

LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES DE BUTTE

par M. PETITMENGIN

Ingénieur Principal

à la Division des Études de la Traction électrique de la Région du Sud-Ouest de la S.N.C.F.

Les locomotives affectées au service des manœuvres ou des buttes ayant à développer des efforts de traction élevés, on est conduit, en exploitation vapeur, à affecter à ce service des machines présentant un nombre élevé d'essieux accouplés, généralement 4 ou 5. Faute d'engins spécialement conçus pour ce service, ce sont des machines puissantes, à grande surface de foyer et à cylindres de gros diamètre, qui sont couramment utilisées. Ces machines étant soumises à des efforts essentiellement intermittents, leur rendement est très bas et leur consommation spécifique très élevée. Il est à noter d'autre part que les sujétions spéciales aux locomotives à vapeur (chargement en eau et en charbon, nettoyage du feu, lavage, etc...) et leur exploitation en banalité conduisent, dans ce cas particulier, à des immobilisations journalières gênantes et entraînent des frais d'entretien élevés.

Pour toutes ces raisons, il était tout indiqué d'envisager, dès l'origine de l'électrification de Paris-Vierzon, l'exploitation électrique des triages et des voies de manœuvre de cette ligne.

C'est ainsi que la région du Sud-Ouest (ancien Réseau P.-O.) fut amenée à utiliser à ce service les locomotives BB dont elle disposait, bien que celles-ci aient été prévues pour la remorque des trains de marchandises et pour celle des trains de voyageurs à vitesse nominale inférieure à 75 km/h.

Mais, si les machines de ce type peuvent, sans aucune difficulté, être employées au service des manœuvres, du fait de leur puissance élevée,

il n'en est pas de même pour le service des buttes. Lors de la manœuvre de débranchement, il est en effet nécessaire de pouvoir refouler les trains très lourds à des vitesses variant de 2 à 5 km/h et même en utilisant les rapports d'engrenages minima compatibles avec la construction des machines, la vitesse de fonctionnement au couplage série de moteurs est en général encore trop élevée. On est ainsi conduit à utiliser en service prolongé, les crans de démarrage sur résistances, pour obtenir les vitesses désirées. Ceci a comme conséquence une perte d'énergie dans ces résistances, qui peut atteindre 50% à 65% de l'énergie totale consommée. De plus, les températures élevées auxquelles sont portées ces résistances, d'ailleurs non prévues pour ce service, entraînent la détérioration plus ou moins rapide des parties du câblage placées dans leur voisinage, ainsi que celle de la peinture des caisses.

La diversité des profils des buttes complique encore la question, en ce sens qu'un rapport d'engrenages convient approximativement pour une butte déterminée, c'est-à-dire permet d'y utiliser une machine dans les meilleures conditions de rendement et de conservation, mais ne convient pas pour une autre butte.

En fait, en choisissant parmi les quatre séries de locomotives BB qui constituaient le parc du P.-O., celles qui se révélaient le mieux adaptées à ce service, et en utilisant pour les buttes les plus dures, deux machines dont les moteurs étaient connectés en série, on était arrivé à assurer le service dans des conditions très satisfaisantes,

tout en réalisant, sur les frais d'exploitation à la vapeur, des économies importantes.

Cette solution ne pouvait cependant être considérée que comme une solution d'attente et, lorsque le développement de l'électrification de la Région du Sud-Ouest conduisit à utiliser aux services de route toutes les locomotives BB dont elle disposait, il fut décidé de faire réaliser deux machines « prototypes » spécialement adaptées au service des buttes.

Après examen des tracés et des profils des buttes de triage des sections en cours d'électrification ou susceptibles d'être électrifiées, il a été établi que les efforts maxima soutenus que devraient pouvoir développer à la jante de leurs roues motrices les locomotives en question n'excèderaient dans aucun cas 20 t, tout en se réservant d'ailleurs une marge importante dans le tonnage des trains triés par rapport aux tonnages maxima de 1 400 t couramment pratiqués.

En tablant sur un coefficient d'adhérence moyen de 18 à 20 %, le poids adhérent de ces machines doit donc être de l'ordre de 100 tonnes. Eu égard d'autre part à ce que les voies de triage sont normalement équipées avec des rails moins lourds que ceux des voies principales et sont généralement entretenues d'une façon moins rigoureuse, on a estimé prudent de ne pas dépasser la charge de 18 t par essieu pour ces locomotives, ce qui a fixé le choix sur des machines à 6 essieux-moteurs. Ces locomotives pouvant par ailleurs facilement être réalisées à adhérence totale, c'est le type CC à 2 bogies à 3 essieux qu'il a semblé finalement indiqué de retenir.

Il est à remarquer que ces machines, dont la vitesse en charge doit pouvoir varier de 2 km/h (refoulement) à 12 km/h (montée en butte) suivant les conditions actuelles d'exploitation, n'ont à développer que des puissances très réduites. Des essais entrepris sur les machines BB affectées au service des buttes et des calculs effectués, il ressort en effet que dans aucun cas cette puissance n'excède 350 kW. Aussi, eu égard à cette faible puissance, et dans le but d'arriver à des prix de machines aussi réduits que possible, a-t-on prévu l'équipement des bogies avec deux moteurs seulement. Cette solution conduit à une disposition mécanique plus rationnelle des bogies, mais impose l'accouplement par bielles des essieux d'un même

bogie, ce qui n'est nullement un inconvénient, car cet accouplement permet de réaliser la meilleure utilisation de l'adhérence.

A noter enfin que les machines de butte devant marcher à vitesse sensiblement constante, tout en développant des efforts variant progressivement de la pleine charge à la marche à vide (refoulement), il est indispensable de pouvoir régler le courant absorbé par les moteurs dans de grandes limites. Le réglage par résistances qui conduirait à des pertes d'énergie très importantes, comme c'était le cas avec les machines BB, étant à proscrire, on a imposé l'emploi d'un groupe convertisseur (métadyne ou groupe moteur-générateur) pour l'alimentation des moteurs, afin de pouvoir obtenir les conditions de réglage désirées en agissant uniquement sur les enroulements inducteurs de ce groupe, qui ne mettent en jeu que des courants de faible intensité.

Les conditions particulières finalement imposées aux constructeurs consultés pour la fourniture de ces machines, et qui résultent des considérations précédentes, sont rappelées ci-après :

— Locomotives à adhérence totale comportant une caisse unique avec cabine de manœuvre centrale, reposant sur 2 bogies à 3 essieux accouplés par bielles.

— Poids total en ordre de marche : 90 t, susceptible d'être porté à 108 t par addition de lest.

— Moteurs à suspension par le nez, à self ventilation de préférence — 2 moteurs par bogie, d'une puissance unitaire continue de 75 kW environ à 12 km/h, susceptibles de développer un effort maximum au démarrage de 20 t à la jante des roues motrices et capables de faire patiner ces roues, la machine étant lestée à 108 t et le coefficient d'adhérence étant supposé égal à 30 %.

— Vitesse de la machine à vide : 25 km/h.

Toutes vitesses intermédiaires entre 0 et 25 km/h étant susceptibles d'être obtenues, sans utilisation de résistances de démarrage.

— Vitesse maximum de la machine remorquée : 50 km/h.

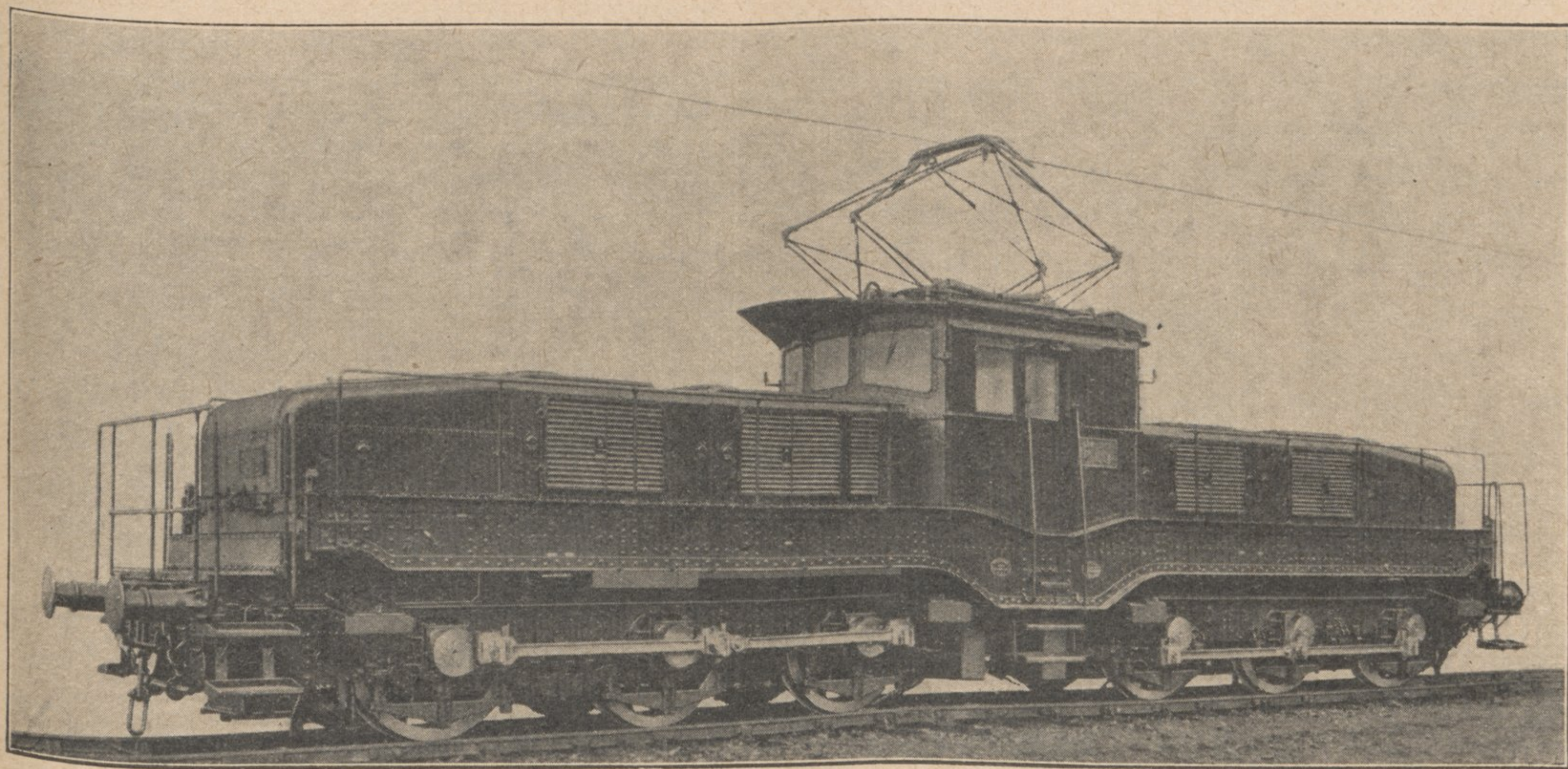
Parmi les offres reçues, qui différaient surtout par la consistance de l'équipement électrique, c'est celle du groupement : Compagnie Générale de Construction de Locomotives, Société Oerlikon qui fut retenue, parce qu'elle était d'un prix moins élevé et comportait le groupe de rendement optimum.

Nous décrirons ci-après les machines réalisées par ces constructeurs et dont la figure 1 donne une vue d'ensemble.

La liaison transversale de ces deux longerons est assurée en outre :

— par deux entretoises chaudronnées situées de part et d'autre de l'essieu médian de chaque bogie et reliées dans le

Fig. 1. — Vue générale de la locomotive



1^o. - Caractéristiques Générales

— Longueur entre tampons	17 m 190
— Empattement rigide	4 m 100
— Empattement total	12 m 300
— Diamètre des roues	1 m 400
— Altitude de la toiture au-dessus du plan de roulement	3 m 770
— Poids total de la partie mécanique y compris les engrenages et l'équipement de frein Westinghouse (sans le compresseur) ..	68.800 kg
— Poids total de la partie électrique .	20.600 kg
— Poids total de la locomotive en ordre de marche y compris les agrès, l'outillage et le sable	90.400 kg

2^o. - Partie Mécanique

a) Châssis.

Le châssis de caisse est composé essentiellement de deux longerons principaux chaudronnés, en forme de I, reliés aux extrémités par deux traverses en U.

sens longitudinal de la machine par trois longrines : une au centre, portant le pivot; et deux latéralement, soutenant les équilibreurs de caisse;

— par une traverse chaudronnée disposée dans l'axe de la locomotive, sous la cabine;

— par deux traverses chaudronnées disposées vers les extrémités et formant berceau pour recevoir les bacs garnis de plomb constituant le lest.

L'ensemble est renforcé d'autre part par des longrines en profilés servant également de support pour les divers organes mécaniques ou électriques.

Des pitons d'amarrage fixés sur les traverses de tête permettent, en cas de déraillement, le relevage à l'aide d'une grue, de la machine complète, par l'une de ses extrémités, l'autre reposant sur le pivot de bogie correspondant.

Des trappes facilement accessibles et pourvues de verrous de fermeture sont ménagées dans le platelage en vue de la visite des collecteurs des moteurs de traction et des opérations périodiques de graissage.

b) Caisse.

La caisse, entièrement métallique, à l'exception du parquet de cabine, comporte au centre une cabine de conduite à deux postes de commande et, à chacune de ses extrémités, un capot renfermant l'appareillage électrique. La fig. 2 donne la vue d'un des dits postes de commande.

Un tablier de 500 mm de largeur, recouvert en tôle striée, est prévu autour des capots, de façon

à permettre aux agents de l'exploitation de surveiller commodément les manœuvres.

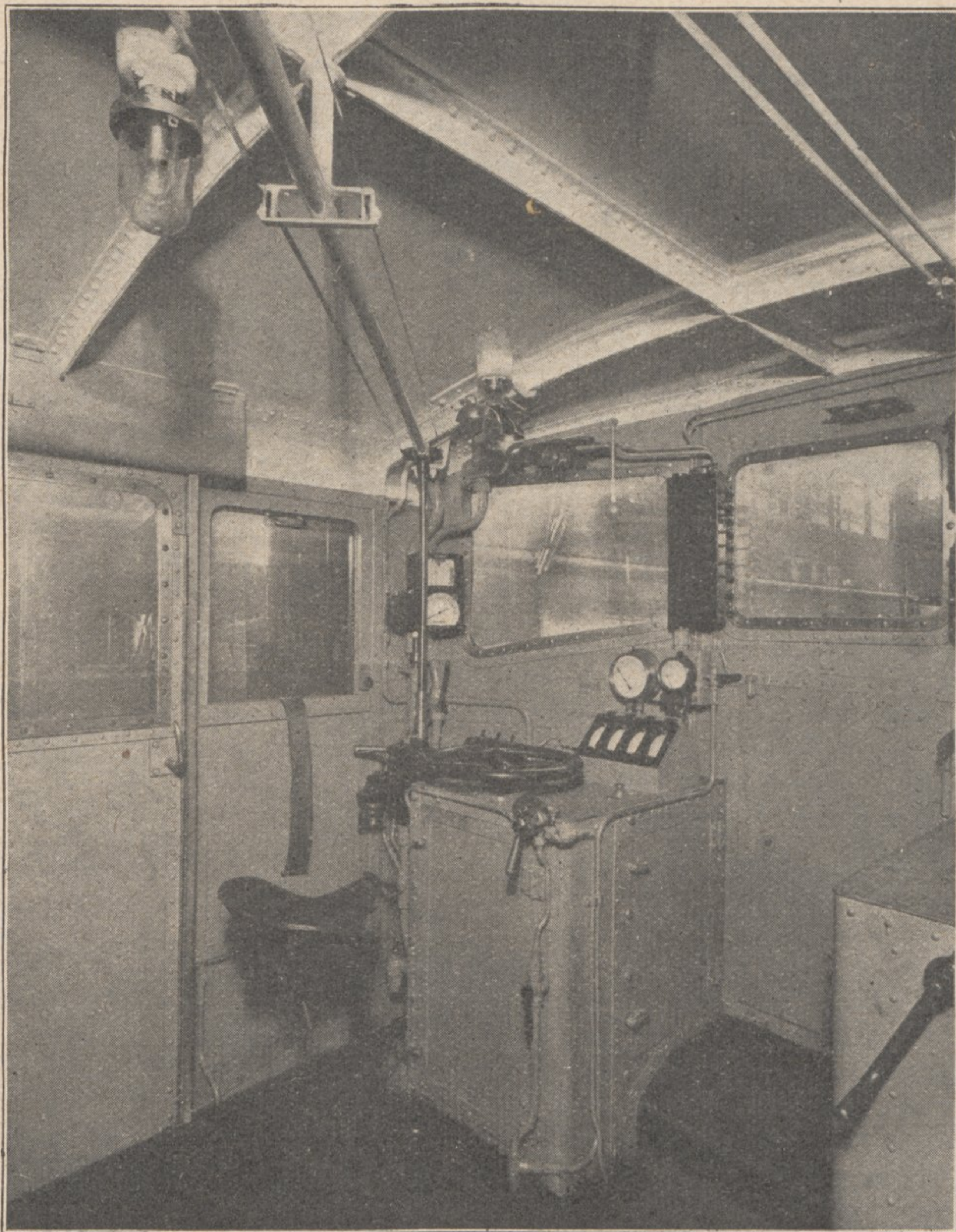
Les capots et tabliers eux-mêmes sont pourvus à cet effet de mains courantes et des marchepieds, comportant de larges palettes garnies de métal « Déployé », sont disposés aux extrémités du châssis pour permettre l'accès facile à ces tabliers.

L'ossature de la caisse est constituée par des profilés assemblés par équerres rivées. Les parois de cabine et de la toiture sont constituées par de la tôle d'acier de 2,5 mm; celles des capots par de la tôle de 2 mm.

longitudinales pour permettre la visite de cet appareil, auquel on peut accéder par une échelle repliante verrouillée du type en usage sur la Région du Sud-Ouest.

Les capots sont constitués par des éléments amovibles vissés sur des arceaux transversaux en fers à U et maintenus sur le platelage par des verrous. Ils comportent tous les dispositifs d'aération nécessaires pour l'appareillage et les groupes qu'ils recouvrent; ils sont amovibles, mais comportent également des portes par où peut s'effectuer le démontage, la visite et l'entretien courant des divers appareils. Ces portes sont munies des

Fig. 2. — Vue d'un poste de commande.



Les faces frontales de la cabine sont munies de châssis fixes vitrés, constitués par des encadrements moulés avec feuillure usinée et garnis de glace « Securit ». Ces baies comportent en outre des visières pare-soleil.

Les deux portes d'accès de la cabine sont coulissantes. Elles sont entièrement métalliques et ont été étudiées pour être étanches à l'air et à l'eau. Une baie est prévue dans la paroi contiguë, à gauche de chacune de ces portes. Ces baies sont pourvues de châssis en alliage d'aluminium coulissant verticalement et de largeur suffisante pour permettre aux agents des trains de s'accouder sur la traverse de ceinture.

Sur la toiture de la cabine, qui supporte le pantographe, sont prévues deux plateformes

dispositifs de verrouillage réciproque nécessaires pour assurer la sécurité du personnel.

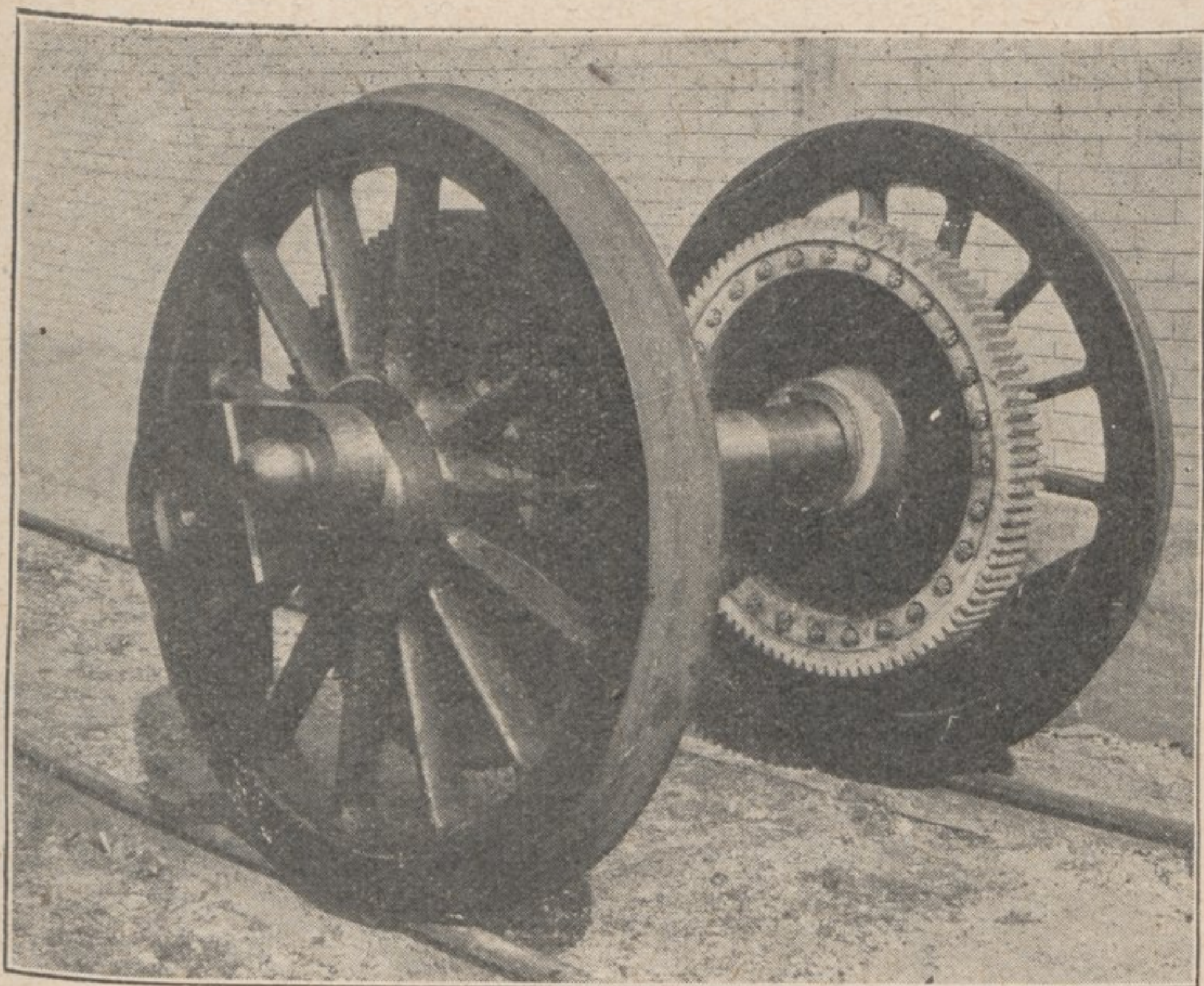
c) Bogies.

Les bogies sont montés chacun sur 3 essieux et sont reliés par un attelage axial rigide du type américain, comportant l'emploi de biellettes de traction et, pour le tamponnement, de deux rotules avec réglage longitudinal par coin.

Leurs 3 essieux sont accouplés entre eux bilatéralement par bielles et manivelles. Les essieux extrêmes, dont la figure 3 reproduit les dispo

sitions, sont seuls moteurs ; l'essieu médian, est muni de roues à boudins amincis, afin de faciliter l'inscription dans les courbes de faible rayon.

Fig. 3. — Essieu monté



Chacun des essieux-moteurs est actionné par l'intermédiaire de deux trains d'engrenages rigides comportant chacun une roue dentée à jante « monobloc » rapportée, assemblée par éclisses sur un centre en acier moulé faisant partie intégrante du centre de roue motrice. Les engrenages sont enfermés dans des carters en tôle d'acier de 4 mm, absolument étanches.

Le châssis de bogie est composé de deux longerons en tôle d'acier de 24 mm d'épaisseur, reliés, à l'avant, par des traverses en tôle et profilés portant les appareils de choc et de traction ; au centre, par deux traverses en acier moulé réunies elles-mêmes par une traverse longitudinale également en acier moulé supportant le pivot, et enfin, à l'arrière, par une traverse en acier moulé supportant le dispositif d'attelage entre bogies.

Les traverses entretoises supportent les nez des moteurs de traction par l'intermédiaires de blocs annulaires en caoutchouc, système Oerlikon, réalisés par « Paulstra » sur une machine, et par « Dunlop » sur l'autre.

Les appareils de choc et de traction sur les traverses *N* et *R* sont du type unifié de 70 t, mais avec tampons à ressorts-bagues type « Ringfeder ». Le crochet de traction est articulé sur un balancier s'appuyant sur deux ressorts à volute, par l'intermédiaire desquels l'effort de traction s'exerce sur les châssis de bogie.

Les boîtes d'essieu sont du type extérieur à friction et sont pourvues d'un graissage supérieur par godets et mèches combiné avec un graissage inférieur par tampon-graisseur, type de la Société des Consommateurs de Pétrole. Ces boîtes sont pourvues d'un dispositif de réglage par coins.

La capacité des dessous de boîtes est prévue de façon que l'on puisse faire fonctionner la machine sans addition d'huile pendant

une durée de 10 jours consécutifs correspondant à un parcours d'environ 1.000 km.

La suspension est réalisée par ressorts à lames suspendus à la partie inférieure des boîtes. Ces ressorts sont conjugués par balanciers équilibreurs longitudinaux sur les deux premiers essieux et ceux du 3^e essieu sont réunis par un balancier transversal, de façon à réaliser sur chaque bogie la suspension en trois points.

Les bogies supportent le châssis de caisse par l'intermédiaire d'un pivot fixe et d'un pivot mobile à surface hémisphérique à concavité tournée vers le bas et d'équilibreurs élastiques latéraux à menottes, facilitant, par l'absence de frottement, le gauchissement des bogies par rapport à la caisse sur les voies irrégulières.

L'un des deux pivots, du fait de la liaison rigide entre les bogies, coulisse longitudinalement.

d) Freins.

L'équipement de frein est un équipement Westinghouse agissant sur toutes les roues.

Cet équipement est combiné avec un frein à main à double commande, agissant également sur toutes les roues.

Le freinage est assuré à raison de deux sabots par roue et le réglage de la tension est réalisé automatiquement par des régulateurs de timonerie type S.A.B.

Les réservoirs principaux en tôle rivée ont une capacité totale de 1.000 l et sont munis de regards permettant leur visite facile à la lampe.

e) Accessoires.

Ces machines comportent enfin divers accessoires

— 1 sifflet à cloche, à double commande, du type en usage sur la Région ;

— deux groupes de sablières du type des chemins de fer fédéraux suisses en usage sur la Région et permettant de sabler les essieux extrêmes de chaque bogie dans chaque sens de marche et de chacun des deux postes de conduite installés dans la cabine ;

— 2 essuie-glaces automatiques anti-verglas, système Jourdain-Monneret, disposés sur les baies frontales ;

— 2 selles élastiques amovibles ;

Équipement Électrique

Avant de donner la consistance et la description sommaire de l'équipement électrique de ces machines, nous indiquerons brièvement le principe du dispositif de réglage de la vitesse et de l'effort de traction adopté sur celles-ci et qui en constitue la particularité essentielle.

Ainsi qu'il a déjà été dit précédemment, ces réglages sont obtenus dans les conditions désirées, c'est-à-dire avec les pertes d'énergie minima, en renonçant à l'alimentation directe des moteurs de traction par la caténaire, comme c'est le cas sur toutes les locomotives à courant continu de type normal, et en réalisant celle-ci par l'intermédiaire d'un groupe moteur-générateur dont les champs inducteurs sont réglables dans des limites étendues.

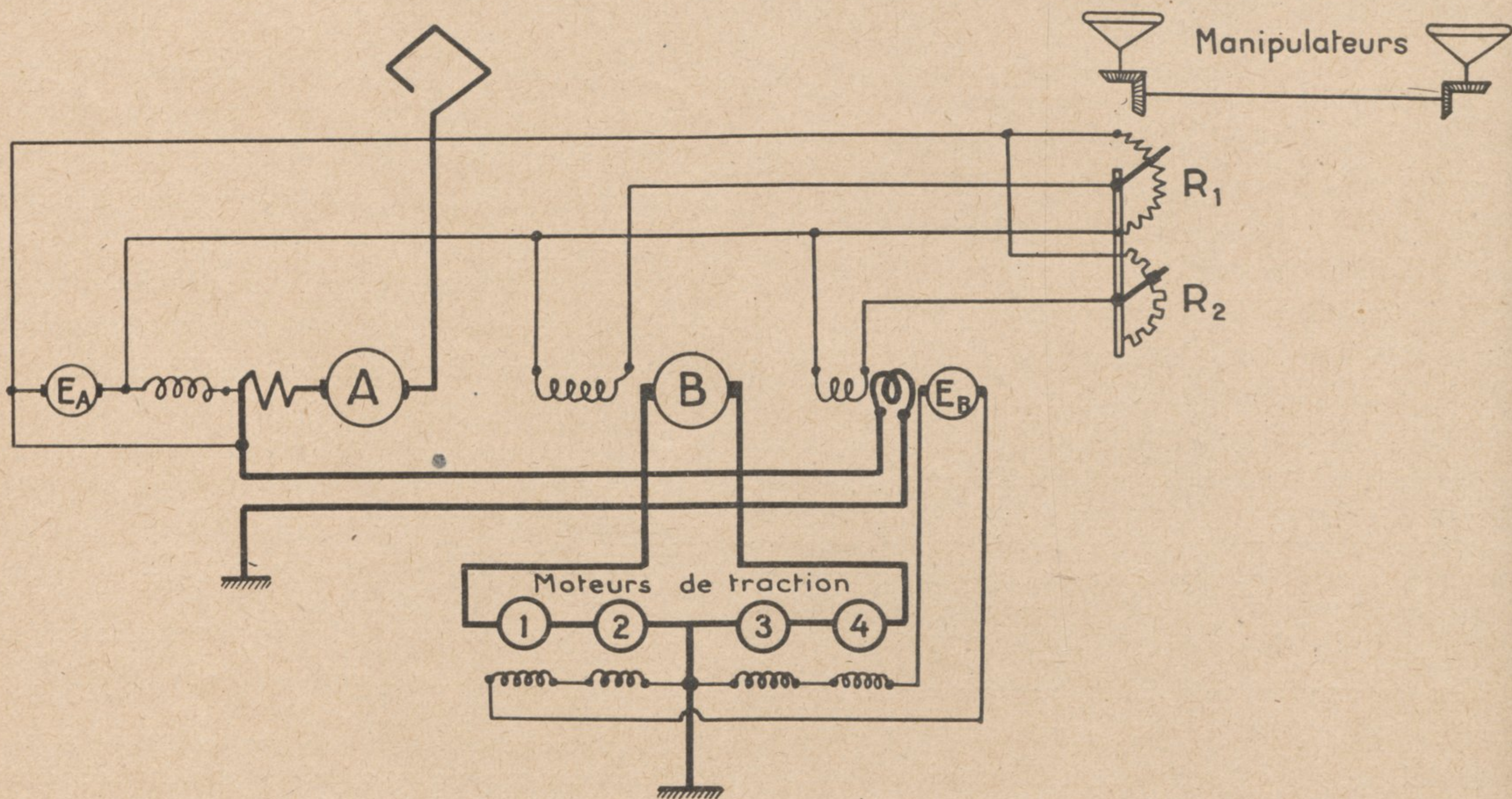
Ce groupe convertisseur est représenté sur le schéma simplifié figure 4. Il comprend, montés sur le même arbre :

— un **moteur compound d'entraînement A** dont le courant d'alimentation est pris directement à la caténaire;

Les curseurs des rhéostats R_1 R_2 sont actionnés simultanément par les volants des manipulateurs et à toute position assignée aux curseurs par ces volants, correspond d'une part, une valeur déterminée de la tension fournie par la génératrice principale B et appliquée aux induits des moteurs de traction; d'autre part, une valeur de l'intensité du courant débité par la génératrice auxiliaire E_B dans les inducteurs de ces mêmes moteurs et, par suite, une vitesse de régime déterminée de la locomotive. Tandis que la vitesse se maintient ainsi sensiblement constante, le courant absorbé par les moteurs de traction et conséquemment par le moteur d'entraînement A du groupe convertisseur, varie suivant le profil de la

Fig. 4. — Schéma simplifié des circuits principaux

A. Moteur alimenté à 1 500 Ch par la caténaire. — E_A . Excitatrice du moteur. — B. Génératrice montée sur l'arbre du moteur A. — E_B . Excitatrice de B. R_1 et R_2 rhéostats d'excitation.



— une **génératrice principale anti-compound B**, alimentant les induits des 4 moteurs de traction constamment connectés en série;

La tension de cette génératrice peut être réglée en agissant sur le rhéostat d'excitation R_1 ;

— une **excitatrice auxiliaire E_B** alimentant les inducteurs des 4 moteurs de traction constamment connectés en série.

La tension de cette génératrice peut être réglée en agissant sur le rhéostat d'excitation R_2 .

— une **excitatrice auxiliaire E_A** alimentant les inducteurs du moteur d'entraînement A et des génératrices B et E_B ci-dessus.

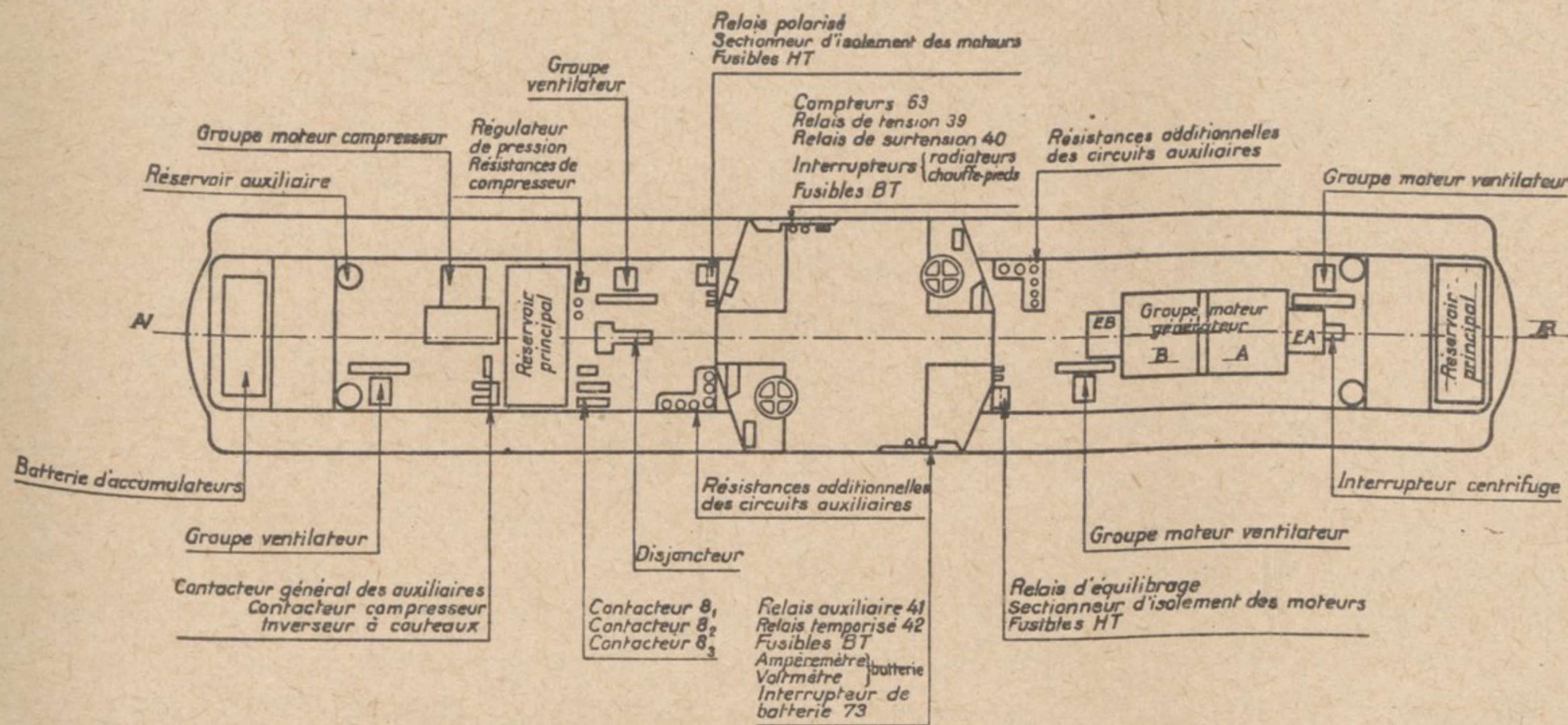
voie sur laquelle circule le convoi, ou suivant le tonnage de celui-ci (cas du débranchement).

Si le convoi s'engage sur une descente, le courant absorbé à la caténaire diminue et peut même s'inverser. La locomotive fonctionne alors automatiquement en récupération; la génératrice principale B devient réceptrice, alimentée par les moteurs de traction et le moteur d'entraînement A , génératrice, débitant sur la caténaire.

A noter que le fonctionnement en récupération peut être obtenu volontairement pour réaliser un freinage ou l'arrêt de la locomotive. Il suffit de déplacer le volant dans le sens rétrograde corres-

pendant à une diminution de vitesse. Le branchement des rhéostats R1 R2 est tel que, par suite de ce déplacement, l'excitation de la génératrice B diminue alors que l'excitation des moteurs de traction augmente; il en résulte une diminution de la vitesse de rotation de ces moteurs et, par suite, de la locomotive.

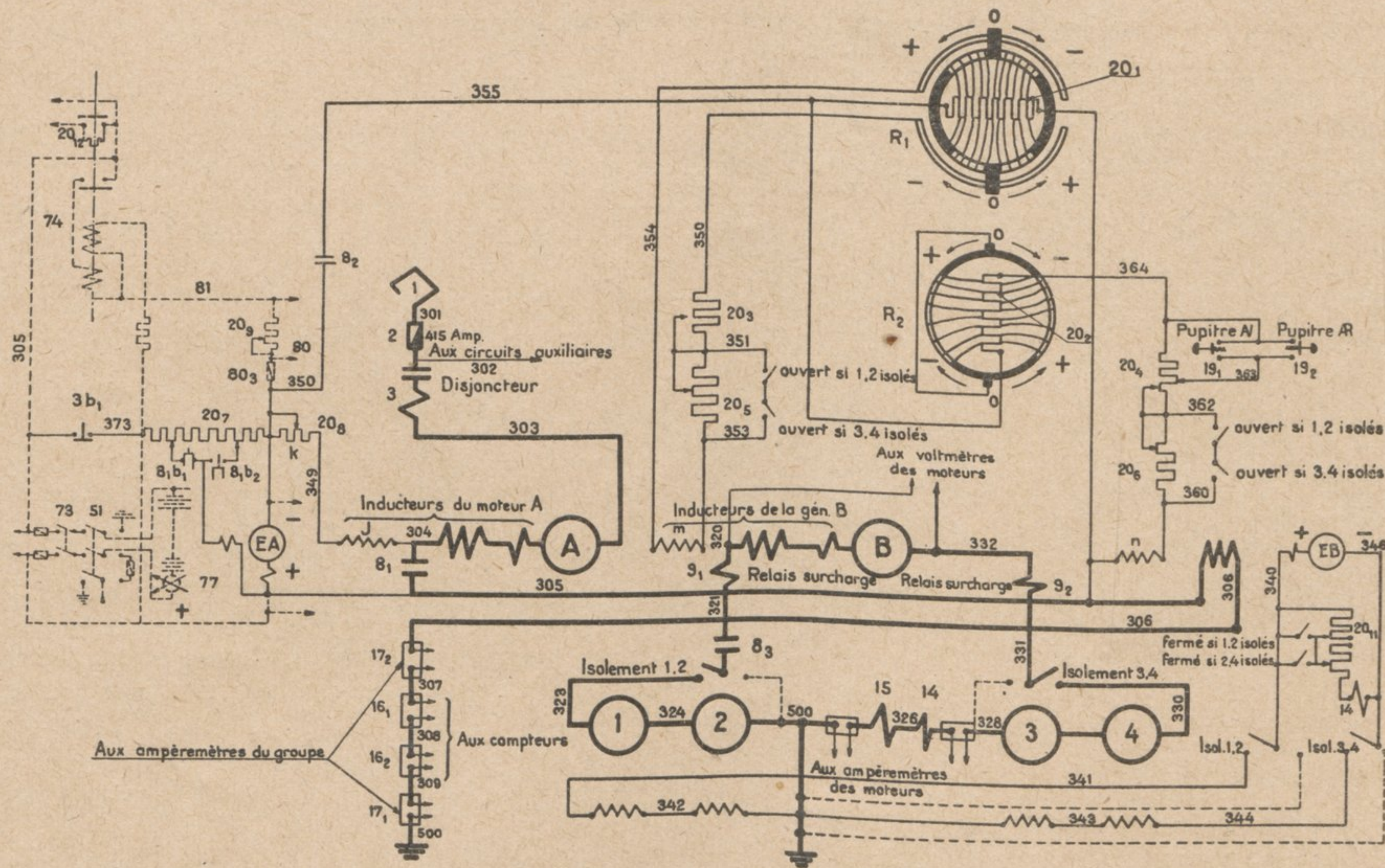
Fig. 5. — Disposition schématique de l'appareillage électrique



En réalité, les curseurs des rhéostats R1 R2 ne sont pas actionnés directement par les volants des manipulateurs, mais par un servo-moteur, ainsi qu'il sera expliqué dans la description de l'équipement qui va suivre.

La figure 5 donne la disposition des appareils constituant l'équipement électrique de ces locomotives, sous les capots et dans les cabines de celles-ci.

Fig. 6. — Schéma des circuits principaux



a) Un circuit principal à 1 500 V.

Ce circuit, représenté figure 6, comporte :

— Un pantographe du type utilisé normalement sur toutes les machines de construction récente.

— Un coupe-circuit principal à soufflage magnétique avec fusible de 415 A, destiné à protéger le câble d'amenée de courant à la locomotive entre le pantographe et le disjoncteur.

— Un disjoncteur principal ultra-rapide à commande électromagnétique, réglé pour un courant de déclenchement de 800 A.

— Un contacteur électropneumatique (8₁) 1 500 V 450 A d'un type couramment utilisé sur les locomotives GV de la région. Ce contacteur est destiné à court-circuiter la résistance intercalée dans le circuit du moteur du groupe convertisseur après fermeture du disjoncteur principal et, par suite, à assurer le démarrage en deux temps de ce moteur.

— Le moteur du groupe convertisseur. — Ce moteur est à excitation compound. Son enroulement fil fin est alimenté par l'excitatrice EA, dont il a été question précédemment. Il a une puissance continue de 400 kW et une puissance unihoraire de 525 kW sous 1 350 V.

Il a une puissance continue de 400 kW et une puissance unihoraire de 525 kW sous 1 350 V.

b) Circuit des moteurs de traction.

Ce circuit, représenté également sur la figure 6, comporte :

— La génératrice B du groupe convertisseur.

Cette machine, dont l'excitation est fournie par l'excitatrice EA, est susceptible de débiter 300 A en régime continu et 385 A

Ces appareils sont répartis en plusieurs circuits distincts dont nous indiquerons sommairement la consistance :

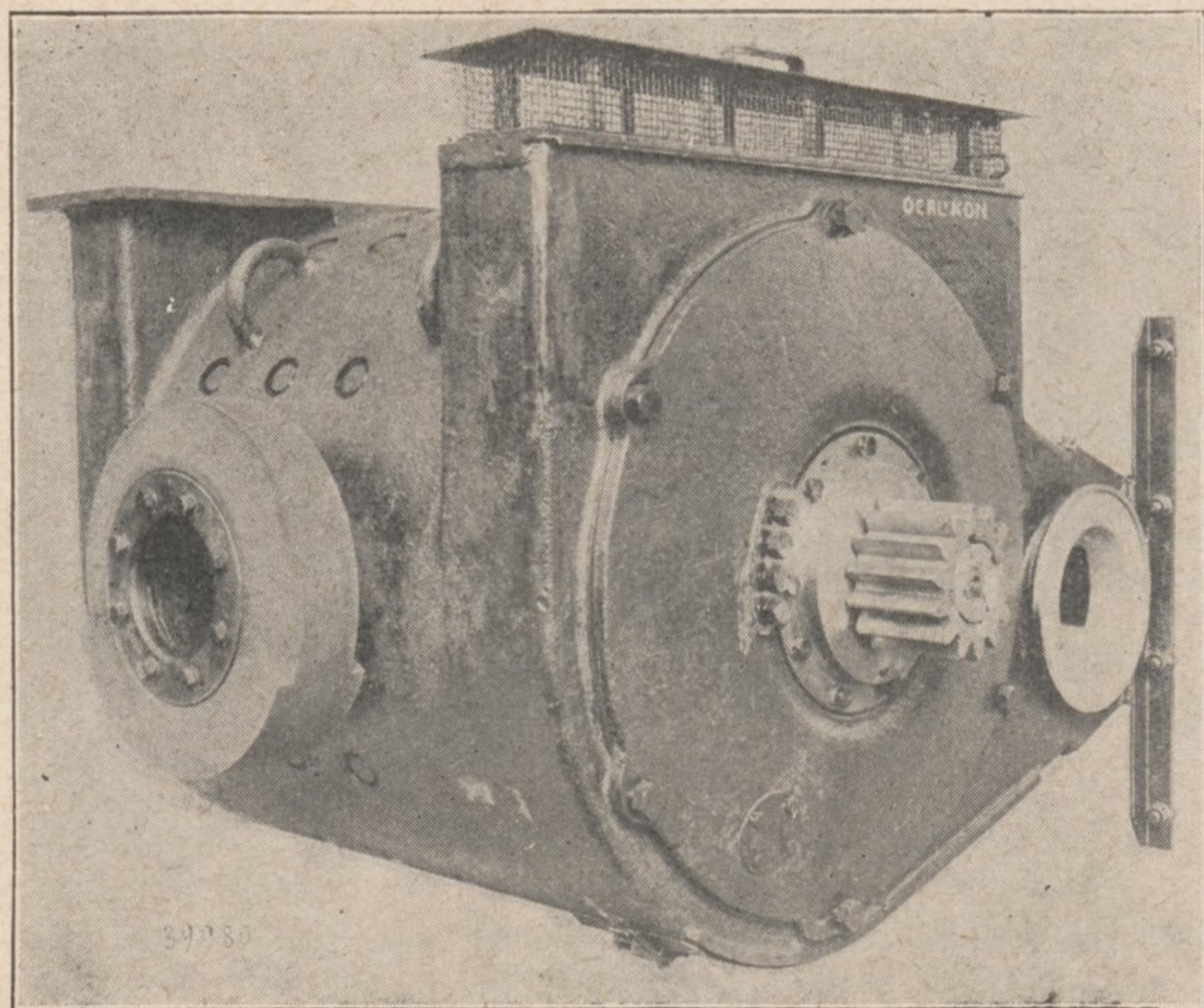
en régime unihoraire, sous une tension variable de 0 à 1 500 V.

— Les quatre moteurs de traction dont les induits sont constamment couplés en série entre eux et avec l'induit de la génératrice B.

L'excitation de ces moteurs est fournie par l'excitatrice E B mentionnée précédemment. Leurs régimes unihoraire et continu sont respectivement de 385 et 300 A.

Ces moteurs à suspension par le nez, à double train d'engrenages, au rapport de réduction 14/100, sont du type à

Fig. 7. — Vue du moteur de traction montrant l'anneau de suspension



ventilation forcée. La figure 7 en donne la photographie et montre la disposition de l'anneau de suspension. L'air nécessaire à la ventilation de chaque moteur est fourni par un groupe moteur-ventilateur débitant $40 \text{ m}^3/\text{mn}$ sous la pression totale de 45 mm d'eau et alimenté directement par l'excitatrice EA à la tension de 80/100 V.

— Deux inverseurs d'isolement des moteurs permettant d'isoler les deux moteurs d'un même bogie en cas d'avarie à l'un d'eux et d'assurer le fonctionnement de la locomotive avec les deux moteurs restants.

Les quatre machines dont il vient d'être question plus haut, moteur A, génératrice B, excitatrices EA et EB, qui constituent le groupe convertisseur, sont réunies en une seule unité. La figure 8 donne la demi-coupe schématique de la génératrice A et de l'excitatrice EA.

Les quatre induits sont montés sur le même arbre, supporté par deux paliers à rouleaux, qui encadrent les induits du moteur et de la génératrice, les induits des deux excitatrices étant montés en porte-à-faux à chacune des extrémités de l'arbre.

Un des bouts d'arbre est, par ailleurs, prolongé par une pièce rapportée sur laquelle est monté un interrupteur centrifuge, qui fait déclencher le disjoncteur lorsque la vitesse du groupe dépasse une valeur déterminée (2 000 tours/mn).

Toutes les machines du groupe sont autoventilées, ce qui a permis d'en réduire le poids total, qui atteint seulement 5 800 kg.

*
*
*

L'ensemble des deux circuits précédents comporte encore les différents relais mentionnés ci-après :

— un relais de tension et un relais de surtension agissant respectivement lorsque la tension devient insuffisante ou excessive ;

— deux relais de surcharge.

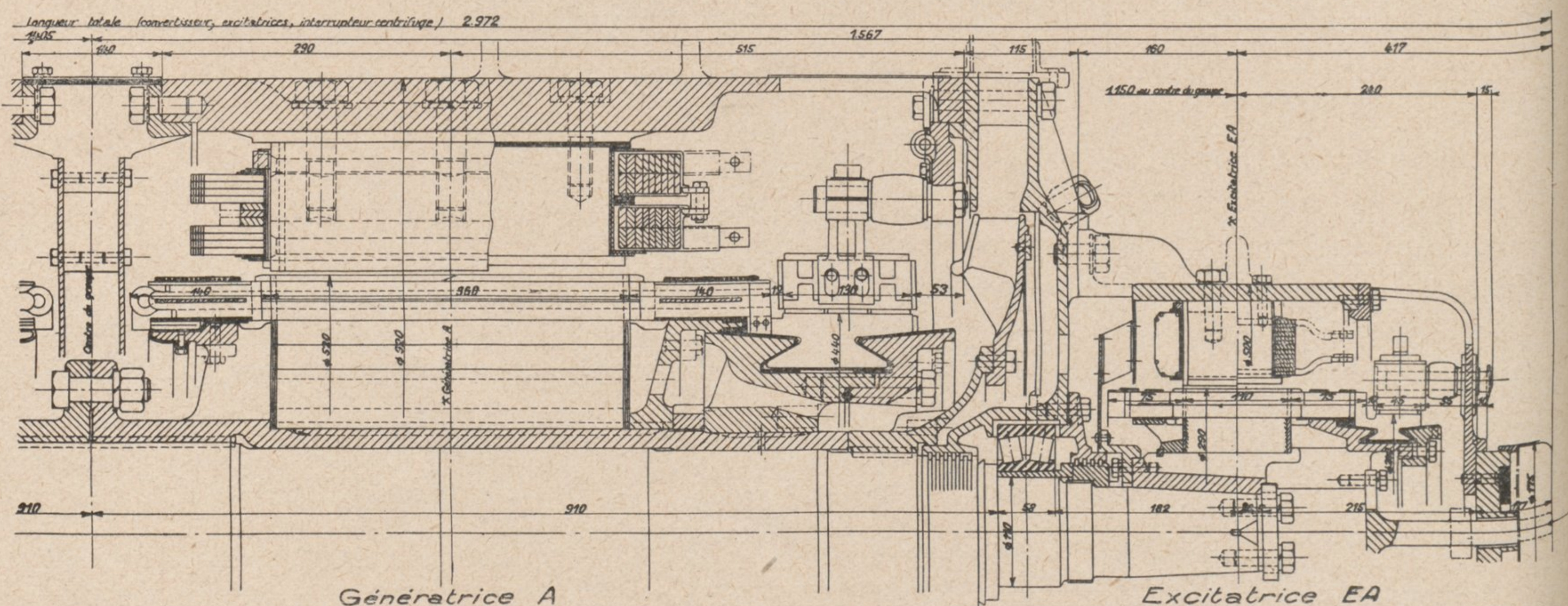
Le fonctionnement de l'un quelconque de ces relais entraîne le déclenchement du disjoncteur et des trois contacteurs qui comportent les circuits en question.

— un relais balance, dont le rôle sera indiqué plus loin.

c) Circuits auxiliaires à 1 500 V.

Ces circuits comprennent ;

Fig. 8. — Demi-coupe longitudinale du groupe convertisseur



— Un contacteur électropneumatique (8₃), du même type que celui mentionné plus haut, destiné à assurer l'ouverture ou la fermeture du circuit.

1° Le circuit d'alimentation des relais et des appareils de mesure, branché immédiatement après le disjoncteur principal et protégé par un fusible 1 500 V 3 A.

2° Le circuit du compresseur et du chauffage de la cabine, commandé par un contacteur 1 500 V 10 A à commande électromagnétique.

Le groupe compresseur est d'un modèle déjà utilisé sur d'autres séries de locomotives de la Région du Sud-Ouest. Il comprend un moteur série à 1 500 V d'une puissance de 16 ch en régime unihoraire attaquant par engrenages un compresseur à deux cylindres en V d'un débit de 1 300 l/mn à la pression de 7,5 hpz.

d) Circuits à basse tension.

Tous les circuits de commande et de contrôle de la locomotive, ainsi que le circuit d'éclairage sont alimentés à 72 V par une batterie d'accumulateurs au cadmiun-nickel comportant 48 éléments de 72 A h.

La charge de cette batterie est assurée normalement par l'excitatrice EA, dont le branchement est réalisé automatiquement par l'intermédiaire d'un conjoncteur-disjoncteur. Un commutateur permet d'ailleurs de graduer le courant de charge par l'introduction ou le retrait d'une résistance dans le circuit de charge. Un inverseur tripolaire permet enfin de brancher la batterie en série avec le compresseur, afin d'assurer éventuellement sa recharge sans le secours d'une source extérieure, dans le cas par exemple où sa tension serait insuffisante pour permettre l'enclenchement du disjoncteur principal.

Les circuits à basse tension sont commandés par un interrupteur général bipolaire avec fusibles placé sur le tableau de batterie dans la cabine de la locomotive.

Ils comprennent essentiellement :

1° Des circuits susceptibles d'être mis sous tension au moyen de boutons-poussoirs groupés dans une boîte à 9 boutons-poussoirs montée dans la cabine et qui permettent d'alimenter les manipulateurs et de commander les contacteurs intercalés dans les circuits auxiliaires.

2° Les circuits qui sont commandés au moyen des interrupteurs groupés sur chacun des pupitres de commande de la locomotive et qui assurent notamment l'alimentation des lampes de cabine, d'appareils et de fanaux.

Les manipulateurs de la locomotive qui font partie du premier groupe de circuits précédents constituent un des dispositifs caractéristiques de celle-ci.

La figure 9 donne la vue, capot enlevé, de l'appareil du pupitre *N*.

Ce manipulateur comprend essentiellement deux arbres concentriques mécaniquement indépendants :

a) un arbre central solidaire du volant de commande, portant un certain nombre de secteurs ;

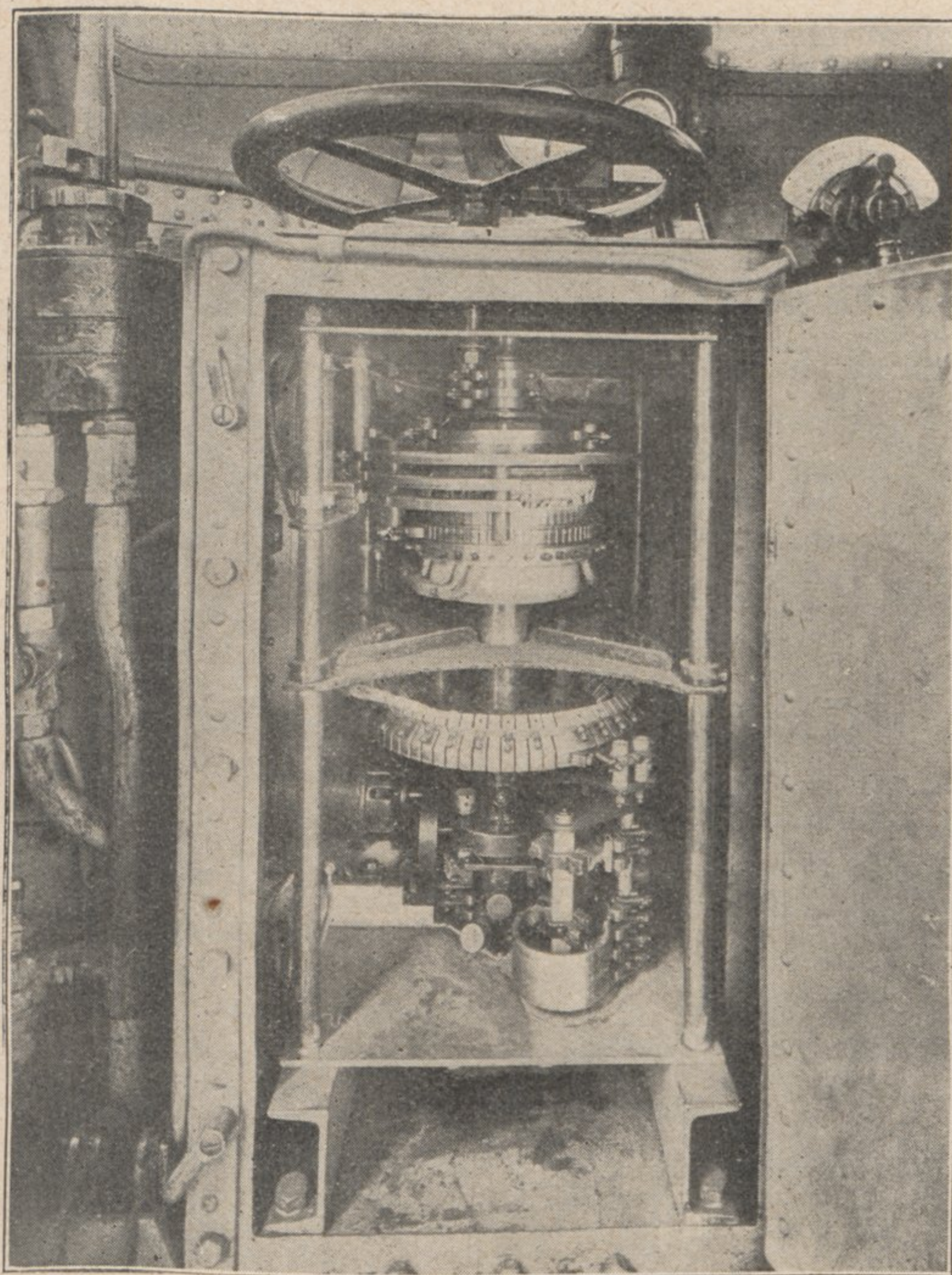
b) un arbre creux, commandé par un servo-moteur et portant des curseurs se déplaçant sur les plots des rhéostats d'excitation de l'excitatrice des moteurs de traction (R^2) et du rhéostat d'excitation de la génératrice principale (R^1).

Cet arbre tourne d'un angle égal à celui dont a tourné le volant, mais à une vitesse indépendante de la vitesse avec laquelle a été manœuvré celui-ci et suffisamment lente pour éviter toute réaction

dangereuse dans le train par suite de trop brusques variations de l'effort de traction.

Le servo-moteur est, de plus, soumis à l'action d'un relais « balance » comportant deux enroulements traversés : l'un par le courant circulant dans les induits des moteurs de traction, l'autre par le courant circulant dans les inducteurs et qui, indépendamment de la position du volant, provoque le fonctionnement du servo-moteur. Ce dernier modifie automatiquement la position des curseurs, de manière que dans le cas de remorque d'un train lourd, l'intensité absorbée sur une forte rampe ou débitée sur une forte déclivité par les moteurs de traction ne prenne une valeur excessive par rapport à celle du courant inducteur et que la commutation des moteurs ne puisse ainsi devenir défectueuse.

Fig. 9. — Vue du manipulateur *N*, capot enlevé



Toutefois, dans le cas où il est nécessaire de faire développer à la locomotive un effort de traction ou de retenue exceptionnel, il suffit d'appuyer en permanence sur un bouton à ressort monté sur le pupitre et prévu à cet effet. L'excitation des moteurs de traction est alors renforcée et ceux-ci

peuvent absorber un courant d'intensité plus élevée sans provoquer l'intervention du relais balance.

Le pupitre de commande AR comporte un faux manipulateur relié à l'arbre central du manipulateur précédent par une commande mécanique. Grâce à cette disposition, le conducteur peut passer d'un poste de commande à l'autre suivant les besoins du service et poursuivre la conduite de son train sans aucune interruption.

Verrouillages de Sécurité

Tous les appareils à haute tension que comporte l'équipement des locomotives sont disposés sous les capots et mis hors d'atteinte du personnel par des portes ou des trappes verrouillées mais pouvant s'ouvrir au moyen de clés de déverrouillage normalement prisonnières dans une serrure.

Pour retirer ces clés qui permettent également de déverrouiller l'échelle d'accès à la toiture de la cabine, il est nécessaire :

1° d'ouvrir l'interrupteur général des auxiliaires, ce qui, en supprimant le contrôle, évite de baisser le pantographe en charge;

2° de baisser le pantographe en manœuvrant la clé du robinet d'isolement qui, dans cette position, peut alors être retirée;

3° de placer la dite clé sur la boîte à clé de déverrouillage et de la faire tourner d'un quart de tour, ce qui la rend alors prisonnière.

Conduite de la Locomotive

Le pantographe étant levé et les réservoirs d'air remplis à la pression voulue, les circuits de batterie et de contrôle étant d'autre part fermés, pour démarrer le groupe convertisseur, il suffit d'enfoncer les boutons-poussoirs « Contrôle » et « Groupe convertisseur, marche ».

Lorsqu'au bout de 10 secondes environ le groupe a atteint sa vitesse normale, et que les champs inducteurs sont établis dans les différentes machines, la locomotive est en ordre de marche. Pour la faire avancer, il suffit de tourner le volant d'un des manipulateurs de la cabine dans le sens voulu. **A chaque position du volant correspond une vitesse de marche sensiblement indépendante de la charge remorquée et du profil de la voie.**

Pour démarrer en sens opposé, il suffit de tourner le volant dans l'autre sens.

La locomotive étant en marche, si l'on ramène le volant en arrière, on provoque le freinage par récupération du convoi, jusqu'à ce que la vitesse ait atteint celle correspondant à la nouvelle position du volant.

Si on déplace le volant jusqu'au delà du 0, sur une position correspondant au sens de marche opposé, la locomotive freine jusqu'à l'arrêt, puis repart en sens inverse.

On voit donc que, dans son ensemble, la conduite de la locomotive est d'une grande simplicité, jointe à une souplesse remarquable, tout à fait analogue à celle des locomotives à métadyne (1), mais ce résultat est obtenu avec un équipement comportant un appareillage excessivement réduit, puisqu'il ne comporte en plus du disjoncteur principal que trois contacteurs et quelques relais.

Premiers résultats obtenus

Les deux locomotives commandées ont été livrées respectivement en Janvier et Février 1938 et la première de ces machines a été soumise avant sa mise en service à des essais en charge à la butte Nord de Juvisy et à la butte Sud de Vierzon, dont les profils sont ceux indiqués figures 10 et 11 ci-contre.

Au cours de ces essais, on a pu effectuer sans interruption le débranchement de trains de 1 900 à 2 000 t; la vitesse moyenne de montée en butte étant maintenue à 12 km/h et celle de refoulement à 1,5 - 2 - 3 km/h à volonté, en jouant uniquement sur le contrôleur sans le ramener à 0.

Dans tous les cas, les diagrammes des intensités absorbées ou débitées sont restés à l'intérieur des diagrammes théoriques correspondants qui avaient servi à la détermination de la puissance du groupe. D'autre part les températures des enroulements ont toujours été trouvées très inférieures aux limites admissibles. On peut par suite en conclure que la puissance du groupe est largement suffisante pour le service prévu.

Ces machines ont été ensuite affectées, l'une à la desserte de la butte Sud de Vierzon, l'autre à la desserte de la butte Sud S³ d'Orléans en Avril dernier. Elles totalisaient fin Mars 1939 un

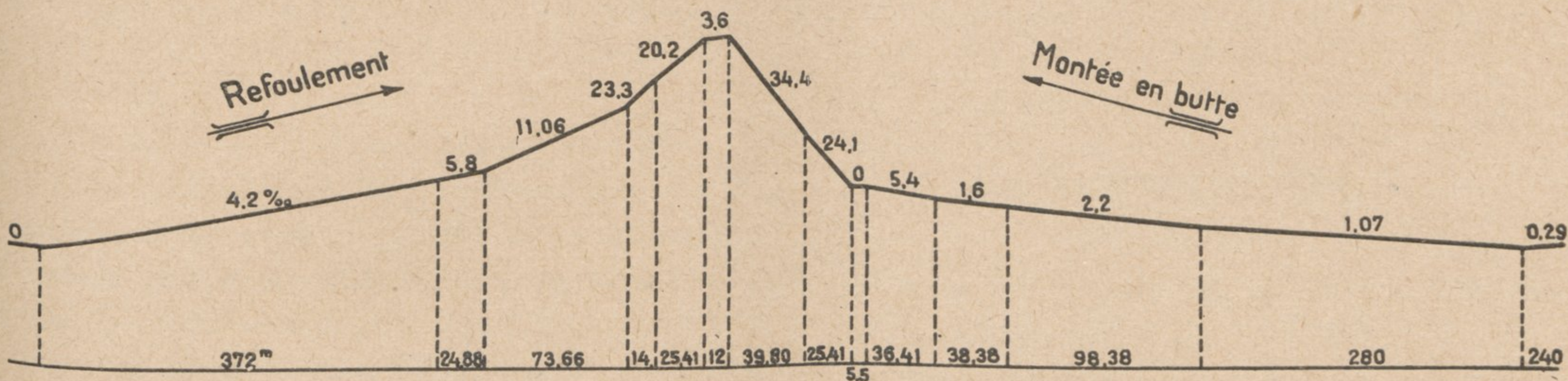
(1) Voir « Revue Générale », n° du 1^{er} Mars 1938,

parcours de 42 000 km et ont pu assurer pendant des périodes de plusieurs semaines, sans interruption, un service journalier de 24 h.

Comme c'est le cas pour les machines de manœuvre à métadyne, l'emploi du freinage électrique confère à ces locomotives l'avantage

machine BB à rapport d'engrenages réduit, ressortait au cours d'essais antérieurs à 88 Wh, cette même consommation n'est plus que de 56Wh avec les nouvelles machines, chiffre d'ailleurs sensiblement égal à celui trouvé avec les locomotives à métadyne.

Fig. 10. — Profil en long de la butte nord de Juvisy

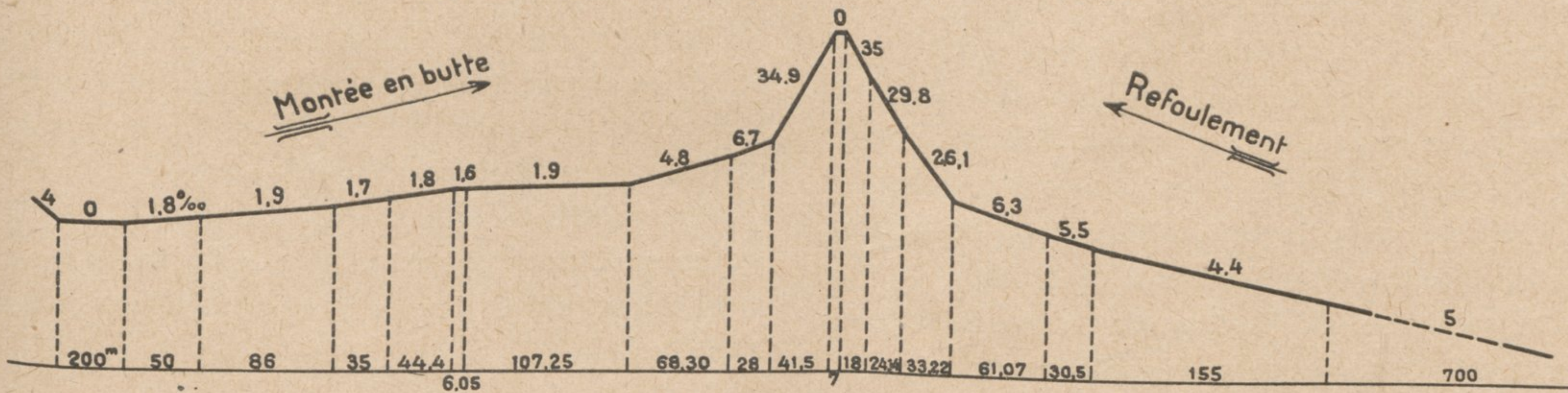


d'une réduction considérable de l'usure des sabots, par rapport aux machines BB utilisées jusqu'ici au service des buttes.

Enfin, des relevés de consommation effectués sur

En définitive, pour autant qu'on peut juger de ces machines d'après un service d'aussi courte durée, on peut dire qu'elles répondent entièrement au programme imposé et que, par suite du peu

Fig. 11. — Profil en long de la butte sud de Vierzon



la même butte avec les différents types de locomotives, il ressort que l'économie escomptée du fait du système de réglage de vitesse utilisé a été atteinte. En effet, alors que la consommation en watts-heure par tonne débranchée, avec une

d'appareillage qu'elles comportent, elles constituent une solution très intéressante du problème de la régulation de la vitesse des locomotives à courant continu, tout au moins dans le cas particulier envisagé.