



LA NATURE

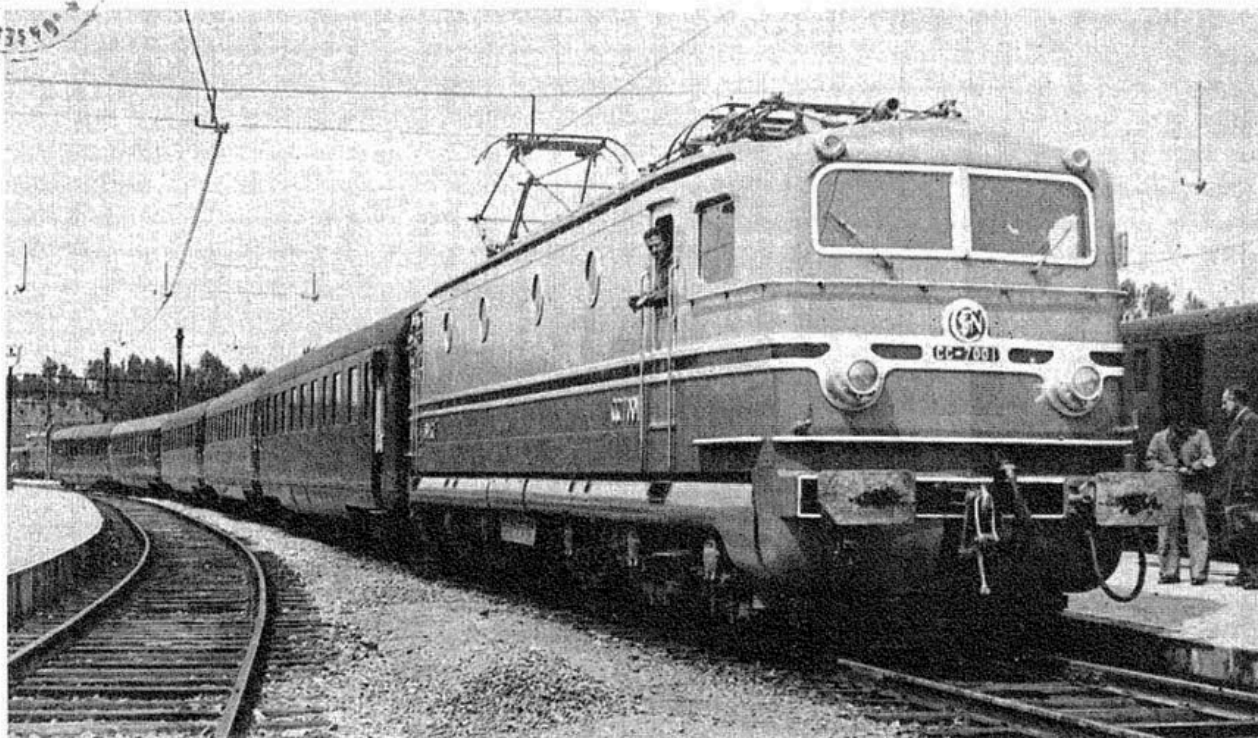


Fig. 1. — CC-7001, nouvelle locomotive électrique de la S.N.C.F.

Puissance en régime continu sous 1 350 V : 4 000 ch ; effort de traction : 14 000 kg ; vitesse en palier devant une rame de 500 t : 160 km à l'heure. La vitesse maxima haut-le-pied est de 180 km à l'heure (Photographies S.N.C.F. et ALSTHOM)

UNE NOUVELLE LOCOMOTIVE DE VITESSE LA CC-7 001

La S.N.C.F. vient de présenter aux membres du Contrôle parlementaire une remarquable locomotive électrique qui prolonge la série, mondialement célèbre, de ses 2-D-2. Peut-être serait-il plus juste de parler ici d'une série entièrement nouvelle, voire d'une... surprise technique. Car la nouvelle locomotive, d'une conception particulière, diffère profondément des « Super 2-D-2 » que l'on nous promettait pour l'électrification de la ligne de Lyon.

“ 2-D-2 ” et “ Super 2-D-2 ”. — Le « parc » des locomotives électriques françaises comprend près de 800 unités. La presque totalité des machines appartient à deux types : les BB, comportant deux bogies à deux moteurs chacun, au nombre de 600, et les 2-D-2, possédant 4 essieux moteurs en empatement rigide, entre 2 bogies porteurs, qui sont au nombre de 120. Les BB sont de bonnes machines classiques, véritables maîtres Jacques du rail, offrant de grandes possibilités de remorque ; les 2-D-2 sont des engins puissants et rapides, des pur sang du rail.

Les bogies des locomotives BB françaises sont équipés de moteurs à suspension par le nez ; les bogies portent eux-mêmes

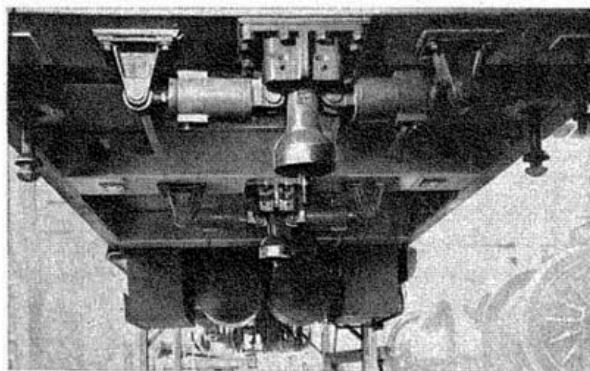


Fig. 2. — Détail de deux pivots oscillants, sous la caisse.

Il y a deux pivots pour chaque bogie, disposition inhabituelle qui assure une grande souplesse dans les courbes, tout en opposant une résistance élastique aux chocs latéraux.

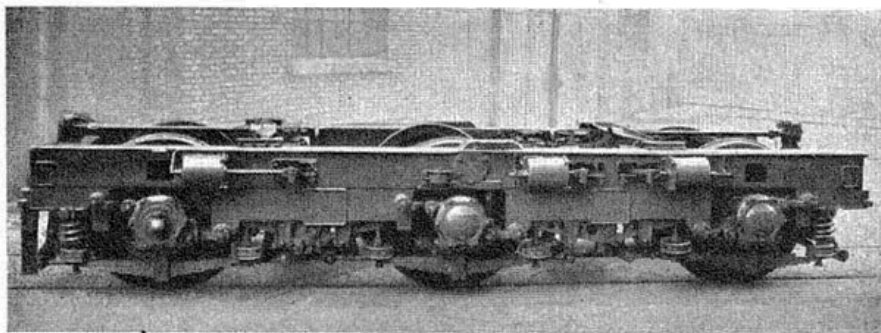


Fig. 3. — Bogie à trois essieux moteurs.

les organes de choc et de traction. Les moteurs sont refroidis par ventilation forcée et l'équipement de contrôle est électropneumatique. On emploie les BB pour la remorque des

« marchandises », des trains de messageries et des trains de voyageurs ne dépassant pas 105 km à l'heure. Les 2-D-2 sont des machines d'express et de rapides lourds (128 t, alors que les BB n'en pèsent que 80), atteignant aisément 150 à l'heure et remorquant 1 000 t à 130 km à l'heure. En régime continu, la puissance est de 3 850 ch; elles peuvent être maintenues à 4 300 ch pendant 1 h (puissance « uni-horaire »). Les moteurs, entièrement suspendus au châssis de la caisse, sont ventilés et comportent un, deux ou même trois induits. Sur la plupart des

2-D-2, le contrôle du courant de puissance est assuré par des contacteurs, actionnés par deux arbres à cames, eux-mêmes entraînés par des moteurs pneumatiques que commande la manette du mécanicien. Certaines de ces machines possèdent un groupe convertisseur, assurant l'excitation des moteurs en descente, ce qui permet le freinage en récupération.

Les nouvelles BB de la S.N.C.F., d'un poids normal de 80 t, peuvent être lestées au moyen d'un lest amovible de 12 t, la charge par essieu passant ainsi à 23 t. Sans lest, la charge par essieu n'est que de 20 t, en sorte que la locomotive peut se déplacer sur toutes les voies. Une série de 136 BB de ce type sont en cours de livraison, les vingt premières étant sorties en décembre des usines Alsthom, à Belfort. Leur puissance nominale en régime continu sous 1 350 V, est de 2 400 ch.

générales pourra dépasser largement les 200 000 km actuels.

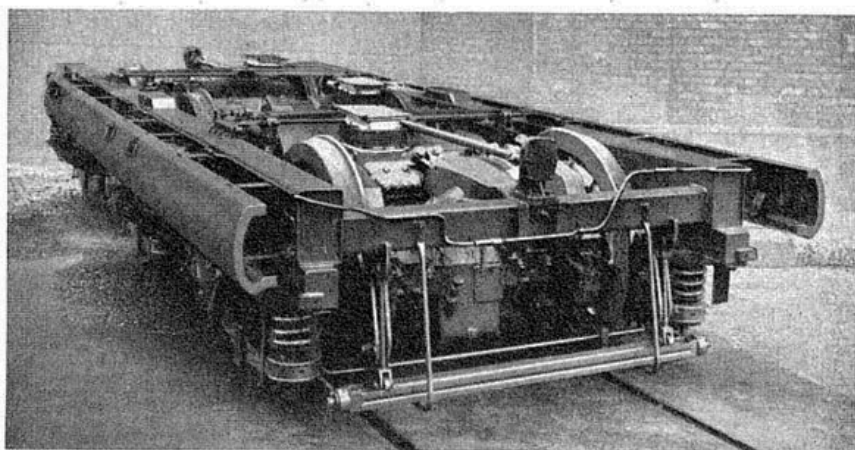
Deux prototypes de machines pour lignes accidentées, per-

mettant notamment de supprimer la double traction sur Limoges-Brive, sont actuellement en cours d'essais. La première des machines pesant 120 t, a un effort de traction aux jantes de 30 t autorisant le démarrage d'un train de 1 200 t en rampe de 10 mm. La machine est du type CC (deux bogies à trois essieux moteurs chacun) et possède 6 moteurs de 650 ch, contrôlés par 3 arbres à cames à croix de Malte, eux-mêmes commandés électriquement par la manette du conducteur. La seconde locomotive prototype est du type BBB, à trois bogies libres contrô-

lés par des dispositifs « anti-lacets » et « anti-cabrage ».

La CC-7001. — Avec les machines de la série CC-7001

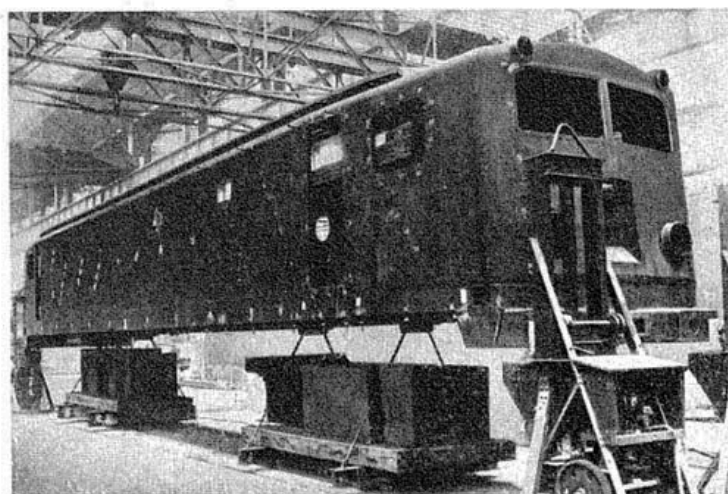
Fig. 5. — Ensemble d'un bogie monté.



En ce qui concerne les 2-D-2, des locomotives du type « 500 » ont donné des résultats remarquables jusqu'à 140 et même 160 km à l'heure. Les super 2-D-2 en construction pour Paris-Lyon développeront 5 000 ch de puissance uni-horaire. La vitesse normale sera portée à 140 km à l'heure, avec pointes à 160. Grâce au renforcement des châssis de bogies, à l'adoption de boîtes à rouleaux pour les essieux de bogies et de boîtes à palette « Athermos » pour les essieux moteurs, à la robustesse des bandages et de l'appareillage électrique, on estime que l'intervalle entre deux revisions

Fig. 4. — Essais de résistance de la caisse.

Le revêtement participe à la résistance, suivant le principe des « monocoques ».



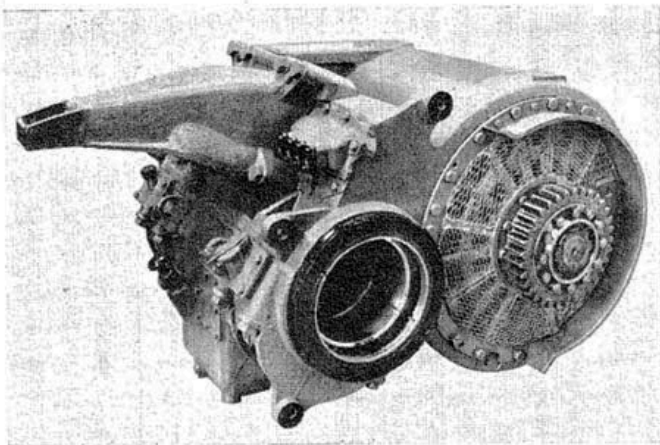


Fig. 6. — Vue d'un moteur de traction (TA-621).

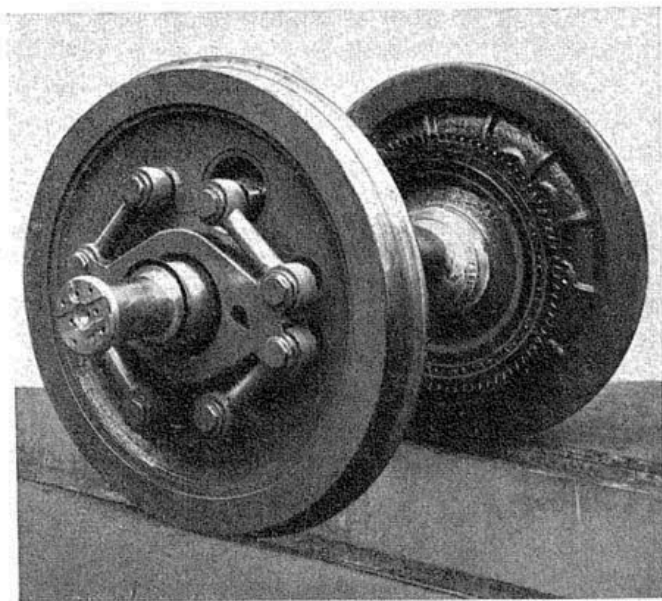
A droite, pignon d'entraînement et grillage de ventilation ; à gauche, emboîtement circulaire pour le faux essieu.

(fig. 1), nous abordons une catégorie nettement différente de locomotives, caractérisée par des bogies moteurs longs et la suppression des bogies directeurs. L'adoption d'un revêtement travaillant (analogue aux « monocoques » d'automobile) et le montage sur « silent-blocs » en caoutchouc apparentent par ailleurs curieusement ces énormes engins aux véhicules routiers (fig. 2 et 4).

Les CC-7001 présentent les avantages suivants : poids adhérent supérieur de 25 pour 100 à celui d'une locomotive 2-D-2 classique, réduisant les risques de patinage et autorisant l'accroissement des accélérations ou des charges remorquées ; gain de 35 t sur le poids total de la machine ; charge par essieu réduite, inférieure à 17 t, contribuant directement à la réduction des efforts latéraux ; bogie moteurs à roues de faible diamètre, conduisant à un abaissement du centre de gravité et autorisant de ce fait un relèvement de vitesse dans les courbes ;

Fig. 7. — Essieu et faux essieu montés.

L'essieu proprement dit, monobloc avec les roues, passe librement à l'intérieur du gros faux essieu creux, visible sur la figure ; c'est ce dernier qui porte les couronnes dentées d'entraînement. La liaison est assurée par des biellettes disposées en losange et montées sur caoutchouc.



les six moteurs permettent, dans le cas du courant continu, de réaliser trois couplages régulièrement répartis, donc trois vitesses « économiques », étagées comme les nombres 1, 2 et 3 (fig. 8).

La locomotive CC-7001 et sa sœur jumelle la CC-7002 ont été entièrement étudiées en France, par la Société Alsthom, qui les a construites dans ses usines de Belfort avec le concours des usines de Tarbes et de Paris. La S.N.C.F. a passé commande de 30 locomotives analogues, dont le prix unitaire est en chiffres ronds de 100 millions.

Ces locomotives pèsent 102 t ; leur puissance uni-horaire, sous caténaire à 1 500 V, est de 4 600 ch. Leurs caractéristiques leur permettent de remorquer, sans aucune exception, des trains de tous tonnages, depuis les « marchandises » les plus lourds jusqu'aux rapides, qui pourront être « tractés » à 160 km à l'heure. Les essais ont été faits jusqu'à 180 km à l'heure, et le constructeur prévoit de les pousser jusqu'à 200.

Partie mécanique. — La caisse et les châssis de bogies

sont construits à partir de tôles pliées ou embouties, soudées électriquement par points ou à l'arc. Longérons, traverses, brancards, arrondis de pavillon, sont constitués par des caissons fermés, offrant le maximum de rigidité avec le minimum de poids.

Les parois de la caisse interviennent comme revêtement travaillant, ce qui procure un allègement considérable à cause de leurs grands moments d'inertie.

L'une des dispositions mécaniques

les plus originales réside dans le fait que la caisse repose sur chaque bogie par l'intermédiaire de deux pivots oscillants à double rotule (fig. 4) ; ces deux pivots prennent appui au milieu de deux traverses entretoises interposées entre les moteurs de traction.

Liés transversalement à la caisse par des bielles élastiques, les deux pivots sont constamment rappelés dans leur position moyenne verticale ; l'assise de la caisse sur chaque bogie est complétée par deux équilibres latéraux. En prenant des inclinaisons égales et de signe contraire, les pivots oscillants permettent très commodément les rotations nécessaires du bogie par rapport à la caisse : l'amplitude maximum permet l'inscription dans une courbe de 80 m de rayon ! Par inclinaison égale et de même sens, les deux pivots permettent la translation latérale du bogie avec un effort de rappel favorable à la stabilité. Des inclinaisons différentes des deux pivots permettent les mouvements les plus composites, combinant translation et rotation.

Une grande rigidité transversale est nécessaire en courbe ; de façon à limiter les déplacements dus à la force centrifuge, au contraire, dans le cas d'un défaut localisé de la voie, il est souhaitable d'avoir une grande flexibilité, qui atténue l'effet des chocs latéraux sur les essieux extrêmes. L'emploi des deux pivots, pourvus chacun de leur rappel individuel, permet précisément de satisfaire à ces conditions apparemment contradic-

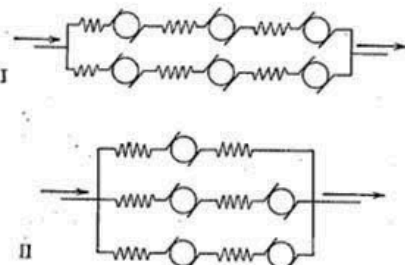


Fig. 8. — Couplage des six moteurs en « série-parallèle » (I) et en « parallèle » (II). La commande du conducteur agit en outre sur l'excitation des moteurs, par shuntage des inducteurs.

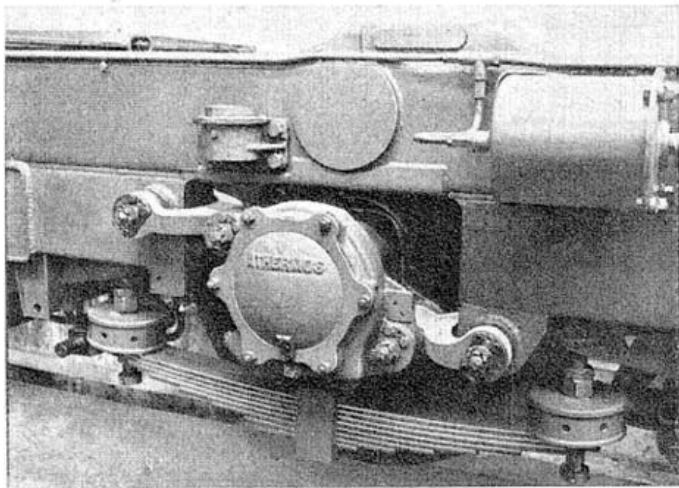


Fig. 9. — Montage d'une boîte d'essieu sur axes oscillants, eux-mêmes montés sur « silent-blocs » en caoutchouc.

Le centre de la boîte décrit une courbe à point d'inflexion, sensiblement confondue avec sa tangente, comme la tête de tige dans le classique « parallélogramme de Watt ». Des silent-blocs d'origine sont en service depuis 1933 sur des locomotives électriques.

toires. Dans le cas de la force centrifuge, les deux rappels interviennent simultanément « en parallèle »; dans le cas d'un choc latéral d'un essieu, seul intervient le rappel du pivot le plus proche de cet essieu. Pratiquement, la douceur de roulement et l'impression de sécurité au passage des aiguillages sont remarquables.

Suspension sur caoutchouc. — Les moteurs, entièrement suspendus au châssis des bogies, entraînent les essieux individuellement par l'intermédiaire — aujourd'hui classique — d'un engrenage élastique bilatéral et d'un arbre creux (fig. 7 et 9). L'arbre creux est lié à l'essieu proprement dit par anneaux dansants et biellettes articulées sur silent-blocs en

caoutchouc. Ce dispositif extrêmement simple n'exige aucun graissage, aucun entretien; il est monté depuis 1933 sur la locomotive Alsthom 2-D-2 E—703 et n'a jamais donné lieu à incident, tout en possédant toujours ses silent-blocs d'origine.

La liaison des boîtes d'essieux au châssis de bogie est réalisée au moyen de biellettes articulées sur silent-blocs, celles-ci prenant la boîte par deux oreilles situées sur un diamètre oblique; cette disposition permet les débattements verticaux de l'essieu, tout en maintenant constamment son axe sensiblement dans le même plan vertical. Les curieux de la science retrouveront ici une application partielle du célèbre « parallélogramme de Watt ».

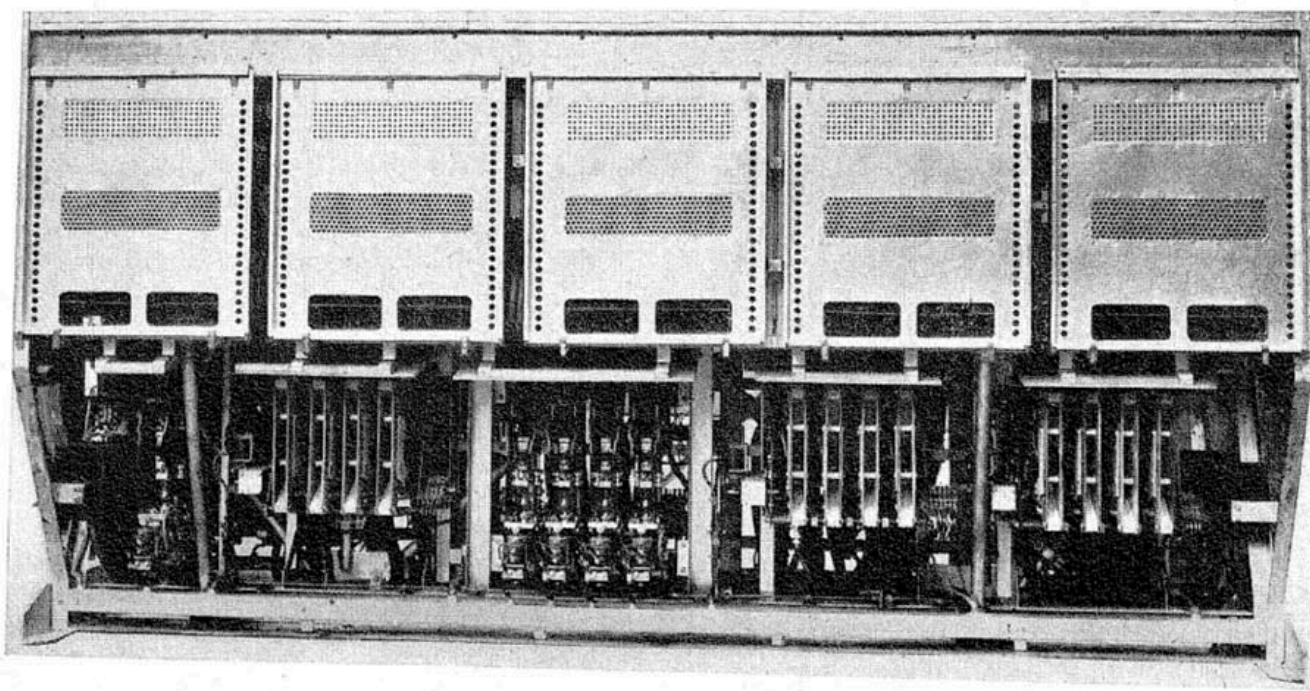
Les boîtes d'essieux sont également prévues pour comporter intérieurement, entre coussinet et corps de boîte, des ressorts bandés avec un effort initial de 5 t par essieu; lorsque la réaction aura atteint cet effort, l'essieu s'effacera en couissant axialement dans la boîte et permettra le passage des défauts sans accroissement notable de l'effort initial.

L'adoption de l'acier au manganèse pour toutes les articulations de la suspension, des timoneries et des surfaces d'entraînement des pivots, ainsi que l'emploi des biellettes à silent-blocs, suppriment à peu près complètement le graissage et l'usure. L'entretien s'en trouve largement facilité, sans qu'il soit nécessaire de recourir à des dispositions compliquées, telles que le graissage centralisé.

Partie électrique. — La locomotive possédant six essieux moteurs, il était logique d'adopter des moteurs à demi-tension, c'est-à-dire à 750 V nominaux, afin de disposer de trois couplages donnant des vitesses échelonnées comme les nombres 1, 2 et 3. Cette disposition a pour effet de supprimer toute solution de continuité entre les couplages série-parallèle et parallèle (fig. 8).

Un autre avantage de la solution adoptée est que l'on dispose, en série-parallèle, d'une puissance supérieure de 33 pour 100 à celle que l'on obtiendrait avec quatre moteurs, du fait

Fig. 10. — Vue du « bloc » principal de distribution.



que les moteurs travaillent alors sous une tension moins réduite.

Les trois couplages « économiques » des CC-7001 sont réalisés comme suit :

- en série : 6 moteurs en série;
- en série-parallèle : 2 branches en parallèle de 3 moteurs en série;
- en parallèle : 3 branches en parallèle de 2 moteurs en série.

Ce schéma permet 40 « crans » de démarrage : 18 en série, 12 en série-parallèle et 10 en parallèle.

A chaque couplage, 5 crans équilibrés de marche à champ d'excitation réduit, sont obtenus par shuntage au moyen de shunts inductifs efficaces. Ce procédé, conjugué avec l'emploi de moteurs compensés, assure la meilleure protection possible contre les effets violents des régimes transitoires. Grâce à des dispositifs spéciaux (crans de shuntage intermédiaires déséquilibrés), les variations d'effort au crochet, au moment des changements de couplage, ne dépassent pas 1,5 t sur un maximum de 14 t.

Les transitions sont réalisées au moyen de trois groupes de quatre contacteurs à cames, commandés par servo-moteur électro-pneumatique. Cette solution, aujourd'hui éprouvée, supprime tout verrouillage électrique entre contacteurs et simplifie le contrôle.

Les moteurs, grâce à une disposition fort judicieuse des bobinages et des conduits de ventilation, dépassent de 20 pour 100 la puissance prévue à l'origine de l'étude.

Chaque moteur pèse 3 500 kg sans ses accessoires, ce qui correspond à un poids nu par cheval de 5 kg en régime uni-horaire et de 5,4 en régime continu, ceci aux essais sous 675 V. Les moteurs sont hexapolaires; ils sont équipés de pôles de commutation et de bobines de compensation; le rapport d'engrenage est de 2,606, le diamètre des roues motrices étant par ailleurs de 1,250 m.

Les épures de traction, obtenues aux essais, soulignent la souplesse de cet ensemble moteur; sous caténaire à 1 350 V et sans dépasser sa capacité de puissance « régime continu », la locomotive peut remorquer :

- un rapide de 500 t à 160 km à l'heure en palier ou à 122 km à l'heure sur rampe de 8 mm par m;
- un rapide lourd de 850 t à 141 km à l'heure en palier ou à 111 km à l'heure sur rampe de 5 mm par m;
- un train de marchandises de 1 200 t sur rampe de 8 mm par m à 47 km à l'heure, en série-parallèle;
- un train de marchandises de 1 300 t en série-parallèle sur rampe de 5 mm, entre 50 et 60 km à l'heure.

Sur Paris-Bordeaux, avec un train de 5 voitures, et en respectant la limite de 140 km à l'heure (exceptionnellement 160 km/h entre les Aubrais et Saint-Pierre-des-Corps) et malgré de nombreux ralentissements jusqu'à 30 km à l'heure, la CC-7001 a effectué le parcours de 580 km dans le temps record de 4 h 26 mn, soit à la vitesse moyenne de 131 km à l'heure. Les 230 km de Paris à Saint-Pierre-des-Corps ont été couverts en 1 h 40 mn, à la vitesse moyenne de 132 km à l'heure. Au cours de ces essais, l'équipement électrique s'est très bien comporté et la tenue mécanique de la machine n'a donné lieu à aucune critique.

La locomotive CC-7001, dont le parcours total s'approche actuellement de 200 000 km, effectue un service intensif sur Paris-Toulouse, à raison d'un trajet aller et retour par jour. Son « utilisation » atteint le chiffre de 21 h sur 24; les battements aux terminus ne dépassant guère 1 h. La CC-7002 effectue un service de même ordre, réalisant chaque jour un aller et retour Paris-Limoges et un aller et retour Paris-Tours. De tels chiffres se passent de commentaires et ouvrent d'heureuses perspectives en ce qui concerne l'exploitation technique des grandes lignes électrifiées de la S.N.C.F.

PIERRE DEVAUX.