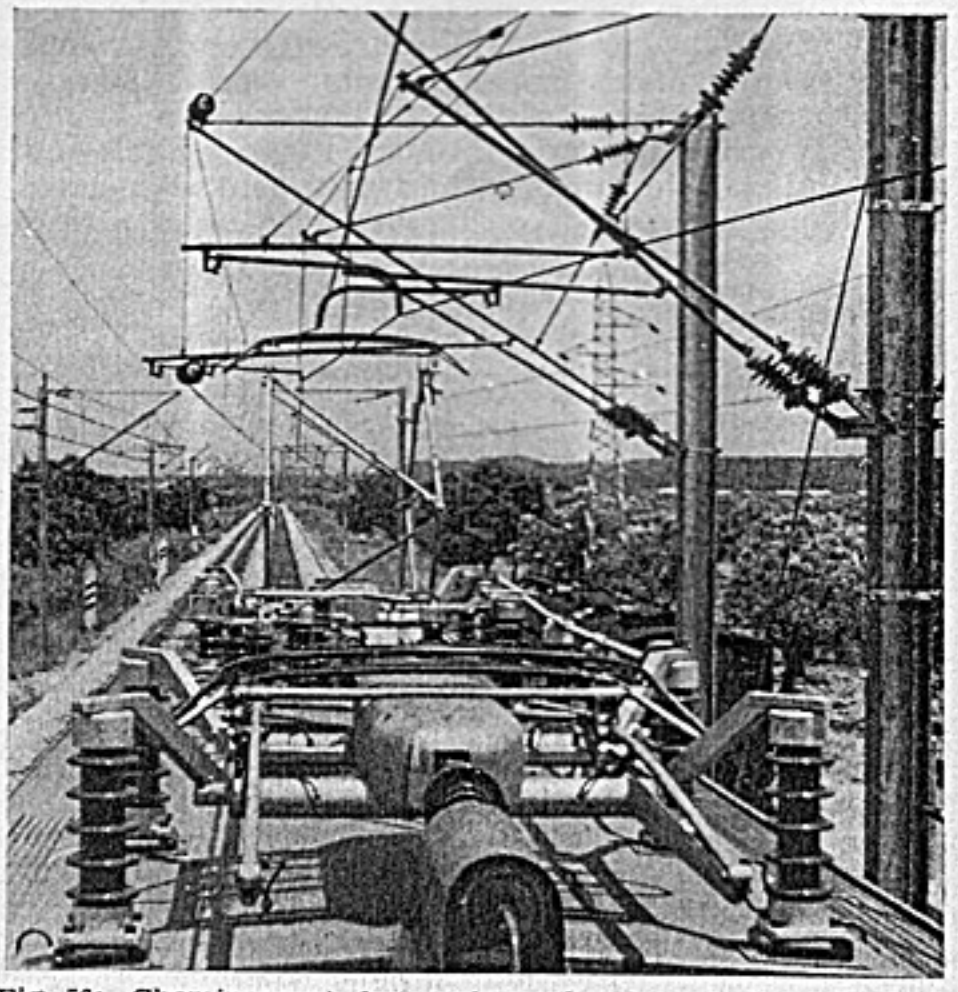


Fig. 56: Cheminement des pantographes lors de l'entrée dans la section neutre d'une section de séparation de phases

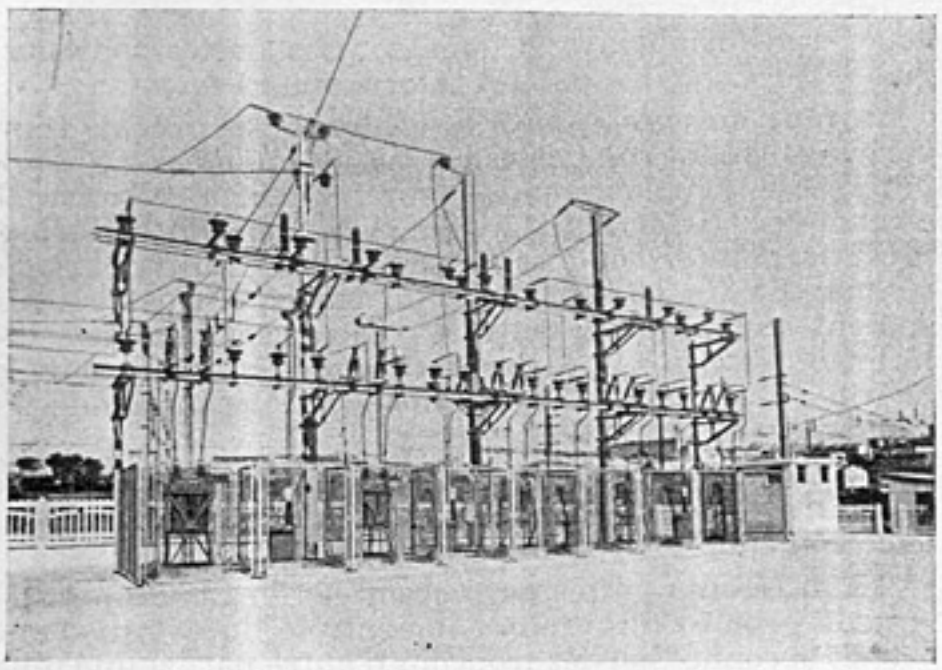


Fig. 57: Poste de Campolide

séparation de phases, sinon il y a court-circuit des deux phases par l'intermédiaire des deux pantographes et de la section isolée.

L'exigence visée sous a) pouvait être négligée, car, dans le parc de matériel roulant disponible, seuls les deux pantographes d'une automotrice ou ceux d'une locomotive sont électriquement interconnectés et, selon le paragraphe 6, l'un des deux est seul en service. Les pantographes de plusieurs unités motrices ou locomotives, circulant en attelages, ne sont pas reliés entre eux.

L'exigence visée sous b) a pour conséquence qu'en tenant compte des paragraphes 1, 2, 3 et 6, il se présente un total de trente-deux combinaisons différentes de pantographes en service, pour les rames automotrices, et de trois combinaisons pour les locomotives. Le croquis «a» de la fig. 55 donne un aperçu des trente-deux combinaisons de pantographes possibles, si le convoi se compose de neuf voitures. La première combinaison montre la disposition normale des pantographes relevés pour la direction de marche indiquée. Les lignes verticales striées se réfèrent à des compositions de convoi dans lesquelles une ou plusieurs unités triples sont inversées dans le convoi.

Le croquis «b» de la fig. 55 représente les conditions des locomotives en cas de deux locomotives accouplées.

Les distances possibles entre deux pantographes quelconques non-connectés en service, provenant de ces combinaisons, sont les suivantes:

Convois moteurs		*Locomotives*
7 600 mm	110 900 mm	7 820 mm
24 020 mm	116 900 mm	15 380 mm
40 440 mm	124 500 mm	22 940 mm
54 040 mm	133 320 mm	
70 460 mm	140 920 mm	
78 060 mm	157 340 mm	
86 880 mm	170 940 mm	
94 480 mm	187 360 mm	
100 480 mm	203 780 mm	

En prenant en considération le paragraphe 5, c'est-à-dire la plus petite longueur possible de zone neutre, ainsi qu'une distance de 400 mm entre les frotteurs d'un pantographe et en se conformant aux conditions, visées sous b), les dimensions ci-après ont été choisies:

Longueur utile l = 24 420 mm
Longueur totale L = 40 040 mm

Les zones de contact des deux côtés de la zone neutre atteignent donc chacune 1/2 · (40 040 — 24 420) = 7810 mm. La fig. 54 représente une zone neutre ainsi déterminée.

Pour réaliser la zone de contact de la section neutre, d'une longueur inférieure à 8 m, il n'était pas possible d'effectuer le passage entre le fil de contact de la voie normale et le fil de contact de la zone neutre en relevant les fils de contact dans des plans parallèles.

Il faillait que les fils de contact soient installés dans un plan horizontal, et s'écartent de part et d'autre de la zone de contact, ce qui impose, afin d'obtenir un bon passage du pantographe, un montage et un entretien particulièrement soignés. La fig. 56 représente un vehicule moteur dont le pantographe arrière passe du fil de contact de la voie sur celui de la zone neutre. Le cliché montre le dispositif latéral d'écartement des fils de contact.

Le fil de contact de la zone neutre de la section de séparation peut être relié électriquement au fil de contact situé en avant dans le sens de la marche, par l'intermédiaire d'un sectionneur monté sur poteau à commande manuelle, et mis ainsi sous tension, si le véhicule moteur s'immobilisait par hasard sur la partie hors tension de la section de séparation.

Postes de sectionnement et de mise en parallèle

Les différents postes de sectionnement et de mise en parallèle sont du type extérieur.

Les principaux appareils de coupure sont à commande électrique et peuvent être télécommandés à partir de la sous-station de Sta. Iria (voir le schéma de la fig. 49). La position des appareils de coupure ainsi que la signalisation de tension des différentes sections de ligne sont transmises à la sous-station de Sta. Iria. Chaque poste comporte une guérite abritant l'appareillage basse tension, la batterie et son groupe de charge et les appareils de télécommande.

Le poste de Campolide — dont la vue générale est reproduite par la fig. 59 — est équipé de 5 interrupteurs à huile télécommandés, et des sectionneurs à commande manuelle respectifs. Chacun des deux conducteurs d'alimentation venant de Sta. Iria est relié à la ligne caténaire d'une voie par l'intermédiaire de deux interrupteurs qui servent également au couplage longitudinal. Un autre interrupteur assure la mise en parallèle des deux voies (voir à ce sujet également la fig. 49). La télésignalisation de la tension est effectuée par l'intermédiaire de quatre transformateurs de tension à huile.

Le poste de sectionnement et de mise en parallèle de Vale de Santarém est équipé de disjoncteurs à huile télécommandés et de sectionneurs à commande manuelle. Deux disjoncteurs servent au couplage longitudinal, les deux autres au couplage transversal. Les

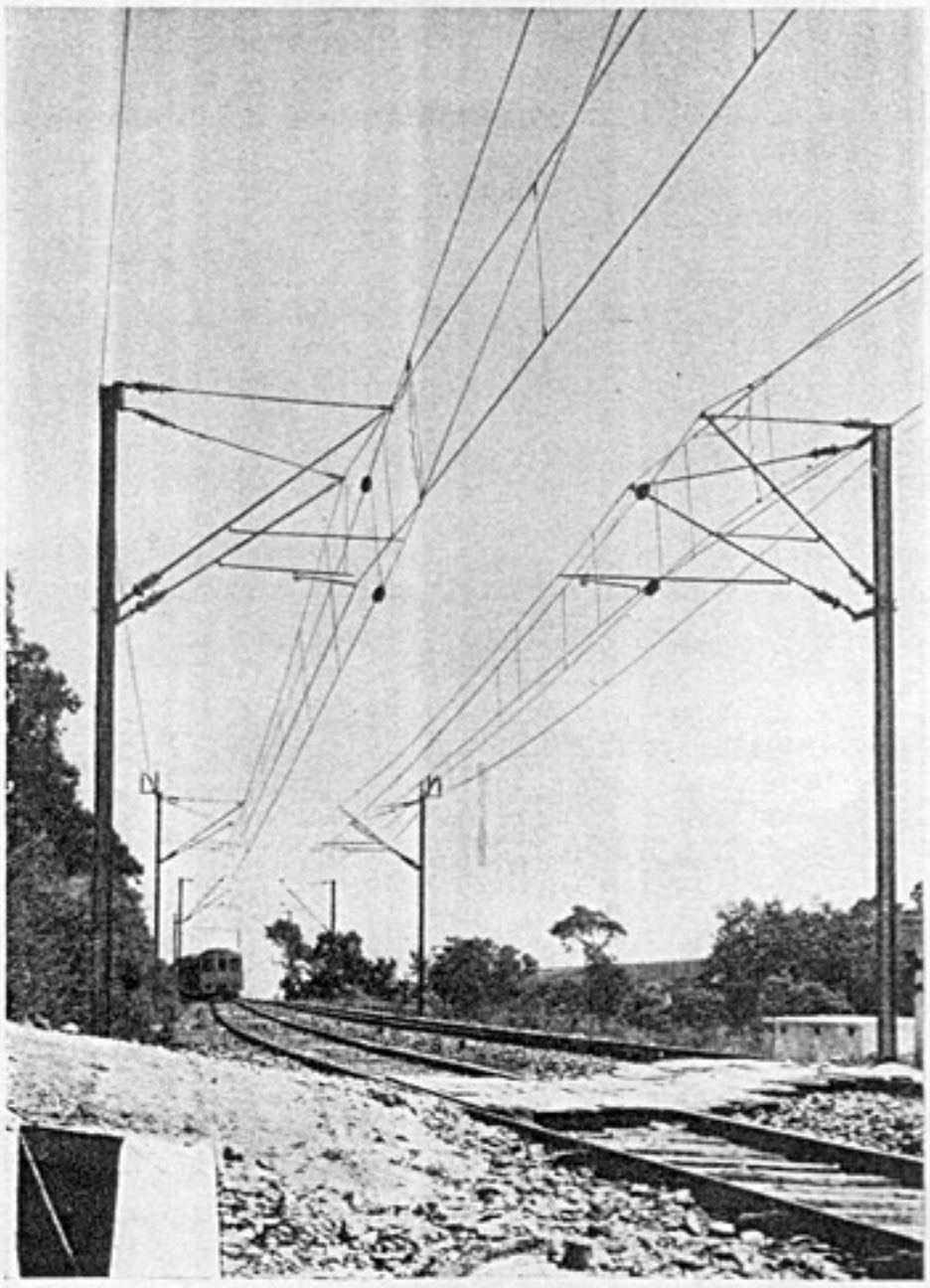


Fig. 58: Poste de sectionnement

disjoncteurs de couplage longitudinal sont équipés d'un dispositif de déclenchement automatique fonctionnant par baisse de tension. Les disjoncteurs de couplage transversal sont équipés d'un dispositif de déclenchement automatique à maxima d'intensité dont de réglage est prévu plus bas que celui du dispositif analogue des disjoncteurs de départ des sous-stations. La télésignalisation de la tension est effectuée par l'intermédiaire de 4 transformateurs de tension. Ce poste est normalement exploité par les

disjoncteurs de couplage longitudinal ouverts, et les disjoncteurs de couplage transversal fermés.

Les deux postes de Carregado et de Vale de Figueira sont conçus de façon plus simple que celui de Vale de Santarém. Ils sont équipés de deux interrupteurs à huile télécommandés pour le couplage longitudinal et d'un troisième pour le couplage transversal et des sectionneurs à commande manuelle respectifs. La télésignalisation de la tension est effectuée par l'intermédiaire de deux transformateurs de tension. Ces postes sont normalement exploités par les interrupteurs fermés.

En plus des postes décrits ci-dessus, le réseau comporte également dix postes de sous-sectionnement équipés de sectionneurs montés sur poteaux à commande électrique. La télésignalisation de la tension est effectuée par l'intermédiaire de deux transformateurs de tension. La fig. 58 représente un poste de sous-sectionnement ainsi équipé. On aperçoit sur les supports intermédiaires du cliché les sectionneurs et à droite la guérite abritant les appareils de télécommande et l'appareillage auxiliaire.

Le poste de sous-sectionnement situé dans le voisinage de Sintra est en plus équipé d'un interrupteur à huile télécommandé pour la mise en parallèle.

Les différents postes permettent — en cas de perturbations — la localisation et le contrôle du défaut d'une part et la connexion des tronçons d'autre part si une telle mesure s'imposait pour des raisons de service.

Les installations de signalisation

Généralités

La première tranche d'électrification en 25 kV monophasé, a entrainé la modernisation et l'adaptation des installations de sécurité aux nouvelles conditions d'exploitation.

Dans cette première tranche, c'est-à-dire sur les lignes:

Lisbonne, Rossio — Sintra

Lisbonne, Sta. Apolónia — Entroncamento

Campolide — Braço de Prata,

la CP a introduit le block automatique par circuits de voie et a procédé á l'installation de postes électriques d'aiguillage «tout relais», bénéficiant ainsi des techniques modernes de signalisation ferroviaire.

En outre un grand nombre de passages à niveau ont été munis d'installations automatiques de protection à feux clignotants.

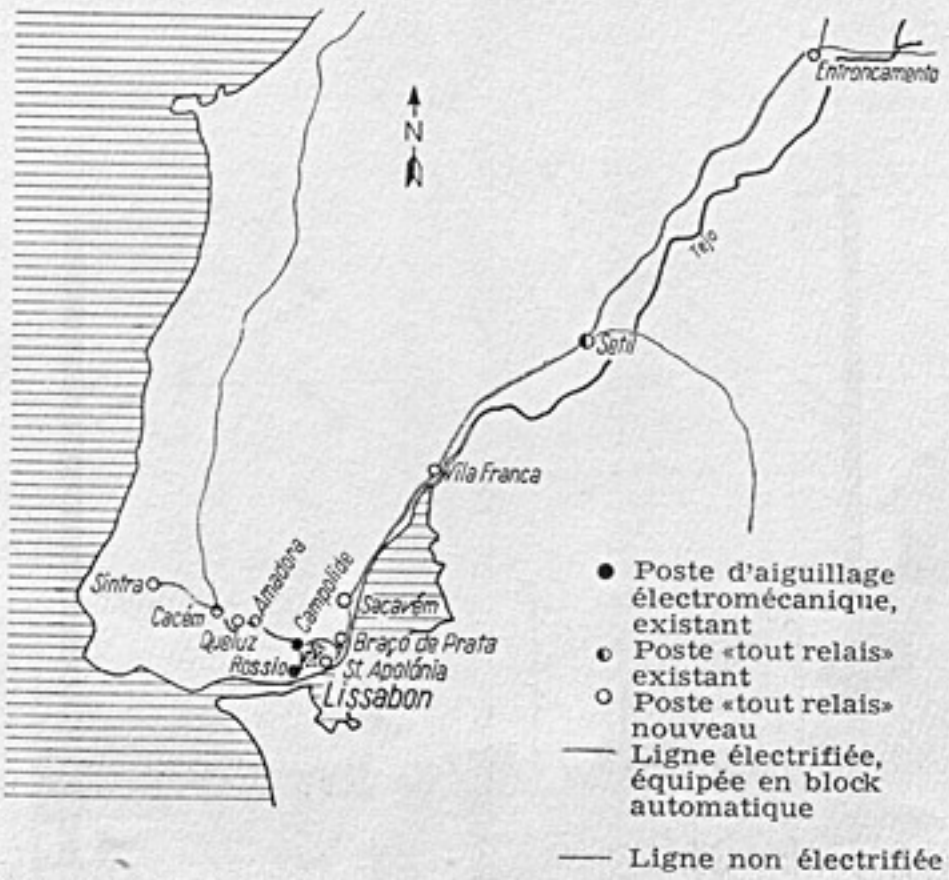


Fig. 59: Plan d'ensemble comportant les lignes électrifiées équipées en block automatique de voie ainsi que les différents types de postes d'aiguillage

La mise en place des nouvelles installations comportait les travaux suivants (voir fig. 59):

Equipement de toutes les sections de voie énumérées ci-dessus et comprises dans la 1ère tranche d'électrification, en block automatique lumineux.

Adaptation à la traction électrique et au block automatique des postes d'aiguillage des gares de Lisbonne-Rossio, Campolide et Setil,

Equipement en postes électriques d'aiguillage «tout relais» avec pupitre géographique dans neuf stations de moyenne et grande importance.

Equipement des petites stations avec serrures électro-mécaniques à enclenchement «Bouré».

Equipement des passages à niveau avec dispositifs d'annonce et feux clignotants.

Les caractéristiques essentielles de ces installations sont décrites ci-dessous:

Block automatique

Les signaux de block automatique comportent les 3 indications classiques:

Vert — Voie libre

Jaune — Avertissement. Le signal suivant est à l'arrêt

Rouge — Arrêt.

L'indication «arrêt» des signaux de block automatique est permissive, c'est-à-dire qu'elle permet de continuer en marche «à vue» après arrêt. Par contre, les signaux de gare ne sont pas franchissables à l'arrêt.

Les signaux franchissables du block automatique de pleine voie sont repérés par un œilleton blanc lunaire, en dessous et à gauche de l'écran principal (voir fig. 62).

Les feux de signaux sont généralement fixes; cependant dans quelque cas, les longueurs normales de cantons (1000 m sur la ligne de Sintra et 1600—1800 m sur la ligne d'Entroncamento) n'ont pu être respectées pour des raisons de difficulté d'implantation; les avertissements (feu jaune fixe) sont alors signalés par des préavertissements (feu jaune clignotant) quand la longueur du canton d'avertissement est plus courte que la distance normale de freinage sur la ligne considérée.

Les signaux de block sont commandés par circuits de voie. Les examens approfondis, auxquels s'est livrée la CP ont démontré qu'en raison des parasites causés par l'industrie et le réseau de tramways, les circuits de voie à courant continu ne pouvaient pas être utilisés dans la région de Lisbonne. En conséquence, les lignes de Lisbonne à Sintra et Lisbonne à Vila Franca (ligne du Nord) ont été équipées de circuits de voie à courant alternatif aussi bien en pleine voie que dans les stations.

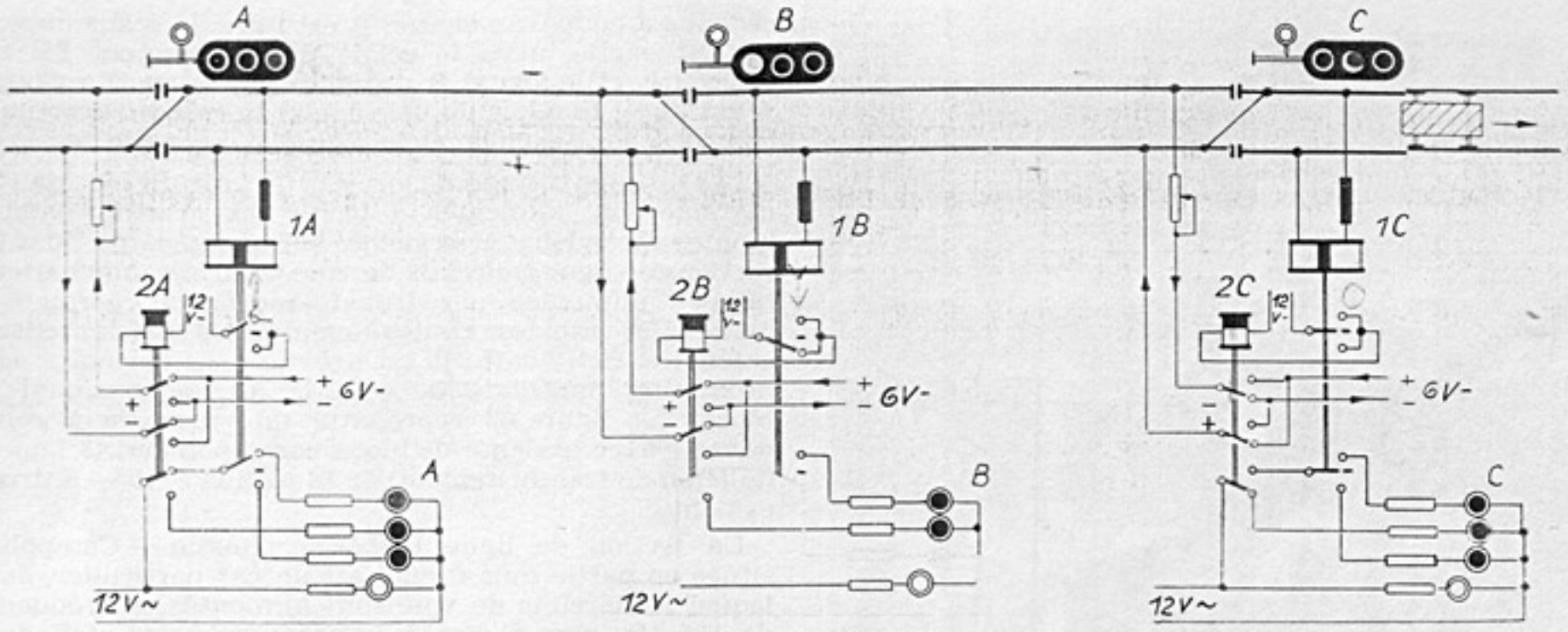


Fig. 60: Schéma de principe de block automatique par circuits de voie à courant continu polarisé

A, B, C	Cantons de block avec signaux
1A, 1B, 1C	Relais de voie à courant continu polarisé
2A, 2B, 2C	Relais auxiliaires pour commande de l'avertissement au signal précédent

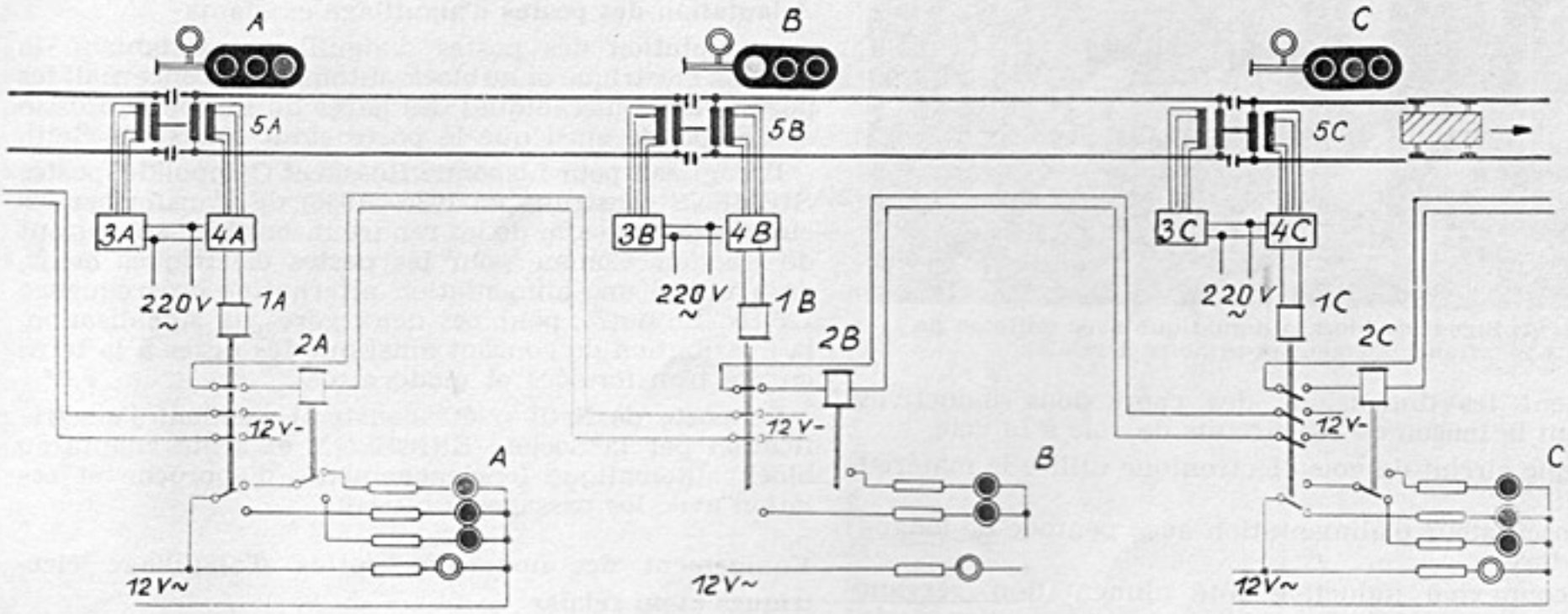


Fig. 61: Schéma de principe de block automatique par circuits de voie à courant alternatif, type électronique

A, B, C	Cantons de block avec signaux	3A, 3B, 3C	Appareillage d'alimentation de circuit de voie
1A, 1B, 1C	Relais de voie	4A, 4B, 4C	Appareillage de réception de circuit de voie
2A, 2B, 2C	Relais auxiliaires pour commande de l'avertissement au signal précédent	5A, 5B, 5C	Connexions inductives

La seconde partie de ligne du Nord entre Vila Franca et Entroncamento, a été équipée de circuits de voie à courant continu polarisé.

Eu égard aux interférences dues au courant de traction 50 Hz, une attention toute particulière a été apportée au choix de la fréquence des circuits de voie à courant alternatif dans la région de Lisbonne. Sur la proposition des constructeurs, la CP a accepté l'emploi d'une fréquence de 125 Hz dans les stations équipées de postes électriques «tout relais» et des fréquences de 300 et 800 Hz en pleine voie et dans les petites stations.

Le système de block automatique à 3 indications nécessite la transmission en amont du contrôle de position du signal suivant (dans le sens de la marche) afin de faire la sélection entre les indications avertissement et voie libre sur le signal précédent.

Sur la section de ligne: Vila Franca — Entroncamento (circuits de voie à courant continu), cette indication d'avertissement ne nécessite aucun conducteur supplémentaire le long de la ligne, du fait de l'emploi de relais de voie à courant continu polarisé, l'inversion du sens du courant d'alimentation se faisant par les rails.

Pour les autres sections de ligne (à circuits de voie à courant alternatif), deux conducteurs supplémentaires le long de chaque voie sont nécessaires pour transmettre la condition «avertissement» depuis le signal suivant vers le signal amont.

Les fig. 60 et 61 représentent les schémas de principe des deux modes de réalisation du block automatique, par circuits de voie à courant continu ou alternatif.

Le mode de réalisation représenté sur la fig. 60 correspond au block par circuits de voie à courant continu polarisé. Le retour du courant de traction est assuré par un seul rail. Quand le canton C est occupé, le relais de voie polarisé 1 C est désexcité et se trouve en position intermédiaire; simultanément le relais 2 C est aussi désexcité. Le signal C presente feu rouge, et l'alimentation du circuit de voie B précédent est faite avec les polarités —/+. Au canton B, le relais de voie 1 B est excité vers le bas. Le relais 2 B est également excité. Le signal B présente feu jaune et l'alimentation du circuit de voie A précédent est faite avec les polarités +/—. Au canton A, le relais de voie 1A est excité vers le haut. Le relais 2A est également excité, et le signal A présente feu vert.

Les circuits de voie type électronique (voir fig. 61) ont été mis au point et utilisés par les Chemins de fer français au cours de ces dernières années. Leur avantage réside dans l'utilisation de fréquences élevées (jusqu' à 1000 Hz), grâce auxquelles il est possible de réduire sen-

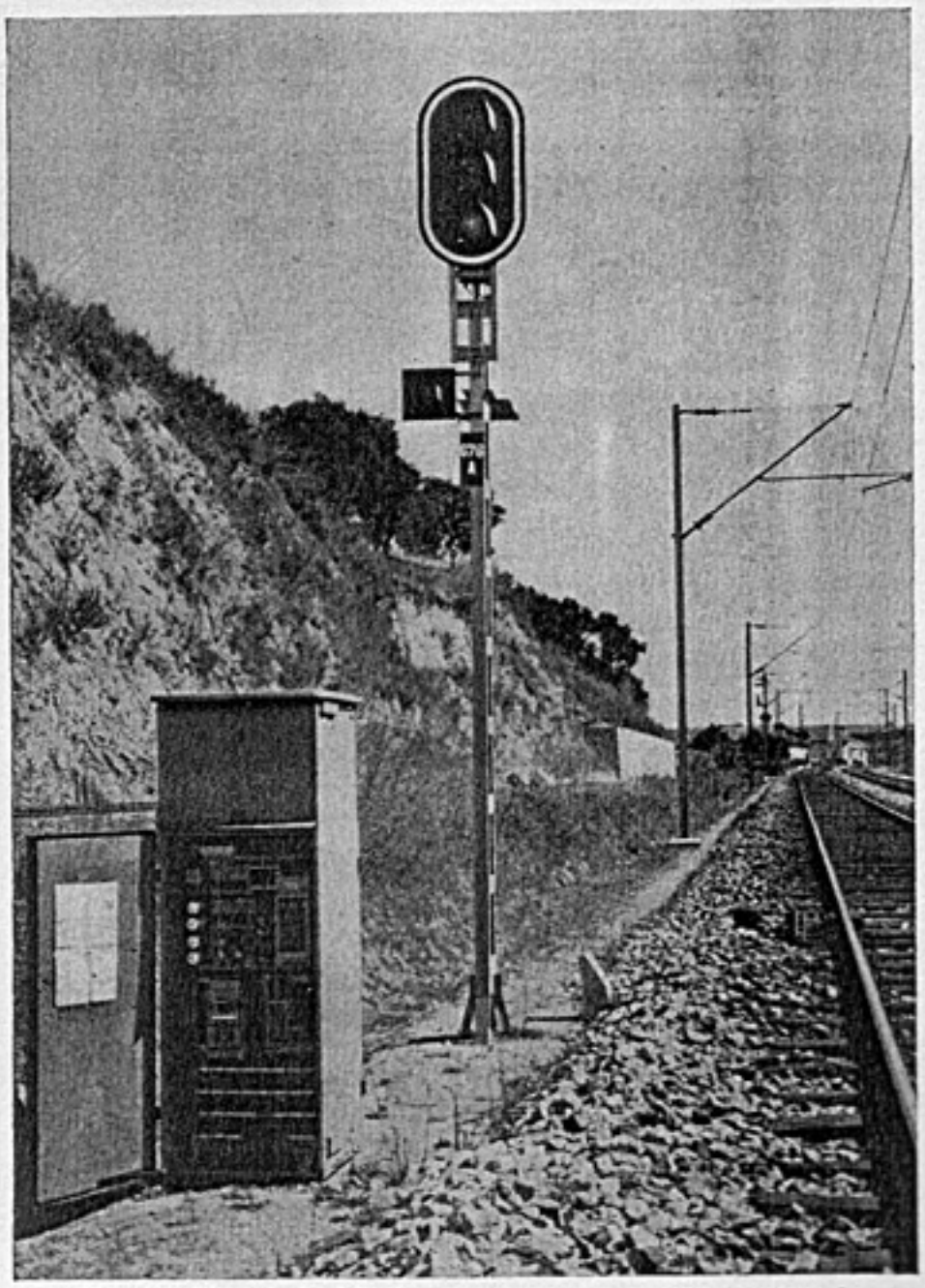


Fig. 62: Signal de block automatique avec œilleton de franchissement et armoire à relais

siblement les dimensions des connexions inductives assurant la liaison de ces circuits de voie à la voie.

Chaque circuit de voie électronique utilise le matériel suivant:

1 oscillateur d'alimentation avec pentode de longue durée
1 connexion inductive côté alimentation, servant d'une part à la transmission par induction de la fréquence de block sur la voie et d'autre part au retour du courant de traction, celui-ci utilisant les 2 rails de la voie
1 connexion inductive côté réception, identique à la précédente et servant à l'arrivée de la fréquence de block
1 groupe de réception comportant aussi une pentode de longue durée.
1 relais de voie.

La fig. 61 correspond au block par circuits de voie électronique. Quand le canton C est occupé, le relais de voie 1 C est désexcité, et le signal C présente feu rouge. Le circuit du relais d'avertissement 2B précédent est coupé. Le canton B est libre, le relais de voie 1B est excité, mais le relais d'avertissement 2B est désexcité, et le signal B présente feu jaune. Le canton A est libre; le relais de voie 1A et le relais d'avertissement 2A sont excités, et le signal A présente feu vert.

Les différents types de circuits de voie du block automatique sont alimentés à partir des transformateurs montés sur pylônes et branchés sur la caténaire. Pour les sections de ligne à circuits de voie polarisés, une batterie tampon alimentée par transfo-redresseur permet de pallier les rapides chutes éventuelles de la tension caténaire. Cette batterie est prévue dans l'armoire ou à proximité immédiate de celle-ci à chaque signal de block. La figure 62 représente une armoire à relais ouverte avec le signal de block correspondant (3 feux et œilleton de franchissement) de la section Setil — Entroncamento.

La section de ligne Lisbonne, Rossio — Campolide située en partie sous tunnel est un cas particulier, dans lequel les circuits de voie sont alimentés en fréquence de 125 Hz, c'est-à-dire à la fréquence des stations à poste électrique »tout relais«. Les relais de voie de cette section sont installés au poste de Lisbonne, Rossio et reliés aux différents cantons de block. Le relais de voie utilisé est du type diphasé à moteur comme pour les zones de gare.

Adaptation des postes d'aiguillage existants

L'adaptation des postes d'aiguillage existants à la traction électrique et au block automatique concernait les postes électromécaniques des gares de Lisbonne, Rossio et Campolide ainsi que le poste «tout relais» de Setil.

Il s'agissait pour Lisbonne, Rossio et Campolide (postes SIEMENS construits en 1935—1936) de transformer les circuits de voie afin de les rendre insensibles au courant de traction. Comme pour les postes électriques neufs, on a utilisé une alimentation alternative de fréquence 125 Hz. En outre, pour ces deux gares, la signalisation, la distribution du courant ainsi que les mises à la terre on été transformées et modernisées.

Le poste de Setil a été construit pendant l'électrification par la Société ERICSSON et a été adapté au block automatique (enclenchements d'approche et relation avec les passages à niveau).

Equipement des nouveaux postes d'aiguillage électriques «tout relais»

Etant donné les avantages d'exploitation procurés par la nouvelle technique de signalisation, la CP avait exigé la fourniture de postes d'enclenchements électriques »tout relais« pour les nouvelles installations.

Il s'agissait en l'occurence des deux têtes de ligne Lisbonne, Sta. Apolónia et Sintra et des gares intermédiaires Cacém, Queluz, Amadora, Braço de Prata, Sacavém et Vila Franca, soit au total 8 stations (voir fig. 59 et tableau 2). Il s'est avéré nécessaire ultérieurement d'équiper aussi la station d'Entroncamento en raison de l'augmentation du trafic.

Afin de réaliser des réductions de personnel, il a été prévu généralement des postes d'enclenchement cen-

Tableau 2: Informations générales sur les postes électriques «tout relais» des stations principales

Stations	Itinéraires Trafic	Itinéraires Manœuvre	Aiguilles commandées	Signaux principaux	Signaux de manœuvre	Serrures d'enclenchement	Circuits de voie	Itinéraires fractionnés
Sintra	5	13	6	5	6	4	9	8
Cacém	19	16	16	10	9	2	26	16
Queluz	6	5	5	5	3	2	12	8
Amadora	8	10	6	6	6	6	16	8
Sta. Apolónia	47	101	49	21	26	4	53	51
Braço de Prata	12	31	14	10	14	8	22	18
Sacavém	10	8	11	9	5	5	17	12
Vila Franca	6	8	13	6	6	3	19	8
Entroncamento	38	61	45	19	41	3	52	60

traux permettant la commande et le contrôle du trafic normal et les manœuvres par un seul aiguilleur dans chaque gare. En ce qui concerne les stations intermédiaires à trafic réduit, il avait été demandé que l'agent chargé du service général d'exploitation puisse s'occuper aussi du poste de signalisation.

Les postes d'enclenchement «tout relais» prévus répondent à ces exigences. Ils sont réalisés sous forme de pupitres à représentation schématique des voies. Ils exigent un nombre réduit de manipulations. Ces principes ainsi que l'installation en éléments et le contrôle schématique évitent les erreurs de manipulation pouvant perturber le trafic ferroviaire.

En principe, une installation de poste «tout relais» à représentation schématique des voies comporte les éléments principaux ci-dessous:

le pupitre de commande et de contrôle

le groupement des relais

les installations extérieures (commandes d'aiguilles, signaux, circuits de voie et câbles)

la distribution de courant électrique.

Le pupitre de commande de chaque poste comporte le tracé géographique des voies de la station, sur lequel sont disposés les organes de commande et de contrôle des signaux, aiguillages et circuits de voie et dispositifs annexes. La représentation schématique des voies, composé d'une série d'éléments individuels, com-

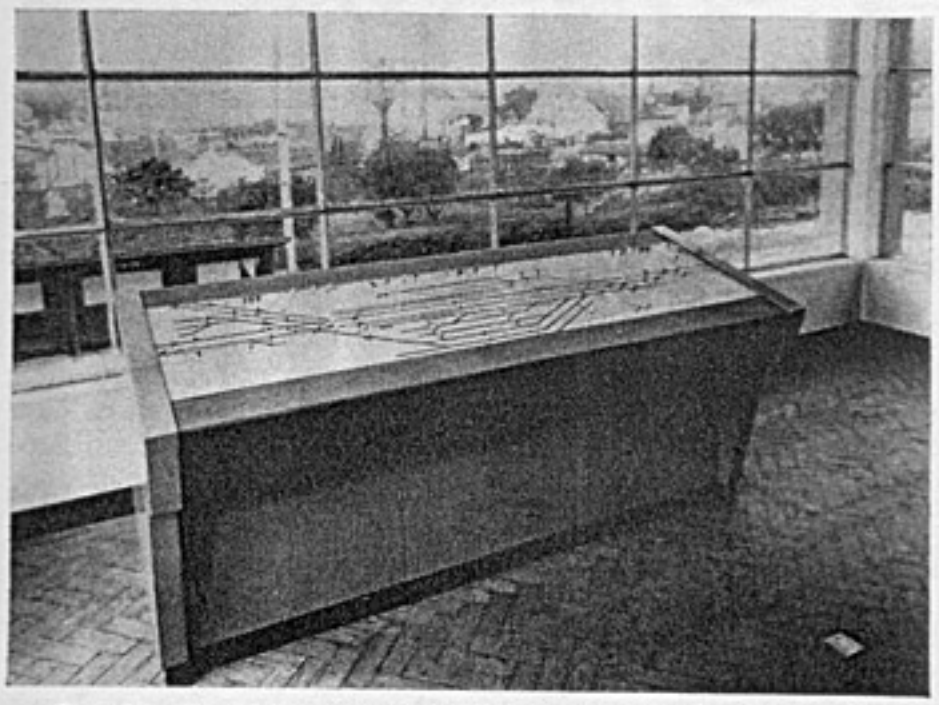


Fig. 63: Pupitre de commande et contrôle de la gare de Braço de Prata

porte des fentes lumineuses indiquant en permanence la position des aiguilles et des circuits de voie (voyants jaunes). Les circuits de voie occupés sont contrôlés par voyants rouges. En ce qui concerne le contrôle des signaux, un voyant vert correspond à l'indication vert ou jaune du signal, un voyant rouge correspond à l'indication rouge du signal.

La manœuvre des aiguilles et des itinéraires est faite par boutons-poussoirs. La formation d'un itinéraire exige l'emploi de 2 boutons seulement: Le bouton du signal, et le bouton de sortie correspondant à la voie de destination; toutes les commandes intermédiaires seront réalisées automatiquement.

Le contrôle des aiguilles dans la bonne position et des circuits de voie libres, permet l'ouverture du signal de protection correspondant. Tout itinéraire trafic ou manœuvre sera libéré automatiquement par l'entrée et la sortie correspondantes. Pour cette raison, les opérations manuelles de commande ne sont pas nécessaires pour la libération ou la remise en position normale des différents appareils de l'itinéraire.

Par suite du contrôle des circuits de voie sur le pupitre de commande, le contrôle du trafic est assuré même dans le cas de conditions atmosphériques défavorables (nuit — brouillard).

Afin de pallier toute perturbation ou pour réaliser des opérations particulières, des boutons spéciaux sont disposés sur le pupitre en dehors du tracé géographique. Certains boutons sont munis de compteurs.

La fig. 63 représente le pupitre de commande de la station de Braço de Prata.

Le groupement des relais, c'est-à-dire le cœur même du poste, transmet les ordres émanant du pupitre aux installations extérieures. Ce groupement consiste en un assemblage de châssis divers sur lesquels les relais et groupes de relais sont connectés en vue des différentes fonctions à assumer. Les relais et groupes de relais sont tous munis de socles à fiches permettant leur remplacement facile en cas de perturbations ou en vue d'entretien périodique. Tous ces appareils sont conçus de façon à interdire toute erreur de remplacement lors de leur échange.

La fig. 64 représente la salle des relais avec les châssis du poste de Lisbonne, Sta. Apolónia.

Le groupement des relais réalise automatiquement les opérations suivantes dès la réception d'une commande du pupitre:

contrôle de non-formation des itinéraires trafic ou manœuvres incompatibles avec celui en cours,

contrôle des conditions de déverrouillage des aiguilles parcourues ou à commander en protection,

contrôle de position des aiguilles,

enclenchement des itinéraires,

commande du signal de départ.

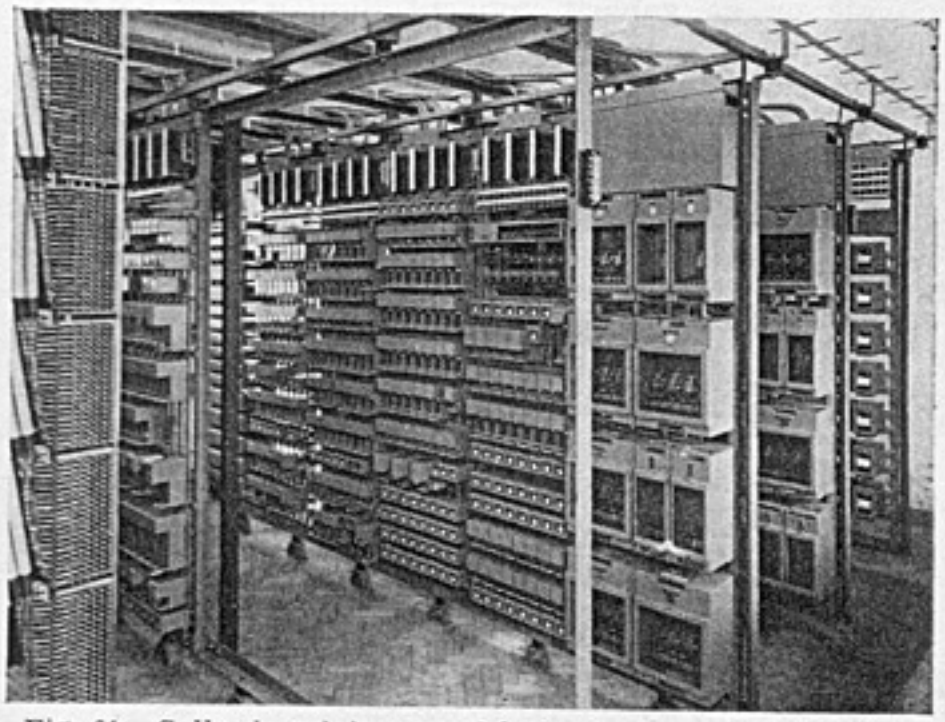


Fig. 64: Salle de relais avec châssis, du poste de Lisbonne, Sta. Apolónia

Au point de vue installations extérieures les commandes d'aiguille (fig. 65) sont alimentées sous 220 V, 50 Hz et les contrôles sous 60 V continu. En cas de dérangement, chaque mécanisme est muni d'un levier individuel de commande manuelle, dont l'utilisation met automatiquement hors service le circuit électrique de commande. Cette installation auxiliaire est exigée pour pallier les incidents.

Fig. 65: Mécanisme électrique de commande d'aiguille

Les signaux de stations présentent les indications suivantes:

Signaux principaux

Vert	=	Entrée sur voie principale, le signal de sortie en aval étant à voie libre et la longueur du canton aval est plus grande que la distance de freinage.
Jaune (feu clignotant)	=	Entrée sur voie principale, le signal de sortie en aval étant à voie libre, mais la longueur du canton aval est plus courte que la distance de freinage.
Jaune (feu fixe)	=	Entrée sur voie principale ou secondaire, avec le prochain signal de sortie en position arrêt.
Rouge	=	Arrêt absolu.

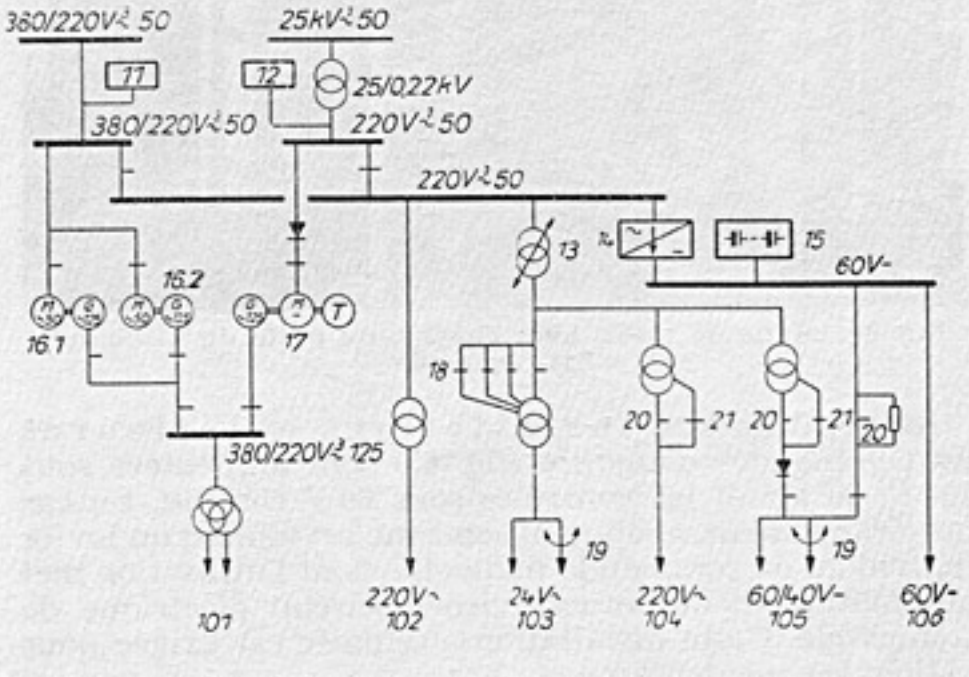
Signaux d'avertissement

Vert clignotant	=	Annonce du signal principal suivant à voie libre
Rouge clignotant	=	Annonce du signal principal suivant à l'arrêt

Signaux de manœuvre

Blanc	=	Voie libre
Violet	=	Arrêt

Les signaux principaux ou de manœuvre sont généralement montés sur mât; seules des raisons de profil de voie ou de gabarit peuvent limiter leur hauteur. Les lampes de signaux sont alimentées en courant continu sous 60 V de jour et sous 40 V de nuit par batteries d'accumulateurs installées dans les postes d'enclenchement. Par suite de l'utilisation de lentilles de bonne qualité (ϕ 112 mm), la puissance des lampes de signaux est de 15 W seulement. Les lampes des indications »Rouge« comportent 2 filaments. En cas de défaillance du filament principal, l'allumage est commuté automatiquement sur le filament auxiliaire.



11, 12	Jeu de relais pour contrôle de tension du réseau
13	Régulateur automatique de tension
14	Redresseur de charge de batterie
15	Batterie d'accumulateurs
16.1	Convertisseur rotatif de fréquence 50/125 Hz (normal)
16.2	id. (réserve)
17	Convertisseur continu-alternatif 125 Hz
18	Commutateur à prises pour l'éclairage des lampes de signaux
19	Thermo-clignoteur
20	Appareil de couplage sur la tension «Jour»
21	id. «Nuit»
101	Alimentation 125 Hz des circuits de voie
102	Alimentation des commandes d'aiguille
103	Alimentation des lampes de contrôle du pupitre
104	Alimentation des indicateurs de direction
105	Alimentation des signaux
106	Alimentation des relais du poste
T	Dynamo tachymétrique combinée avec un régulateur à pile de carbone, assurant le réglage de la vitesse

Fig. 66: Schéma de principe d'alimentation des postes électriques d'aiguillage:

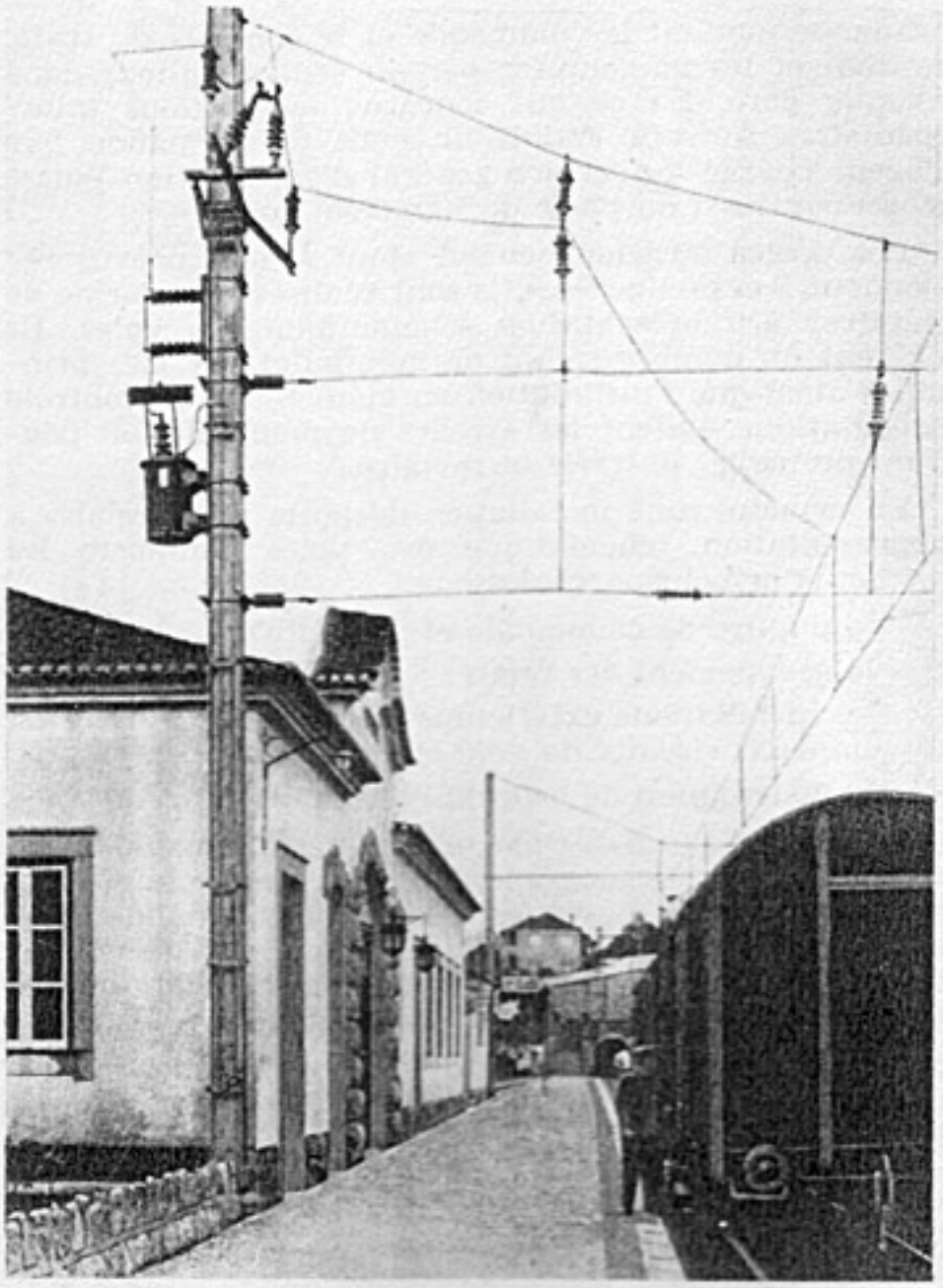


Fig. 67: Transformateur sur pylône, abaissant la tension de la caténaire, pour alimentation d'un poste d'aiguillage (poste de Sintra)

Les circuits de voie jouent un rôle prépondérant dans les installations extérieures. Le type utilisé dans les gares est à courant alternatif 125 Hz, sauf en gare d'Entroncamento.

Les relais de voie utilisés sont à moteur biphasé. Les deux bobinages sont à phases décalées sur un réseau triphasé à 125 Hz où le premier bobinage est connecté directement (élément local) et où le second bobinage (élément ligne) est connecté à une extrémité de la voie, alors que l'autre extrémité est reliée au réseau. Lors de la libération du circuit de voie, il y a mouvement du rotor du relais et fermeture des contacts de travail du relais. En cas de court-circuit de la voie par occupation, ou de rupture de la ligne d'alimentation ou de défaillance d'alimentation, le rotor du relais reviendra à sa position initiale, et les contacts de repos du relais seront établis. La grande sécurité de ces relais à moteur réside dans le fait que le couple du rotor n'est établi que lorsqu'il y a déphasage normal (environ 90 °) entre la phase de l'élément de ligne et la phase de l'élément local. Des courants parasites n'ayant pas ce déphasage ou cette fréquence sont sans action sur le fonctionnement du relais. Du fait même du principe du relais à moteur, il résultate que les joints brûlés lors du trafic ne peuvent donner lieu à de fausses indications des signaux.

Afin d'éviter des perturbations dans le trafic, une alimentation sûre des installations des postes est d'une importance primordiale; à cet effet, il y a lieu d'assurer le secours des alimentations pour pallier les défaillances éventuelles du réseau.

La distribution d'alimentation des installations de postes a lieu à partir d'un réseau local 380/220 V, 50 Hz (fig. 66) et est secourue par la caténaire. Afin de réduire la tension caténaire 25 kV, 50 Hz à la tension du réseau local, un transformateur intermédiaire de 10 kVA, monté sur pylône est installé à chaque station (fig. 67).

Comme l'indique la fig. 66, les divers circuits sont alimentés de la façon suivante:

101 Les circuits de voie en 125 Hz par convertisseur de fréquence (16.1) avec groupe de réserve

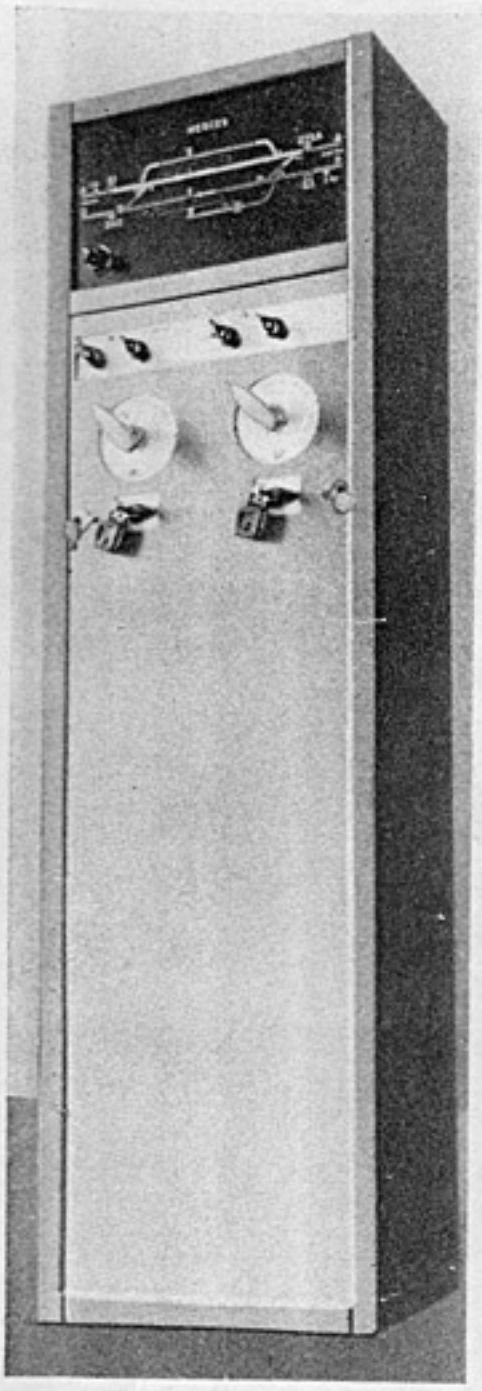


Fig. 68: Serrure centrale électromécanique, type Bouré avec tableau de contrôle géographique des voies, utilisé dans les petites stations

(16.2) ou — en cas d'une défaillance du réseau local — par convertisseur continu/alternatif 125 Hz (17) à partir du courant caténaire,

102 les commandes d'aiguille en 220 V alternatif,

103 les lampes de contrôle au pupitre en 24 V continu,

104 les indicateurs de direction des signaux d'entrée en 220 V alternatif,

105 les signaux en 60 V et 40 V continu,

106 les relais en 60 V continu par la batterie d'accumulateurs couplée en tampon.

L'alimentation des circuits 103—105 est tributaire d'un régulateur automatique de tension rendant ceux-ci insensibles aux variations de tension, notamment de la caténaire.

En cas de défaillance du réseau local, les signaux sont branchés sur la batterie d'accumulateurs du poste.

Equipement des petites stations avec serrures électromécaniques à enclenchement «Bouré»

Le verrouillage des aiguilles a été installé dans 18 petites stations au moyen de serrures individuelles d'aiguille type «Bouré» et d'une serrure centrale de verrouillage électromécanique installées dans le bureau du chef de gare.

Chaque serrure centrale comporte:

Les commutateurs de commande des signaux d'entrée,

les verrous d'enclenchement d'approche des signaux,

les contacts de libération des transmetteurs électriques de clés Bouré installés près des aiguilles,

les verrous de contrôle de remise en position normale des aiguilles et des transmetteurs,

les commutateurs autorisant le franchissement des signaux d'entrée fermés.

La fig. 68 représente une serrure centrale surmontée du tableau de contrôle géographique comportant les voyants de contrôle des signaux d'entrée et des circuits de voie.

Le block automatique se continue sans interruption à travers les stations; ainsi le passage des trains sur les voies principales peut se faire sans l'intervention des agents de la gare.

Les installations de signalisation permettent donc d'éviter la présence des agents la nuit. Dans ce but, une sonnerie installée au logis du chef de gare signale la fermeture des signaux quand elle n'est pas provoquée par le passage normal des trains.

Fig. 69: Signal routier de protection pour passage à niveau

Passages à niveau

Les lignes venant d'être électrifiées se trouvent en majeure partie dans une zone très peuplée. Les fréquents croisements de routes, en particulier dans la banlieue de Lisbonne donnent lieu à un grand nombre de passages à niveau.

Il s'agit au total de 84 passages à niveau gardés munis de barrières et de 8 passages à niveau non gardés, dont la sécurité a été améliorée lors des nouvelles installations de signalisation.

Dans les passages à niveau gardés, les barrières existantes ont été conservées et sont manœuvrées par les garde-barrières. On a ajouté une signalisation routière comprenant de chaque côté de la voie deux feux rouges clignotants (fig. 69) et une sonnerie puissante, fonctionnant automatiquement dès le début de l'annonce de l'arrivée du train. Les annonces faites par voyants lumineux et sonneries groupés sur un petit tableau d'annonce, sont données 2 minutes environ avant le passage du train le plus rapide pour laisser aux gardes le temps de fermer les barrières.

On a cherché dans la mesure du possible à provoquer les annonces uniquement par les circuits de voie du block automatique. Cependant si l'origine ou la fin d'annonce ne coincide pas avec un joint isolant de circuit de voie, on a remplacé ce dernier par une pédale électromécanique.

Les 8 passages à niveau non gardés sont équipés de façon identique aux passages à niveau gardés à l'exception du tableau d'annonce par voyants et sonnerie qui est supprimé. Le temps d'annonce de ces passages à niveau a été ramené à 1 minute environ.

Embranchements particuliers

17 embranchements d'usines sont répartis tout le long de la ligne. Ils sont été munis d'enclenchements per serrure «Bouré» immobilisant l'aiguille et le sabot de déraillement placé sur l'embranchement.

Le retrait des clés Bouré d'une serrure à contact ferme à l'arrêt absolu, le signal de block automatique protégeant l'embranchement (allumage du feu rouge et extinction de l'œilleton de repère blanc lunaire).

En outre, cette manœuvre annule temporairement les annonces aux passages à niveau situés en aval de cet embranchement.

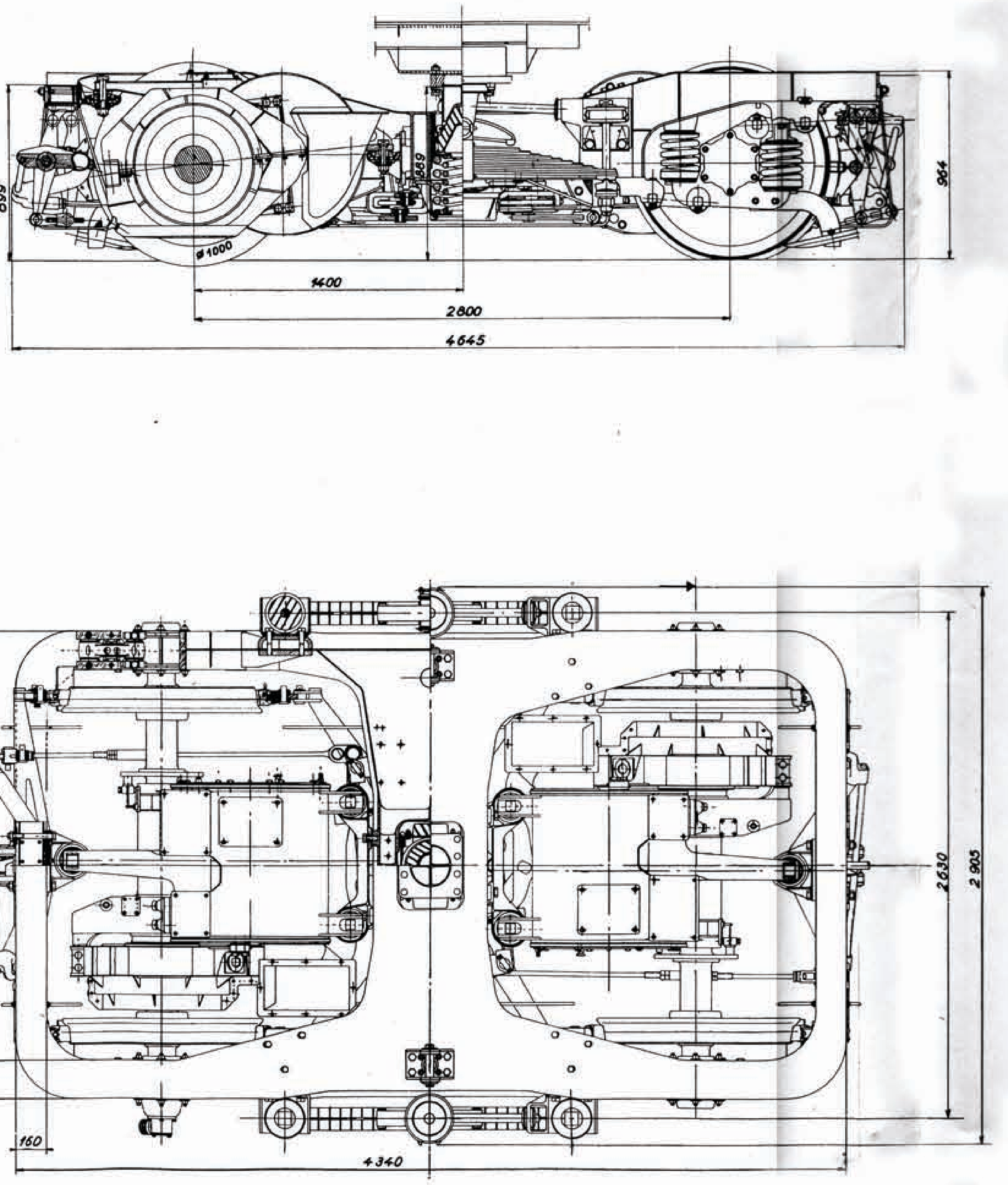


Fig. 19: Vue, dessin en plan et coupes du bogie moteur de la rame automotrice triple

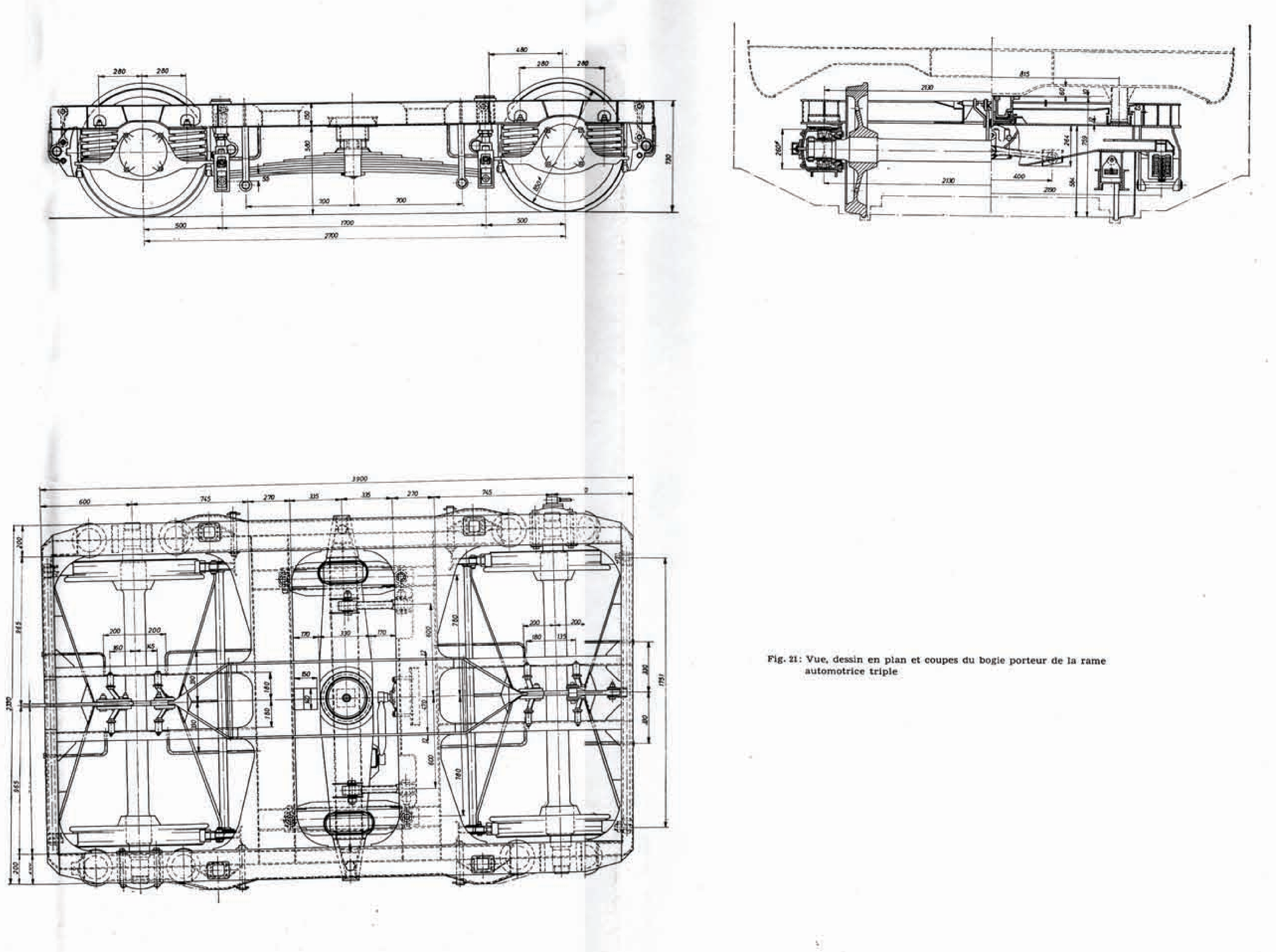
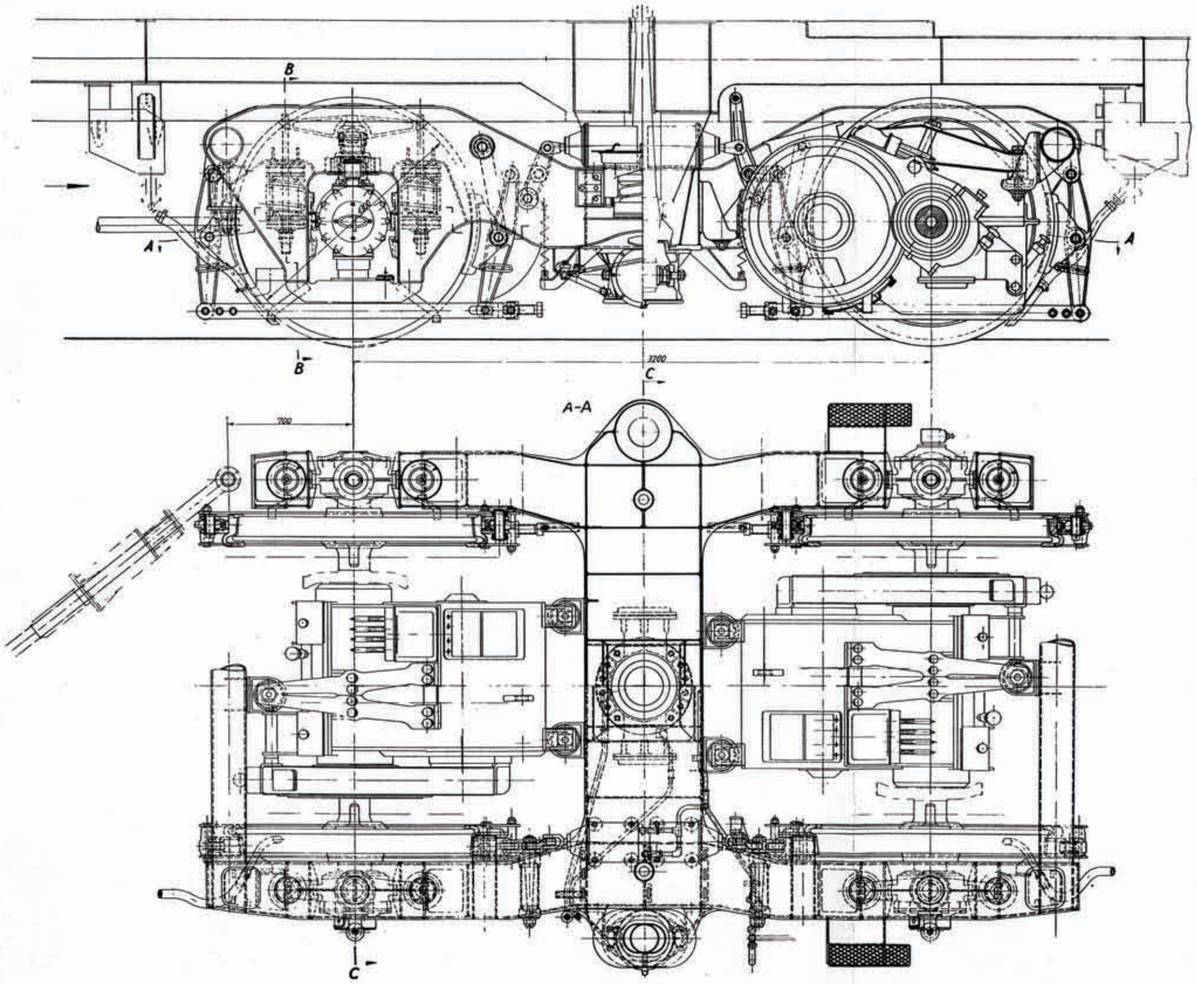


Fig. 21: Vue, dessin en plan et coupes du bogie porteur de la rame automotrice triple



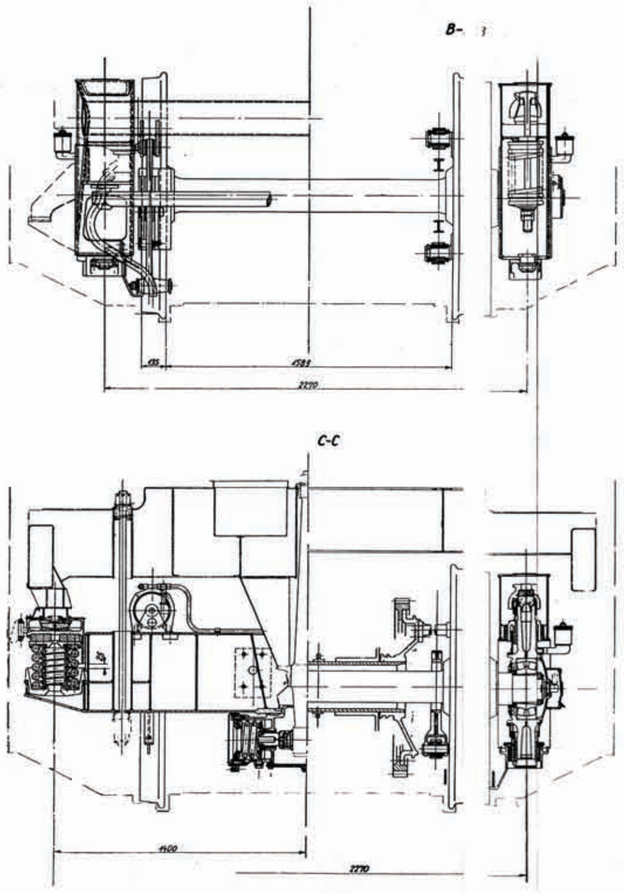


Fig. 37: Vue, dessin en plan et coupes du bogie de la locomotive

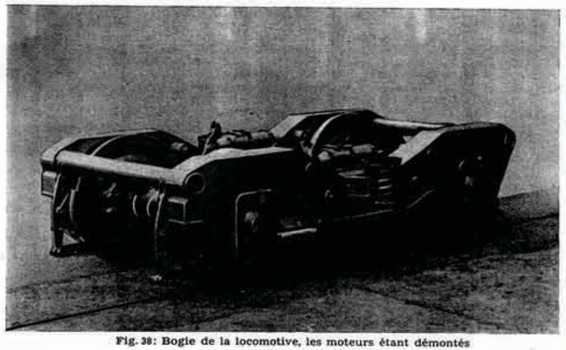
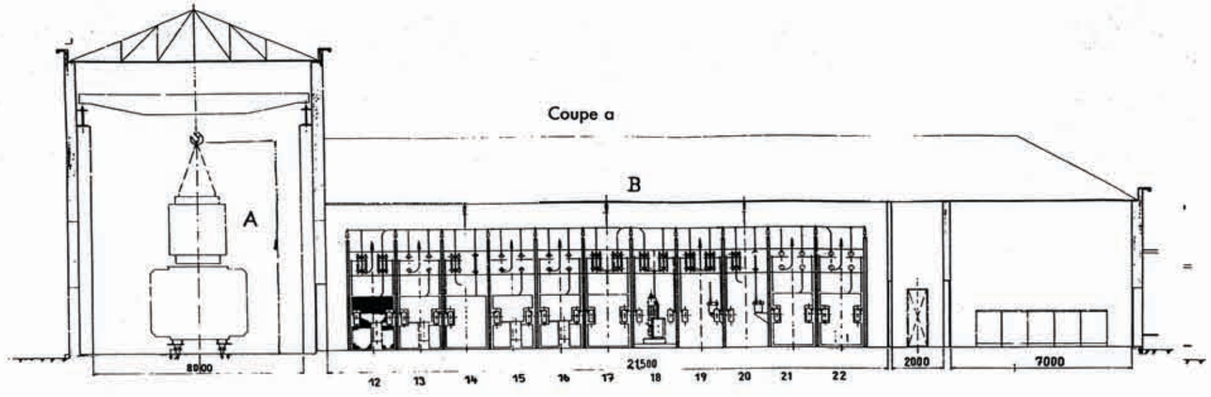
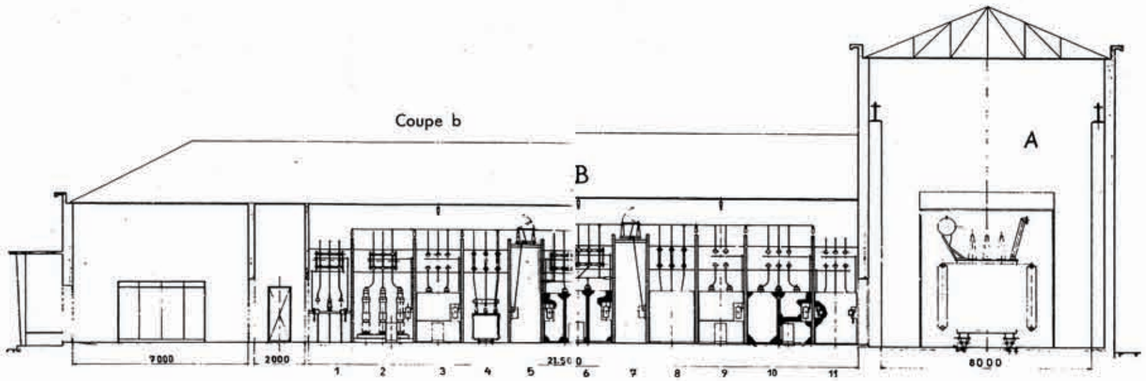
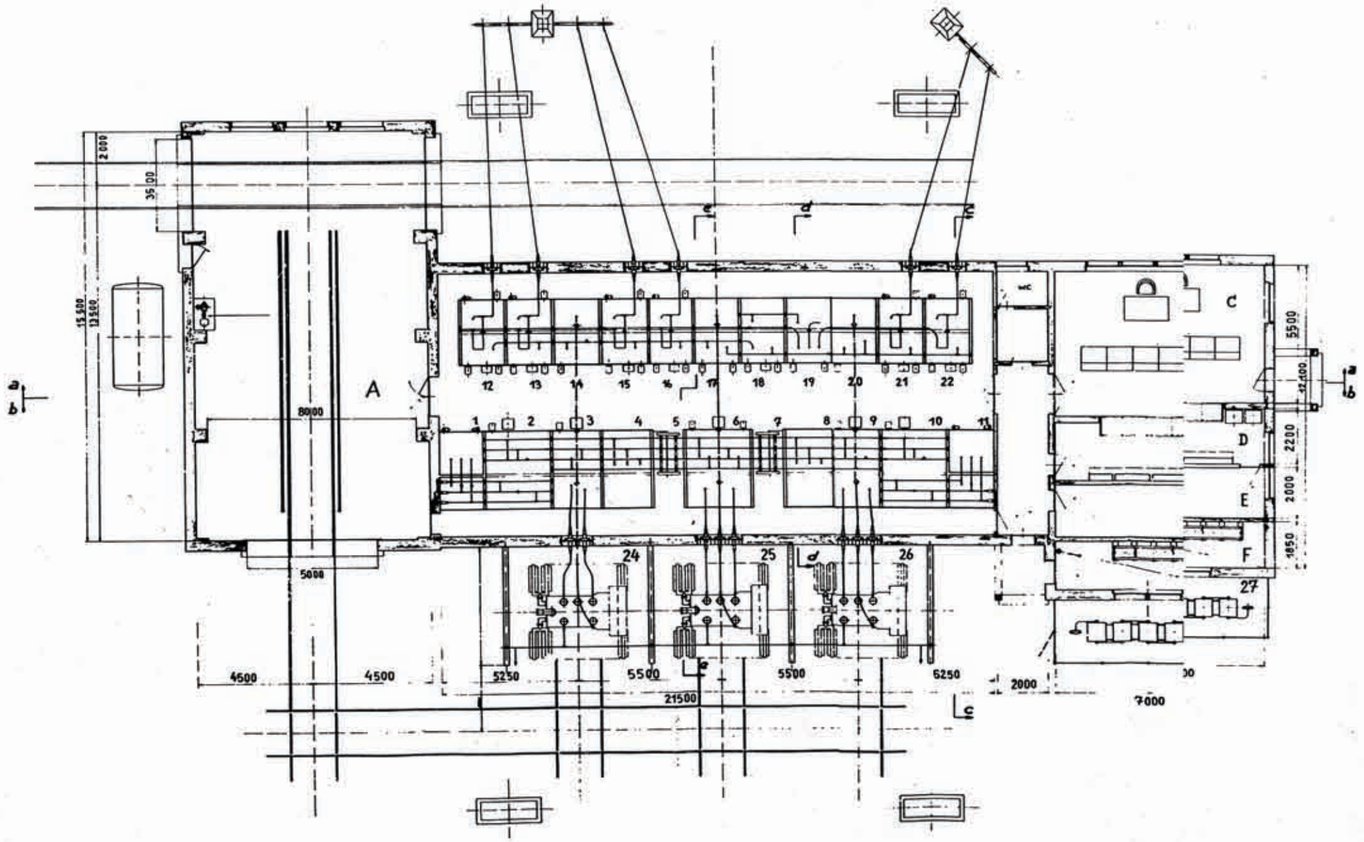
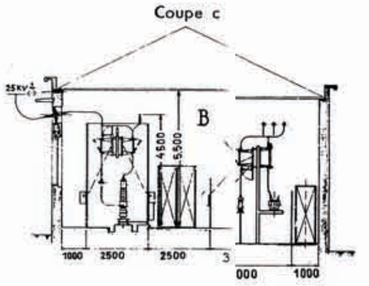


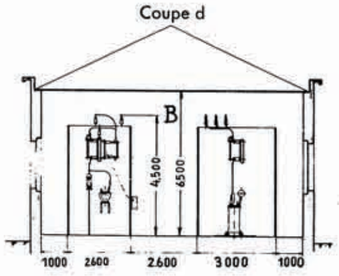
Fig. 38: Bogie de la locomotive, les moteurs étant démontés

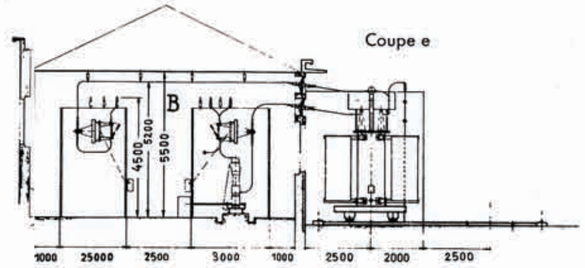












A Halle de décuvage

B Bâtiment de l'installation 30/25 kV

C Salle de commande en local et de télécommande

D Distribution B. T. pour courant de commande et services auxiliaires

E Appareillage de télécommande

F Salle de la batterie

Cellules 30 kV pour:

1, 2 Arrivée 1

3 Transformateur hauteur» H

4 Transformateur auxiliaire 1 «de

5 Couplage des ba

6 Transformateur réserve R

7 Couplage des barres 1

8 Transformateur de auxiliaire 2

9 Transformateur rres 2 base» B

10, 11 Arrivée 2

«de

Fig. 39: Sous-station de Santa Iria, disposition d'ensemble

Cellules 25 kV pour:

12, 13 Départs de ligne «Campolide», voies 1 C et 2 C

14 Transformateur «de hauteur» H

15, 16 Départs de ligne «Lisbonne», voies 2 et 1

17 Transformateur de réserve R

18, 19 Essais de ligne

20 Transformateur «de base» B

21, 22 Départs de ligne «Entroncamento», voies 2 et 1

Cellules extérieures pour:

24 Transformateur «de hauteur» H

25 Transformateur de réserve R

26 Transformateur «de base» B

27 Résistances pour les essais de ligne

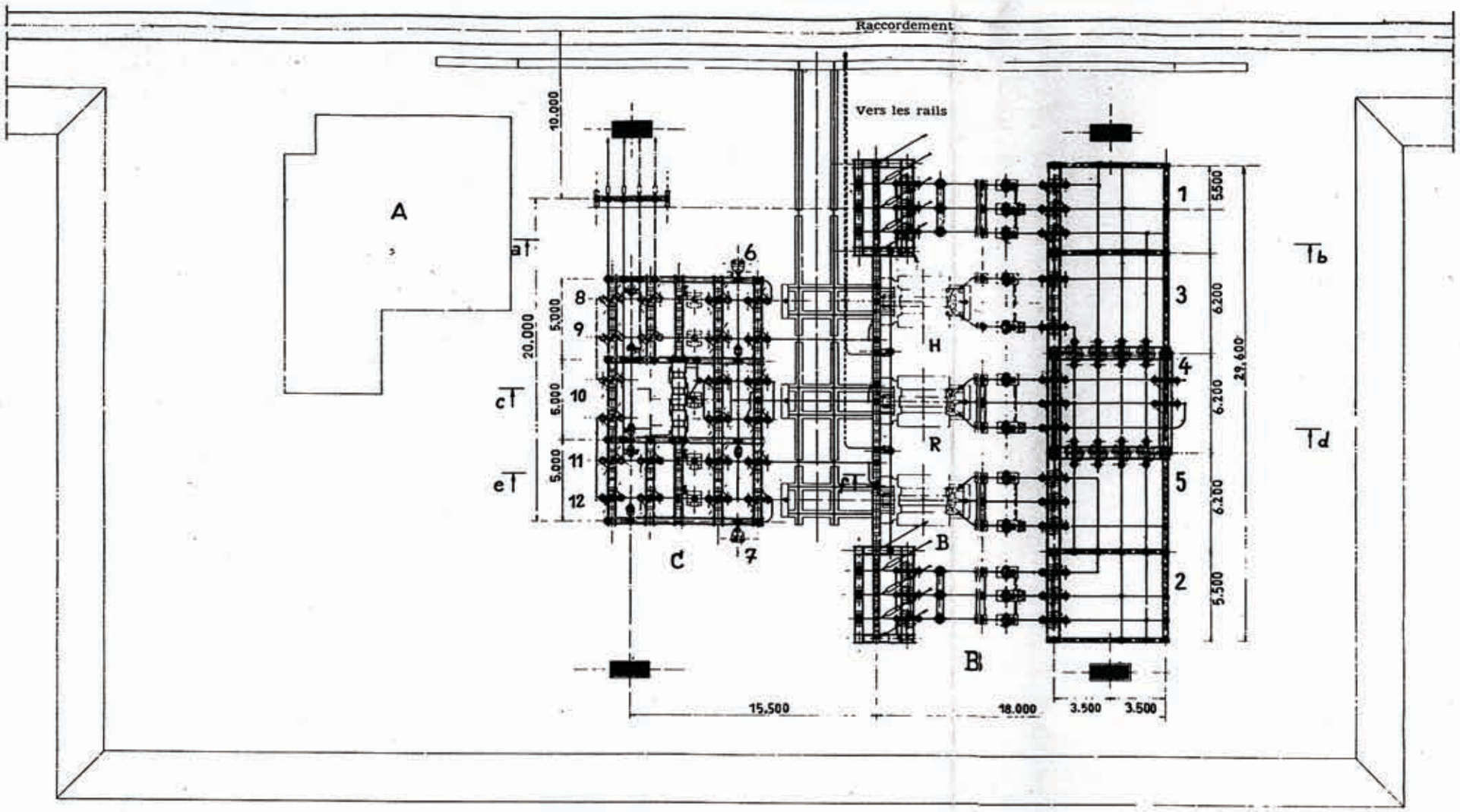


Fig. 44: Sous-station d'Entroncamento, disposition d'ensemble

A Bâtiment de commande

B Installation extérieure à 60 kV, comprenant

1 Ligne d'arrivée 1

2 Ligne d'arrivée 2

3 Départ pour transformateur H «de hauteur» (installation ultérieure)

4 Départ pour transformateur R de réserve

5 Départ pour transformateur B «de base»

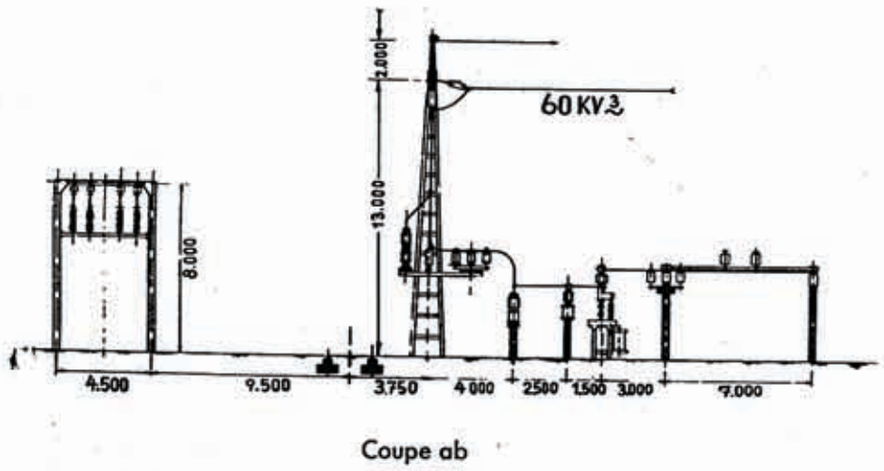
C Installation extérieure à 25 kV comprenant

6, 7 Départs pour les transformateurs auxiliaires

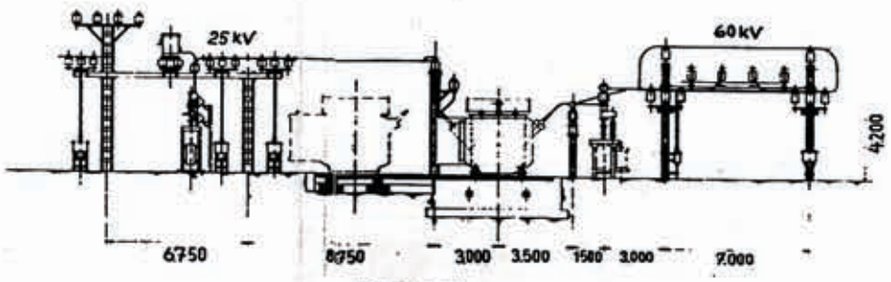
8, 9 Départs de lignes (installation ultérieure)

10 Départ d'essai de lignes

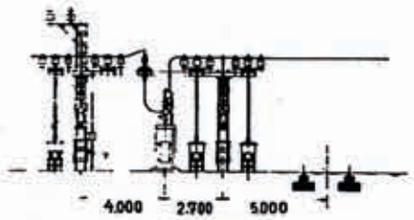
11, 12 Départs de ligne «Lisbonne» voies 2 et 1



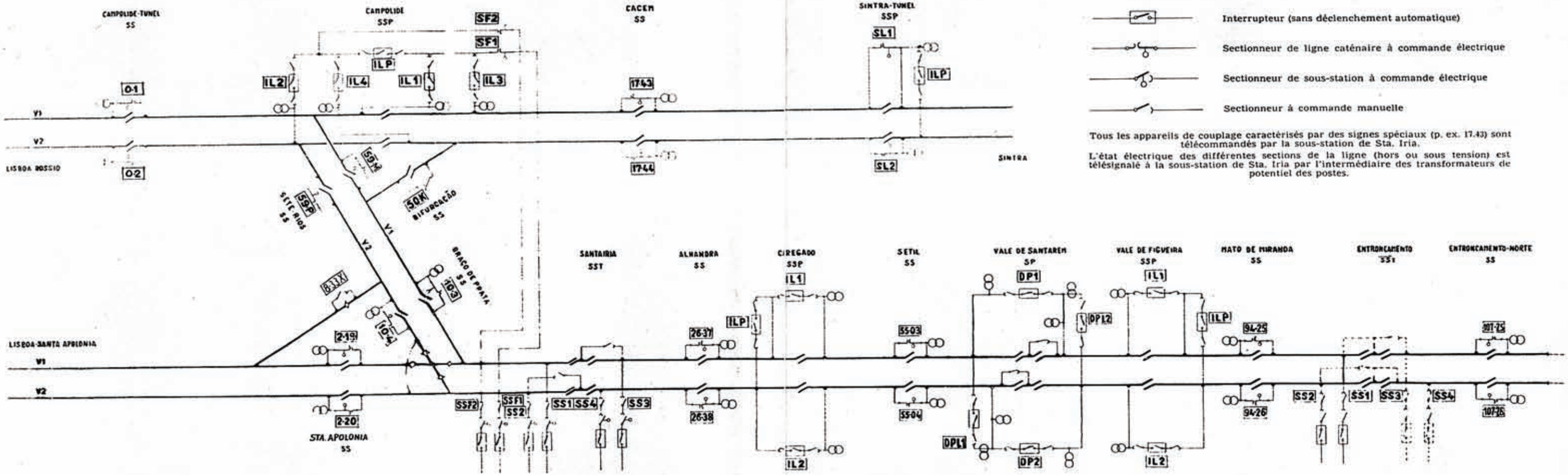
Coupe ab



Coupe cd



Coupe ef



SST	Sous-station
SP	Poste de sectionnement et de mise en parallèle
SSP	Poste de sous-sectionnement et de mise en parallèle
SS	Poste de sous-sectionnement avec interrupteur à cornes sur poteau

Sectionnement de ligne

Section de séparation des phases

Disjoncteur (à déclenchement automatique)

Interrupteur (sans déclenchement automatique)

Sectionneur de ligne caténaire à commande électrique

Sectionneur de sous-station à commande électrique

Sectionneur à commande manuelle

Tous les appareils de couplage caractérisés par des signes spéciaux (p. ex. 17.43) sont télécommandés par la sous-station de Sta. Iria.

L'état électrique des différentes sections de la ligne (hors ou sous tension) est télésignalé à la sous-station de Sta. Iria par l'intermédiaire des transformateurs de potentiel des postes.

Fig. 49: Schéma d principe des lignes caténaires