

LES AUTORAILS "AMPHIBIES" ALSTHOM-SOULÉ DE LA S. N. C. F.

par **M. GARSONNIN,**

Ingénieur à la Division du Matériel
de la Région du Sud-Ouest de la S. N. C. F.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

La mise en circulation des autorails dans les Régions où certaines lignes sont électrifiées, alors que d'autres ne le sont pas, pose un problème nouveau pour les parcours empruntant successivement une section électrifiée et une section non électrifiée.

Il est en effet désirable que sur la partie électrifiée l'autorail utilise l'énergie à bon marché disponible le long des voies. De plus, si l'on veut éviter à la limite de la section électrifiée un transbordement toujours gênant aussi bien pour les voyageurs que pour les bagages, il est indispensable que l'autorail possède en lui-même une source d'énergie autonome lui permettant de circuler dans la zone non électrifiée.

Ces considérations avaient amené l'ex-réseau P.O.-Midi à commander en 1936-1937 aux Sociétés Alsthom (pour les bogies et la partie motrice) et Soulé (pour la caisse et les aménagements intérieurs), deux autorails prototypes dits « amphibies » munis de moteurs électriques de traction pouvant être alimentés, soit directement par l'énergie électrique empruntée à la caténaire sur les parcours où celle-ci est installée, soit par des génératrices actionnées par moteurs Diesel sur les parcours non électrifiés.

Cette disposition a, en outre, l'avantage de faire fonctionner le groupe générateur, au cours de l'existence de l'autorail, sur un parcours notablement plus faible que celui assuré par les moteurs électriques de traction, ce qui est d'autant plus intéressant qu'il est reconnu que ces derniers sont aptes à fournir un service total beaucoup plus prolongé que ne peuvent le faire les meilleurs moteurs Diesel.

Les deux autorails Alsthom-Soulé ont été livrés à la S.N.C.F. au cours des premiers mois de 1939 et mis en service à partir du 15 mai 1939 au dépôt de Bordeaux. Nous allons décrire ci-après leurs organes les plus caractéristiques et indiquer sommairement les résultats obtenus au cours des essais en ligne auxquels ils ont été soumis.

DESCRIPTION D'ENSEMBLE

Les autorails Alsthom-Soulé (Fig. 1 - vue extérieure) sont constitués essentiellement par une caisse reposant sur 2 bogies à 2 essieux, l'un de ces bogies ayant chacun de ses essieux attaqué par un moteur électrique de traction.

Le courant est fourni à ces moteurs, soit par la caténaire, là où elle existe, soit par deux groupes électrogènes composés l'un et l'autre d'une géné-

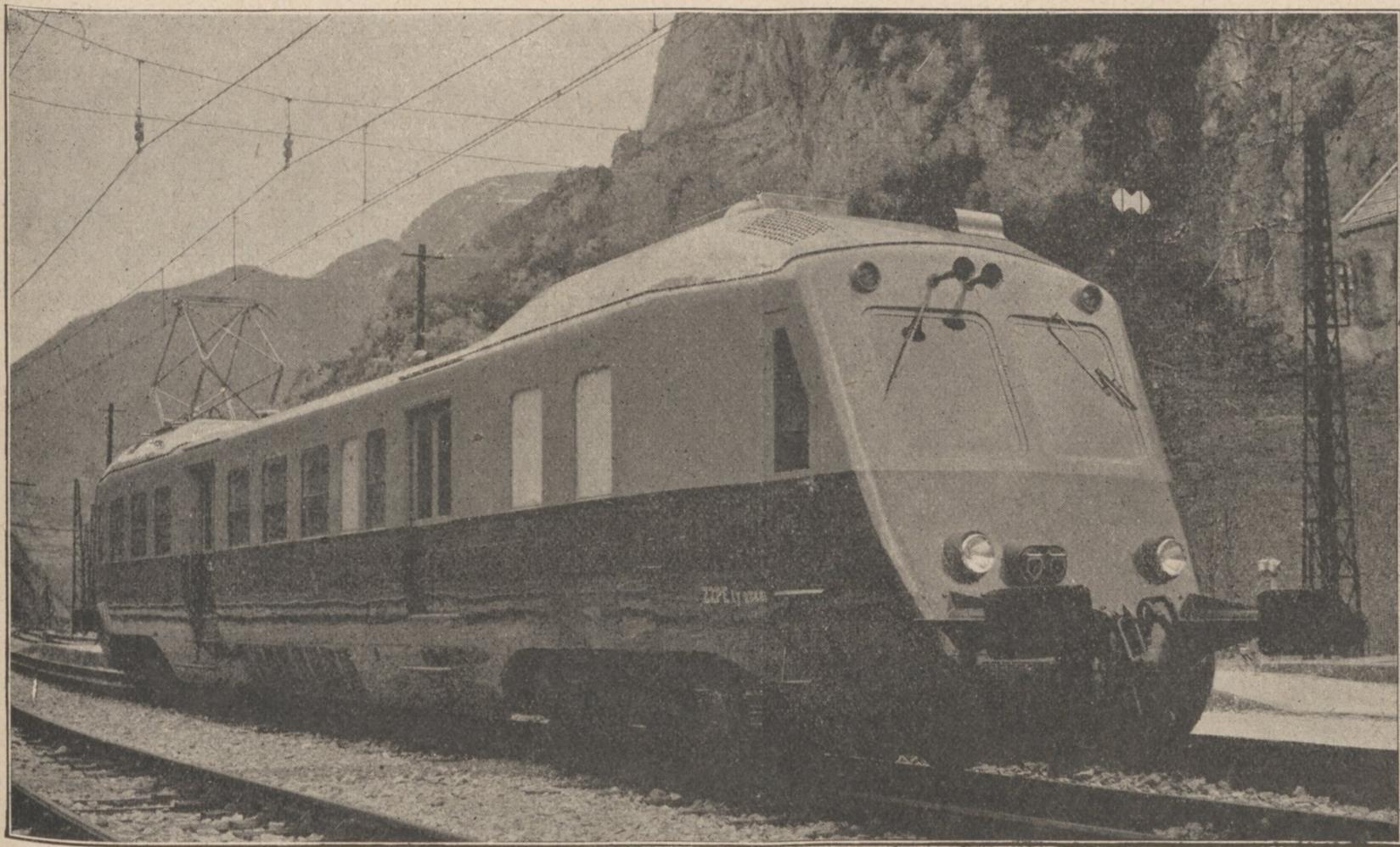
ratrice actionnée par un moteur Diesel de 250 ch. Ces deux groupes sont rassemblés dans une salle des machines placée près de l'une des extrémités de la caisse, le plus loin possible des compartiments réservés aux voyageurs, dans le but de diminuer le bruit perçu par ces derniers.

7° un compartiment pour voyageurs « fumeurs » de 39 places assises;

8° une cabine de conduite identique à celle du 1°.

Le bogie placé au-dessous de la salle des machines est simplement porteur; au contraire,

Fig. 1. — Vue d'ensemble prise de l'extérieur.



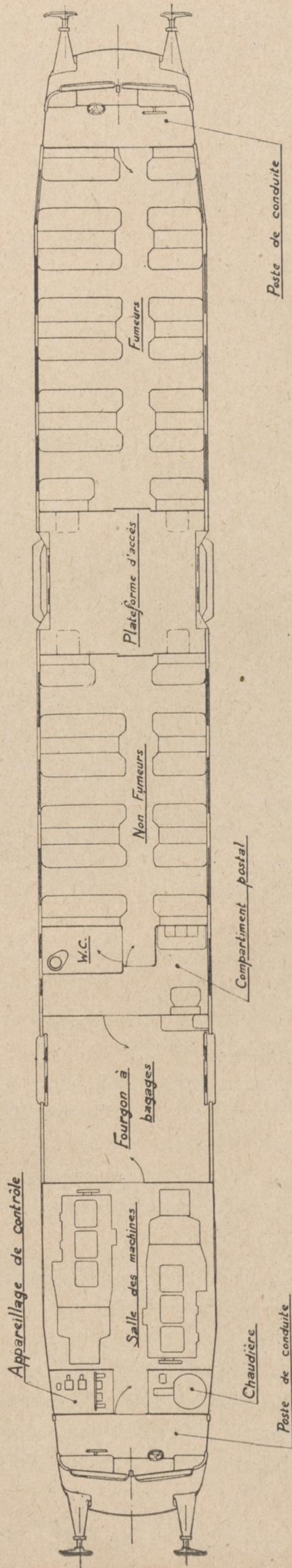
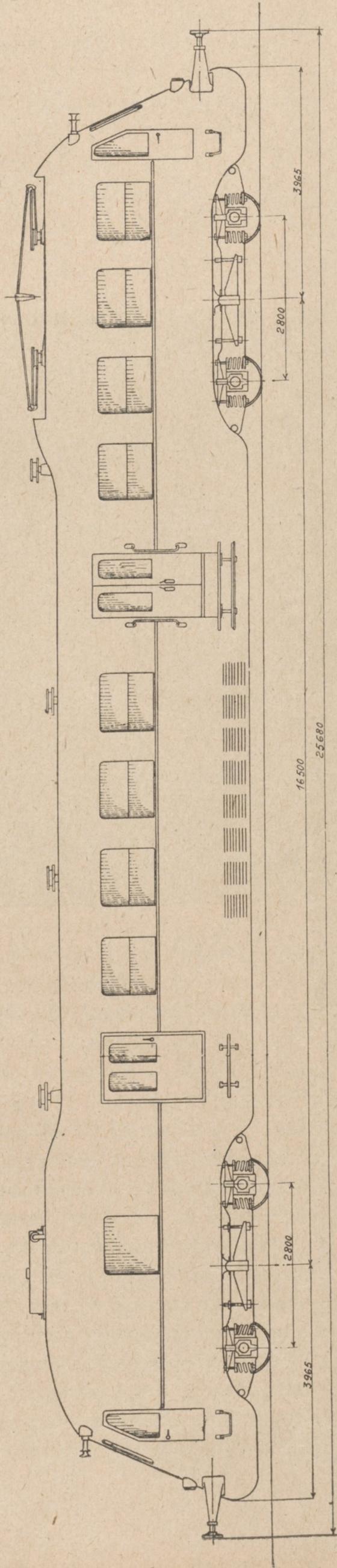
Le schéma ci-joint (Fig. 2) donne l'aménagement général de l'autorail qui comporte, en allant d'une extrémité à l'autre :

- 1° une cabine de conduite (Fig. 3);
- 2° la salle des machines (Fig. 4) contenant les 2 groupes électrogènes, l'appareillage de contrôle et une chaudière de chauffage à vapeur;
- 3° un compartiment fourgon pouvant recevoir soit 1 500 kg de bagages, soit 25 voyageurs debout en cas d'affluence;
- 4° un compartiment pour les P.T.T. accessible des deux côtés de la caisse et un W.C.;
- 5° un compartiment pour voyageurs « non fumeurs » comportant 29 places assises;
- 6° une plateforme centrale d'accès susceptible de recevoir 26 voyageurs debout et munie de 4 strapontins relevables;

celui qui est placé à l'extrémité opposée, c'est-à-dire sous le compartiment « fumeurs », est muni des moteurs électriques de traction.

Il y a lieu de noter que l'autorail comporte à chacune de ses extrémités un attelage à tampons et crochet de traction du type normal allégé, ainsi que les organes d'accouplement du frein à air comprimé et du chauffage à vapeur du type unifié. Il peut ainsi, soit remorquer des voitures et des wagons du parc, soit s'accoupler à d'autres autorails comportant un attelage analogue. En particulier, les deux unités « amphibies » sont prévues pour la marche en unité double, un seul agent pouvant assurer la conduite des deux autorails accouplés de l'une quelconque des extrémités du couplage et cela aussi bien en marche avec moteurs Diesel qu'en marche sous caténaire.

Fig. 2.



DÉTAILS DE CONSTRUCTION

1° Châssis et caisse.

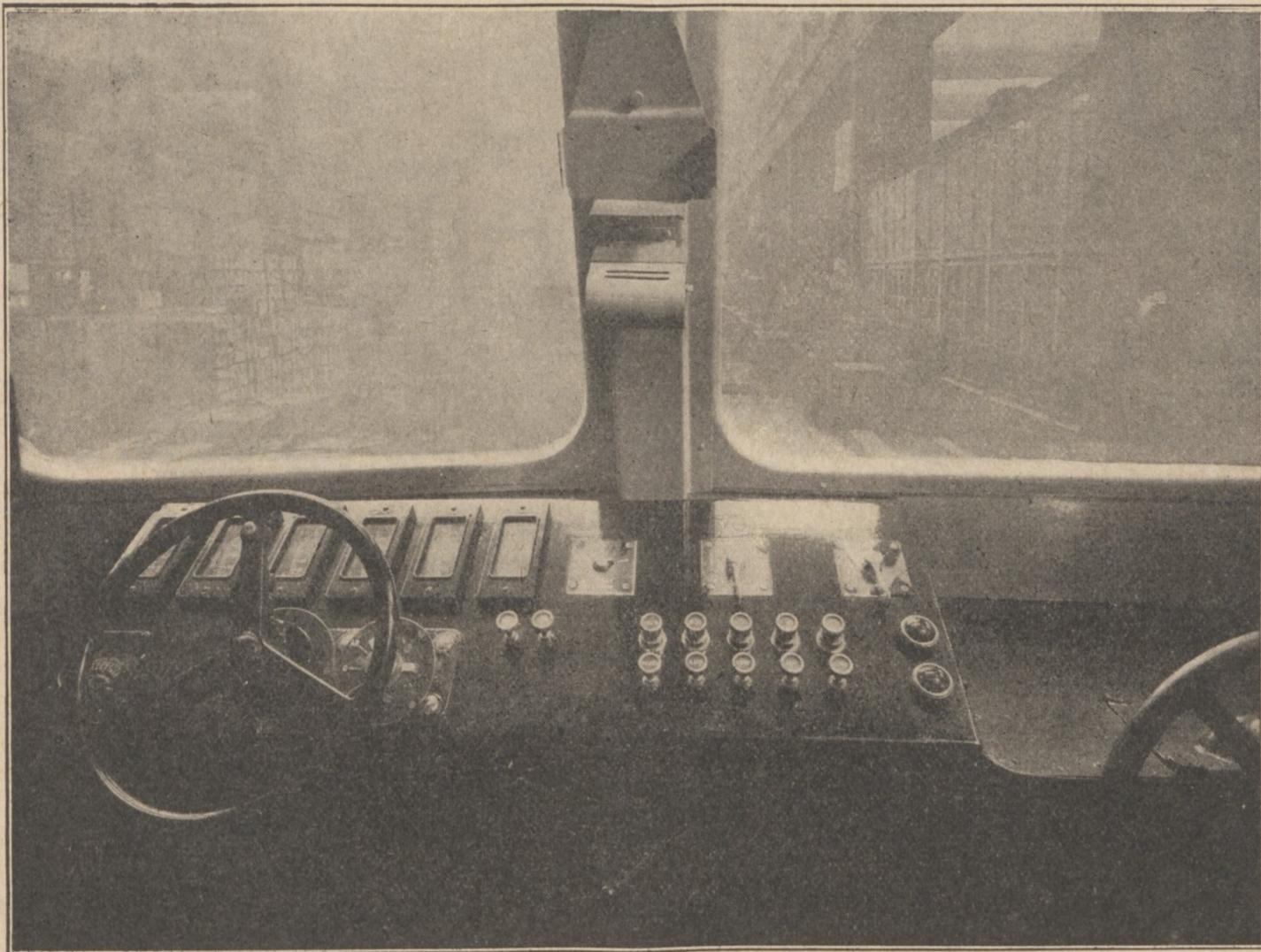
La longueur totale hors tampons, atteint 25,680 m, la largeur hors tout 2,855 m et la hauteur maxima de la caisse au-dessus du rail 3,803 m.

L'ensemble de l'ossature du châssis et de la caisse est entièrement métallique. Il est constitué

Le châssis repose sur les bogies par l'intermédiaire de 4 pièces d'appui latérales (2 par bogie). Les deux pivots distants de 16,500 m d'axe en axe ne transmettent aucune charge. Ils jouent seulement le rôle de guide et assurent l'entraînement.

Le châssis est constitué par 2 longerons en U plié de $\frac{200 \times 85 \times 80}{4}$ entretoisés par deux traverses

Fig. 3. — Cabine de conduite.



par des emboutis et des profilés pliés en tôle d'acier au chrome-manganèse-vanadium dont les caractéristiques mécaniques sont :

$$R = 58 \text{ à } 67 \text{ kg/mm}^2$$

$$E \geq 40 \text{ kg/mm}^2$$

$$A \geq 18 \%$$

$$\text{Résilience UF} \begin{cases} \text{en long} \geq 10 \text{ kgm} \\ \text{en travers} \geq 6 \text{ kgm} \end{cases}$$

L'emploi de cet acier de caractéristiques élevées a permis de réduire au minimum le poids de l'ensemble, tout en assurant sa parfaite rigidité. De plus, cet acier se soudant très facilement à l'arc électrique, ce procédé a été employé pour la plupart des assemblages.

pivots de 200 mm de hauteur caissonnées (2 âmes en U emboutis réunies par des semelles en plats) et par des traverses intermédiaires en U emboutis. Des longrines destinées au soutien du plancher et des moteurs, ainsi que des flèches de choc et de traction complètent le châssis.

Des sommiers d'appui, se prolongeant suffisamment de part et d'autre des extrémités des deux traverses pivots, permettent l'usage des crics et vérins lors du levage du véhicule.

Un dispositif de broches amovibles est également prévu pour assurer le relevage par pont ou tous appareils de voie.

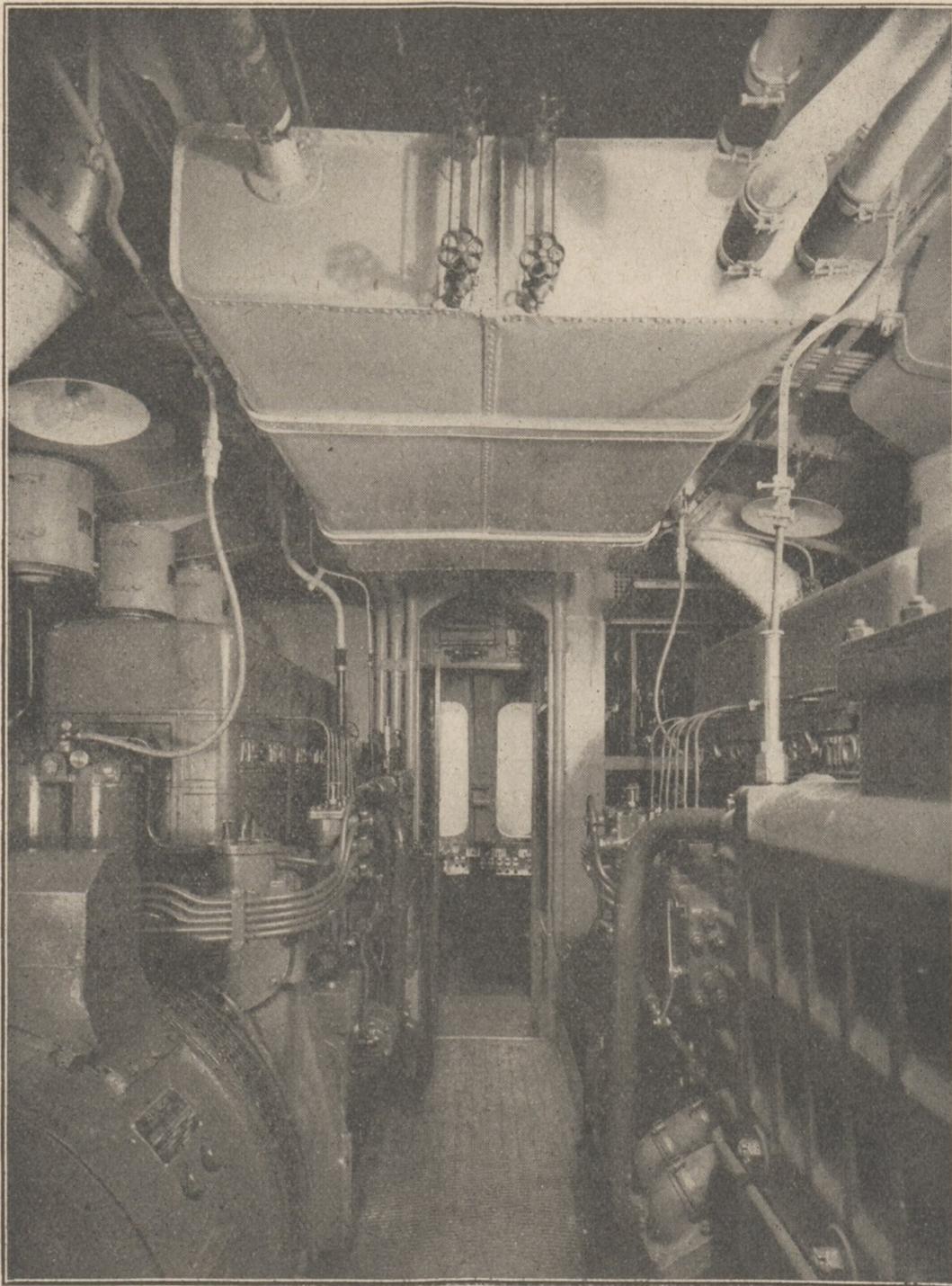
La caisse proprement dite est solidaire du châssis

et entièrement métallique, sauf certaines cloisons intérieures qui sont, soit en contreplaqué armé acier ou duralumin, soit en contreplaqué non armé. Les poutres de faces, du type sans diagonales, sont constituées par un brancard de caisse, un battant de pavillon et des montants entretoisés

formable. L'épaisseur de ce tôleage est de 1,5 mm pour les faces et 1,25 mm pour le pavillon.

Les parties du tôleage recevant les baies de face et des bouts sont embouties. Les baies sont garnies de glace « Securit » sur les faces et de verre « Triplex » sur les bouts.

Fig. 4. — Salle des machines.



par des traverses, le tout en tôles pliées ou embouties de 3 à 5 mm d'épaisseur. Ces poutres sont reliées à leur partie supérieure par des courbes embouties, entretoisées par des longrines en tôle pliée.

Le tôleage extérieur des faces, des bouts et du pavillon est en acier au cuivre soudé par points sur l'ossature, constituant ainsi un caissonnement parfaitement homogène et pratiquement indé-

Le plancher est constitué, soit par du contreplaqué armé double face acier galvanisé recouvert de linoléum dans les parties réservées aux voyageurs et aux P.T.T., soit par une tôle striée de duralumin dans les cabines de conduite, la salle des machines et le compartiment à bagages. De la mosaïque a été prévue comme revêtement du plancher des W.C.

Les sièges sont fixes, avec ossature métallique.

Ils sont garnis de ressorts souples et de crin et recouverts de simili-cuir ignifugé.

Des appareils d'aération du type rotatif et réglables de l'intérieur, au nombre de 2 pour chacun des compartiments voyageurs et d'un pour le fourgon, permettent le renouvellement rapide de l'air.

Enfin, il y a lieu de remarquer que la caisse est profilée dans le sens longitudinal pour réduire sa résistance à l'avancement. Elle est, de plus, légèrement rétrécie à la partie inférieure de manière à permettre le passage de l'autorail sur la section de Paris-Austerlitz à Paris-Quai d'Orsay.

2^o Bogies.

Les bogies, dont l'empattement est de 2,800 m sont du type entièrement soudé. Ils comportent 2 longerons à section en U entretoisés par un croisillon tubulaire central formant réservoir d'air comprimé pour le freinage et par 2 traverses extrêmes également tubulaires.

La suspension primaire, qui prend appui sur les 4 boîtes d'essieu, est constituée par 4 groupes de ressorts composés d'un ressort à lames et de deux ressorts à boudin.

La suspension secondaire est constituée, sur chaque bogie, par deux forts ressorts à lames latéraux dont les chapes portent les patins d'appui de la caisse. La bride de ces ressorts est reliée au châssis du bogie par une bielle montée sur silentblocs en caoutchouc.

3^o Équipement moteurs.

a) Équipement pour la marche sous caténaire.

Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, seul le bogie placé sous le compartiment « Fumeurs » est moteur. Chacun de ses 2 essieux est attaqué par un moteur à excitation série et à suspension par le nez. Cette suspension, particulièrement soignée en raison des vitesses élevées (de l'ordre de 140 km/h) que peut atteindre l'autorail, est d'un type spécial avec bielle transversale de rappel munie de silentblocs qui a pour but de remédier aux défauts de la suspension par le nez classique (travail défectueux des ressorts de suspension, usure latérale des coussinets d'essieu des moteurs).

Les roues dentées sont élastiques, l'organe souple étant constitué par du caoutchouc.

Les 2 moteurs MT_1 et MT_2 (voir Fig. 5 côté droit) isolés pour 1 350 V, sont alimentés par le pantographe P. Ils sont toujours connectés en série et fonctionnent chacun sous 675 V, leur puissance continue étant dans ces conditions de 150 kW soit au total 300 kW; ils peuvent être shuntés de 40% par réduction du nombre de spires.

L'équipement de démarrage a été simplifié le plus possible, les autorails n'étant pas destinés à faire des services de banlieue à démarrages fréquents et leur poids devant être réduit au minimum. Il comporte donc seulement un manipulateur à 6 crans: 4 crans sur résistances et 2 crans de marche économique (plein champ et shuntage), ce qui permet de réduire l'appareillage à 2 contacteurs principaux L, 4 contacteurs: 1, 2, 3, 4 court-circuitant progressivement la résistance de démarrage RD, 1 shunteur S et 1 inverseur J modifiant les connexions des enroulements inducteurs.

Le passage des crans du manipulateur est verrouillé par des relais d'intensité qui permettent d'assurer le démarrage automatique. Il en est de même pour le passage de plein champ au shunt.

La protection est assurée par un fusible général de toiture et un relais de surcharge placés en RS.

Cet équipement a été conçu pour permettre éventuellement la remorque d'une voiture de 50 t sur des lignes présentant des rampes maxima de 10 ‰. Sans remorque, il peut être utilisé en service courant sur des lignes comportant des rampes de 20 ‰.

b) Équipement pour la marche avec moteurs Diesel.

Chacun des 2 groupes générateurs placés dans la salle des machines comporte un moteur Diesel (D_1 et D_2 , Fig. 5 côté gauche) d'une puissance nominale de 250 ch à la vitesse nominale de 1 300 t/mn entraînant une génératrice principale (GP_1 et GP_2) de 150 kW à tension variable et une excitatrice (GA_1 et GA_2).

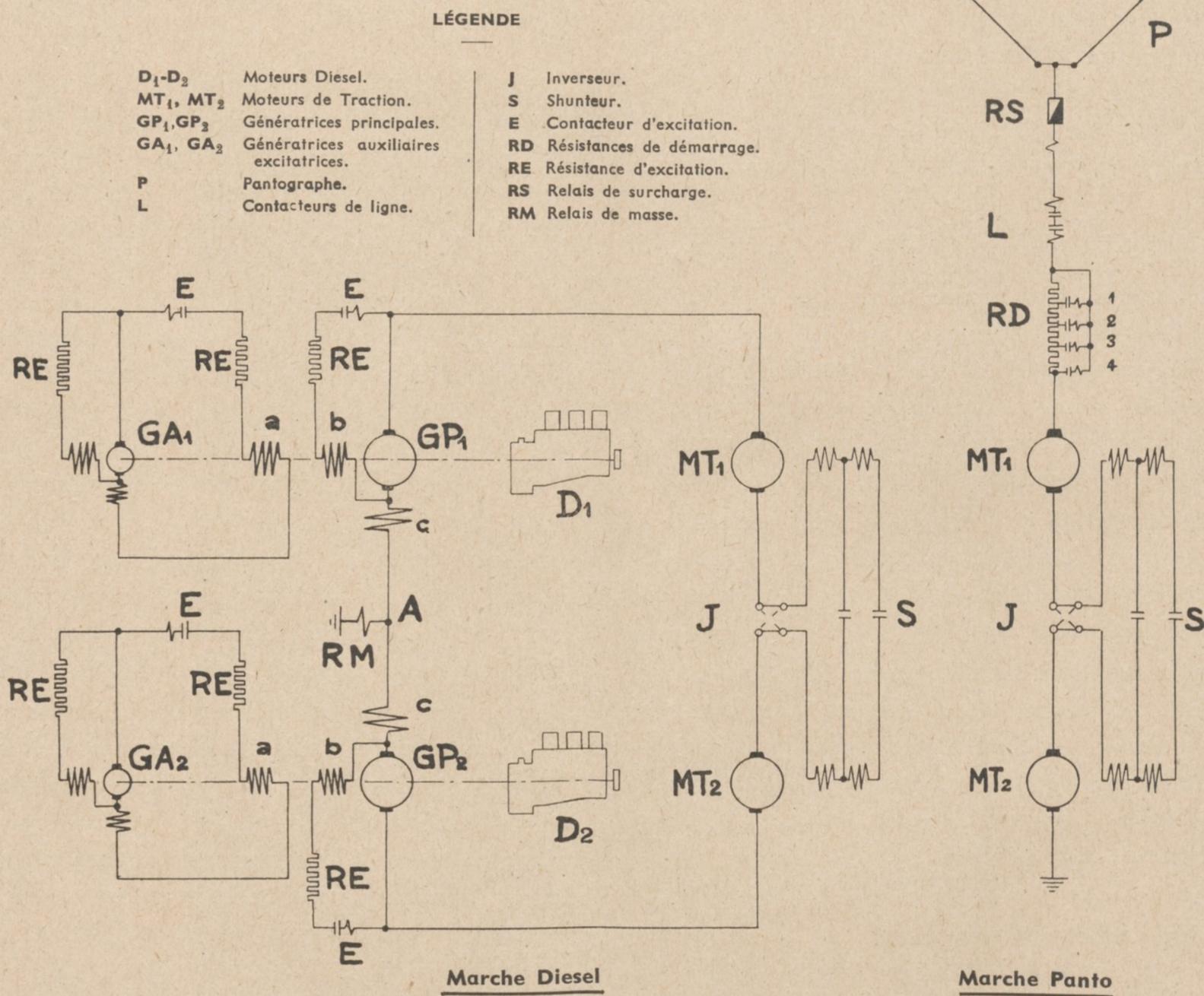
Les moteurs à 6 cylindres, à injection mécanique (alésage 170 mm, course 240 mm) ont été construits par la Société Alsthom, sur licence Ganz-Jendrassik.

Ce type, nouveau en France, est déjà employé depuis un certain nombre d'années dans divers pays étrangers (Hongrie, Belgique, Pays-Bas et Amérique du Sud) où il donne toute satisfaction. Il est cependant un peu lourd étant donné sa vitesse nominale relativement faible, aussi a-t-on cherché

enroulements d'excitation (séparée a, shunt b et anti-compound c).

Ces enroulements, combinés avec les excitatrices très sensibles à la vitesse et avec la butée d'alimentation en combustible des moteurs thermiques, font absorber par la transmission une puissance

Fig. 5.



à alléger les groupes en munissant les génératrices d'une carcasse boulonnée directement sur le carter du Diesel avec un seul palier, l'extrémité libre du rotor étant accouplée rigidement à celle du vilebrequin. L'ensemble forme un tout rigide et ramassé qui repose sur le châssis de caisse sans socle intermédiaire, au moyen de 4 supports élastiques.

La transmission de la puissance du Diesel aux moteurs de traction est réalisée suivant le système Alsthom-Royer (voir en annexe une note détaillée sur cette transmission).

Les génératrices principales sont du type à trois

à peu près constante pour tous les courants débités entre 210 et 420 A, correspondant à des efforts aux jantes de 1 150 à 2 950 kg et à des vitesses de 86 et 27 km/h environ.

On obtient une seconde zone de fonctionnement en shuntant les moteurs de traction, ce qui fait correspondre aux mêmes courants des efforts aux jantes plus petits (760 kg à 125 km/h pour 210 A).

Le rendement de la transmission est supérieur à 77% pour toutes les vitesses supérieures à 50 km/h.

Les génératrices principales GP₁ et GP₂ sont

connectées en série sur les 2 moteurs de traction MT_1 et MT_2 également en série. Le point médian A du circuit étant relié à la masse, les génératrices ont pu être réalisées avec un isolement du type 675/750 V. L'appareillage utilisé est le même que dans la marche sous pantographe, les organes de protection étant toutefois remplacés par un simple relais de masse RM.

Les groupes générateurs fonctionnent suivant le système dit à vitesse constante.

Le réglage de la puissance est assuré par des servo-moteurs pneumatiques agissant sur les régulateurs des moteurs Diesel et par des contacteurs d'excitation réglant le couple des génératrices.

Le manipulateur utilisé est le même que dans la marche avec le courant de la caténaire (les changements de connexions nécessaires étant réalisés grâce à un appareil commutateur à 2 positions). Les 6 crans de ce manipulateur donnent les combinaisons suivantes :

- cran 1 - Diesel au ralenti - petit couple,
- cran 2 - Diesel à 1 000 t/mn - petit couple,
- cran 3 - Diesel à 1 000 t/mn - moyen couple,
- cran 4 - Diesel à 1 200 t/mn - moyen couple,
- cran 5 - Diesel à 1 200 t/mn - plein couple sans shuntage (32 à 80 km/h),
- cran 6 - Diesel à 1 200 t/mn - plein couple avec shuntage (80 à 130 km/h).

La marche à 1 200 t/mn correspond à une puissance qui n'est inférieure que de 6 à 7% à la puissance nominale; c'est celle qui doit être utilisée normalement pour ne pas fatiguer inutilement les moteurs. Néanmoins, le conducteur conserve à tout instant la possibilité d'utiliser la puissance nominale. A cet effet, la manette d'inversion possède une position spéciale M sur laquelle on obtient la substitution de la marche à 1 300 t/mn à celle à 1 200 t/mn.

Un autre cran spécial dit cran D, placé également sur la manette d'inversion, permet aussi de marcher à la puissance nominale aux vitesses comprises entre 27 et 32 km/h de façon à développer les efforts aux jantes maxima permis par l'adhérence dans les démarrages exceptionnellement difficiles.

L'installation de refroidissement des moteurs Diesel comporte des radiateurs d'eau et d'huile

ventilés artificiellement par 4 groupes moteurs-ventilateurs et disposés sous le châssis de façon telle que, ni le sens de marche, ni la présence d'une remorque ou d'un autorail couplé ne puissent influencer sur le refroidissement. La moitié des radiateurs est ventilée lorsque les Diesel fonctionnent à 1 200 ou 1 300 tours. La ventilation de l'autre moitié est commandée par un thermostat qui la met en action lorsque la température de l'eau atteint 65° et l'arrête quand elle retombe à 50°. On obtient dans ces conditions une température de sortie de l'eau constamment maintenue entre 50 et 65° par les plus grands froids et entre 60 et 75° l'été. La puissance maxima absorbée par les 4 groupes ventilateurs en service ne dépasse pas 4,8 kW.

c) Auxiliaires.

Ceux-ci sont alimentés par une batterie d'accumulateurs au cadmium-nickel de 54 éléments 72/90 V, de 143 A/h. La charge de cette batterie est assurée dans tous les cas :

1° dans la marche sous caténaire, par un groupe convertisseur 1 500/100 V à démarrage en deux temps;

2° dans la marche Diesel par les excitatrices. Celles-ci donnant environ 45 V au ralenti et 100 V pour toutes les autres vitesses des Diesel, la batterie est chargée au ralenti par les 2 excitatrices en série et sur les autres crans par une seule machine. A ce moment, les ventilateurs des radiateurs sont alimentés par l'autre excitatrice, ce qui répartit d'une manière satisfaisante les puissances demandées aux deux groupes.

La batterie alimente les circuits d'éclairage et de contrôle ainsi que le groupe moto-compresseur de freinage et les pompes de la chaudière de chauffage. Enfin, elle assure le lancement des moteurs Diesel, son courant étant pour cela envoyé dans les génératrices qui fonctionnent alors en moteurs série.

4° Équipement de chauffage.

On aurait pu songer à installer dans ces autorails : d'une part, le chauffage électrique en cas de circulation sous caténaire et, d'autre part, le chauffage par les gaz d'échappement comme

dans la plupart des autorails Diesel. Mais, comme il aurait été également nécessaire de munir l'autorail, conformément à la pratique de l'ex-réseau P.O.-Midi, d'une chaudière à vapeur pour assurer son propre préchauffage ainsi que le chauffage des voitures du parc pouvant être prises en remorque, il a paru préférable d'installer uniquement un chauffage à vapeur, la chaudière prévue étant assez puissante pour alimenter à la fois les circuits de chauffage de l'autorail et de la remorque.

La chaudière choisie est du type « La Mont » à circulation forcée alimentée au gas oil, capable de donner jusqu'à 120 kg de vapeur à l'heure et dont l'encombrement est particulièrement réduit, puisqu'elle tient dans un compartiment de 0,70 m × 1 m placé dans un des angles de la salle des machines. L'alimentation en eau est assurée par un groupe moto-pompe électrique branché sur la batterie et comportant à la fois la pompe alimentaire et la pompe de circulation de l'eau dans la chaudière. Les radiateurs sont du type Westinghouse à régulateurs thermostatiques.

La circulation se fait sur l'autorail en circuit fermé avec récupération de la vapeur condensée, de façon à réduire le poids d'eau transporté et à éviter le plus possible le renouvellement de l'eau vaporisée pour ralentir l'entartrage des tubes de la chaudière.

5^o Freinage.

Le freinage en service est assuré par un frein air comprimé direct et automatique, modérable, du type Jourdain-Monneret, comportant un cylindre par roue agissant sur 2 sabots. Ce frein fonctionne par dépression dans la conduite générale et permet le freinage des véhicules du parc munis du frein Westinghouse.

Pour les freinages d'urgence, il a été ajouté des patins de frein électromagnétique (2 par bogie) munis de semelles de 1,25 m de longueur, suspendues directement aux boîtes d'essieu.

Enfin, un frein à vis de secours et d'immobilisation du véhicule à l'arrêt est actionné par un volant placé dans chaque cabine de conduite agissant sur les 4 sabots de l'essieu extérieur du bogie correspondant.

RÉSULTATS DES ESSAIS

Avant leur montage sur les autorails, les moteurs Diesel Alsthom-Ganz ont subi les essais au banc prévus par la spécification type pour la fourniture d'automotrices à moteurs thermiques des Grands Réseaux français. L'essai de 72 heures, exécuté sur le prototype, a donné des résultats satisfaisants. Il a fait ressortir au régime nominal (250 ch et 1 300 t/mn), une consommation de 178,9 gr de gas oil et de 4,8 gr d'huile de graissage par ch.h.

Les essais de réception des autorails sur voie ont eu lieu au cours des premiers mois de 1939 sur la Région du Sud-Ouest en utilisant les lignes rayonnant autour de Tarbes, c'est-à-dire à proximité immédiate des usines des constructeurs, ce qui a facilité beaucoup la mise au point de ces engins complètement nouveaux. Ces lignes présentent des caractéristiques extrêmement diverses allant depuis le palier jusqu'aux déclivités de 43 ‰ inclusivement et, comme elles sont pour la plupart électrifiées, elles se prêtaient très bien aux essais variés prévus par le cahier des charges, tant en traction électrique qu'en traction Diesel. Les essais autour de Tarbes ont été complétés par quelques circulations à très grande vitesse sur la ligne de Dax à Bordeaux.

Le tableau ci-après résume la vitesse de régime qu'il est possible d'obtenir sur les diverses rampes d'une part en traction Diesel, d'autre part en traction électrique, l'autorail circulant seul ou bien accouplé à une remorque de 49 t constituée par une voiture métallique de grandes lignes montée sur bogies.

	Autorail seul en charge (poids total 64 tonnes)		Autorail avec remorque de 49 t. (poids total 64 + 49 = 113 T)	
	Traction électrique (1600 v.)	Traction Diesel	Traction électrique (1600 v.)	Traction Diesel
Palier	145 km/h	135 km/h	130 km/h	120 km/h
Rampes de 5...	125	113	102	91
Rampes de 10.	106	95	81	68
— 15.	92	79	—	50
— 20.	83	66	—	37
— 25.	—	55	—	28
— 30.	—	45	—	—
— 43.	—	31	—	—

Les courbes des figures 6 et 7 condensent ces résultats (courbes d'aptitude en rampes).

Au point de vue des démarrages, les courbes

des figures 8 et 9 donnent les vitesses atteintes successivement en fonction de l'espace parcouru.

En palier, avec le réglage des relais d'intensité

Fig. 6.

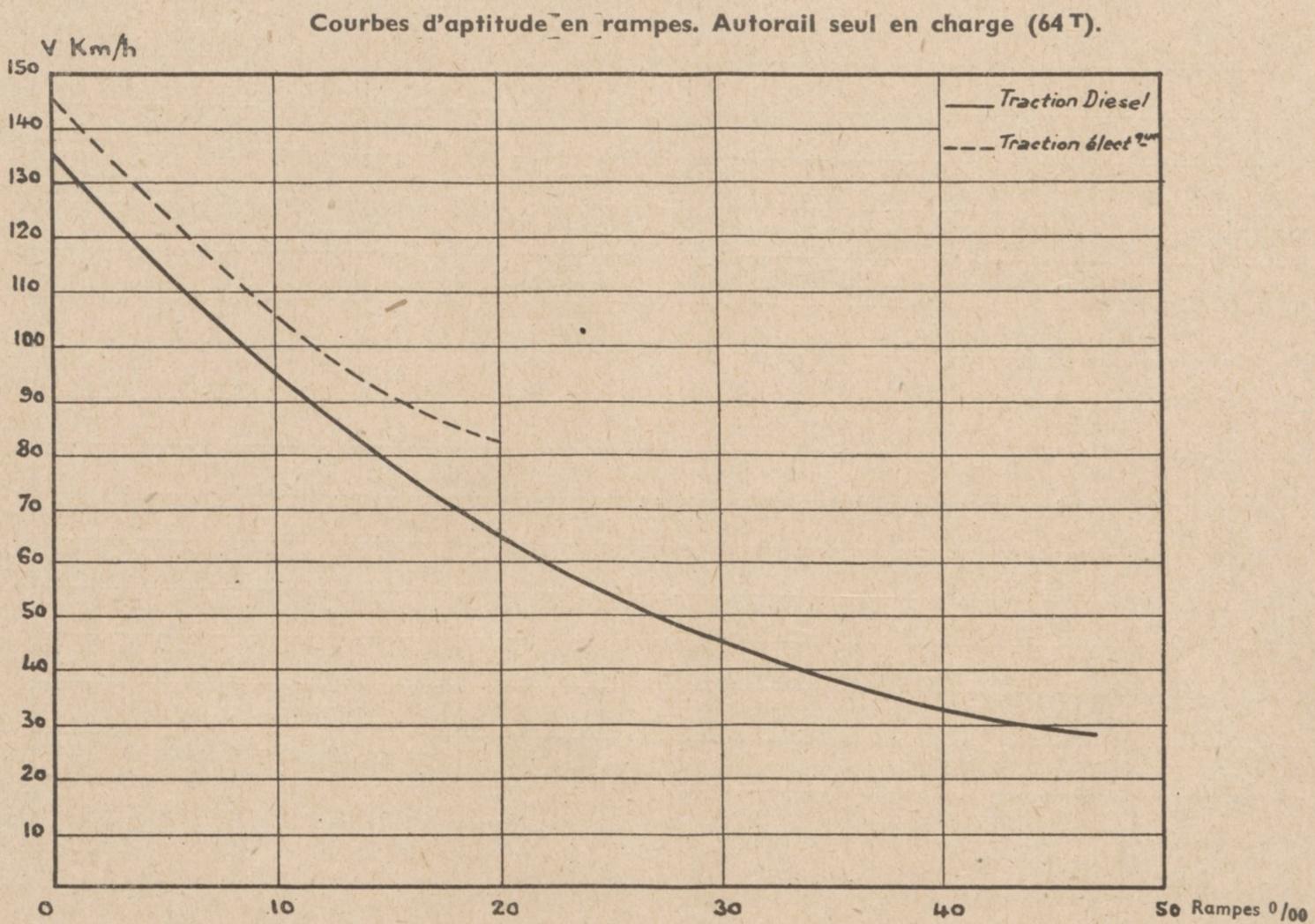
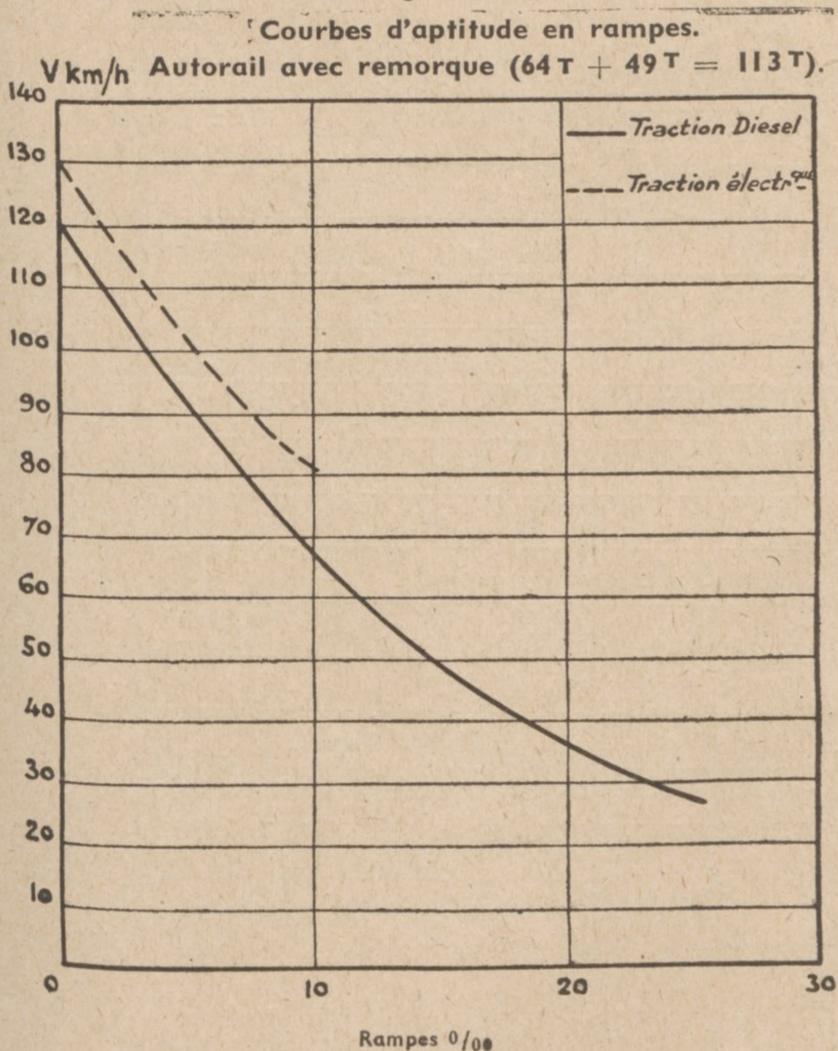


Fig. 7



existant au moment des essais, l'accélération moyenne de l'autorail en charge entre 0 et 60 km/h atteint 0,55 m par sec. par sec., alors qu'en traction Diesel, elle n'atteint dans les mêmes conditions, que 0,35 par sec. par sec. environ. Cela tient à ce que les moteurs électriques de traction, possédant une capacité de surcharge momentanée très élevée, peuvent utiliser à plein cette capacité lorsqu'ils sont alimentés par la caténaire, surtout si cette dernière est réglée, comme dans la région de Tarbes, à un potentiel de l'ordre de 1 600 à 1 650 V très supérieur à celui de 1 350 V sous lequel ils donnent leur puissance continue totale de 300 kW. Au contraire, en traction Diesel, les moteurs de traction ne peuvent prendre que la puissance produite par les Diesel qui ne saurait dépasser 500 ch en aucun cas, cette puissance étant elle-même réduite du fait que le rendement des génératrices électriques est notablement inférieur à 1. Cependant, même dans ces conditions, les performances imposées au marché ont été satisfaites, bien que le poids de

Fig. 8.

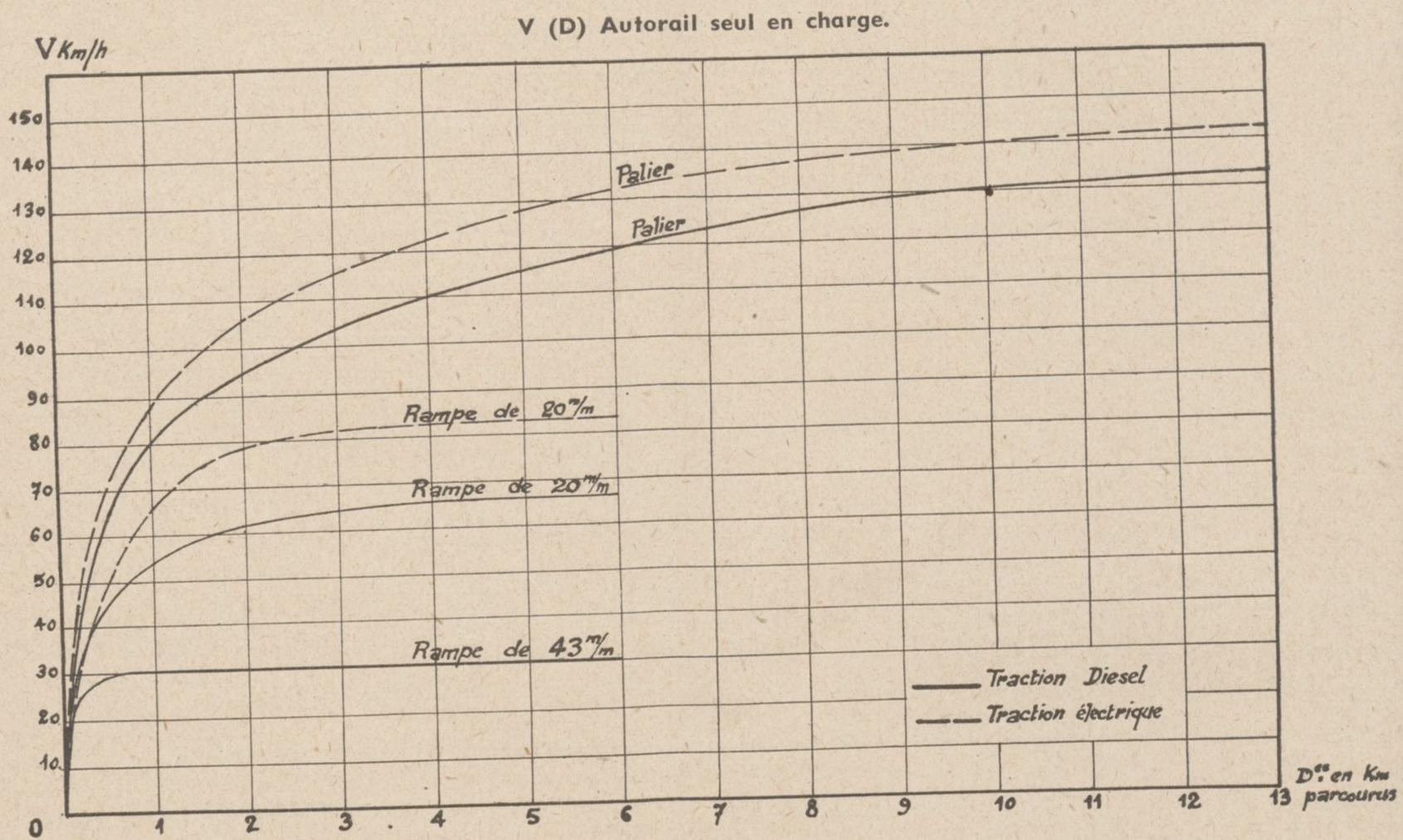
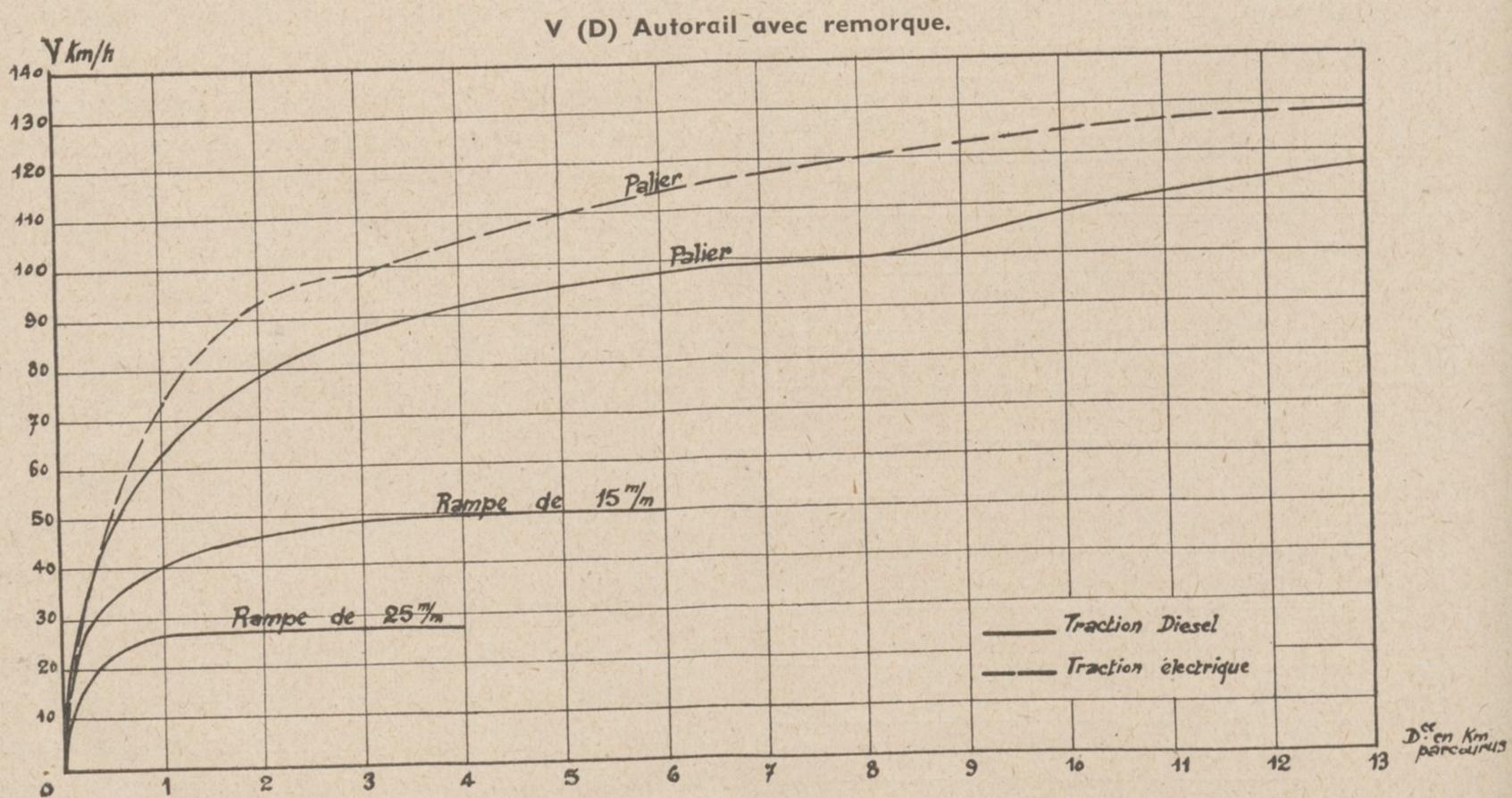


Fig. 9.



l'autorail (55 t à vide en ordre de marche et 64 t en charge normale) ait dépassé sensiblement les prévisions initiales du constructeur.

La tenue en ligne de ces engins a été satisfaisante, même aux plus grandes vitesses qui ont pu être atteintes. Ainsi ont été confirmés, une fois de plus, les bons résultats donnés par les bogies d'autorails sans traverse danseuse et où la charge de la caisse est reportée sur le bogie uniquement par des patins latéraux.

Depuis la terminaison de leurs essais, les 2 autorails Alsthom-Soulé ont été affectés au centre de Bordeaux où ils assurent notamment des services

Bordeaux - Bergerac et Bordeaux - Périgueux (marche sous caténaire de Bordeaux à Libourne ou à Coutras et marche Diesel de Libourne à Bergerac ou de Coutras à Périgueux). A noter que, sur ces parcours, les vitesses limites de 140 km/h entre Bordeaux, Libourne et Coutras, et de 130 km/h entre Coutras et Périgueux, ont été récemment autorisées en principe pour les autorails par le Ministère des Travaux Publics; dès que les conditions auxquelles a été subordonnée cette autorisation seront remplies, ces nouveaux engins permettront de pratiquer ces vitesses sans difficulté.

NOTE SUR LA TRANSMISSION ALSTHOM-ROYER

La transmission de la puissance entre le moteur thermique et les organes de roulement d'un autorail doit être telle que, quelles que soient les conditions de traction (poids, vitesse, profil de la ligne...) la puissance à la jante puisse être, au rendement près, aussi voisine que possible de la puissance maxima susceptible d'être produite par le moteur. Si P est la puissance nominale du moteur en ch, F l'effort total aux jantes des essieux moteurs en kilogrammes, V la vitesse de l'autorail en km/h et ρ le rendement de la transmission, une transmission idéale réaliserait à chaque instant la relation :

$$\rho \times P \times 75 = F \times \frac{V}{3,6} \quad \text{ou} \quad P = \frac{F.V}{270 \rho}$$

cette relation ne pouvant d'ailleurs être satisfaite qu'entre les deux limites extrêmes de fonctionnement qui sont déterminées, d'une part, par la condition d'adhérence ($F \leq f.Pa$, f étant le coefficient de frottement maximum admissible entre roue et rail et Pa le poids adhérent) et, d'autre part, par la vitesse maxima du véhicule.

D'un autre côté, la puissance du moteur étant liée au couple C et au nombre de tours par minute N par la relation $P = C \times \frac{2\pi N}{60}$

on pourrait songer à maintenir la puissance constante en faisant varier en sens inverse le couple et la vitesse du moteur. Malheureusement, les moteurs thermiques ne peuvent donner qu'un couple limité et ne développent leur puissance maxima qu'à un nombre de tours bien déterminé. On est donc conduit à rendre la vitesse du moteur aussi indépendante que possible de la vitesse de l'autorail.

C'est dans ce but que, dans les transmissions mécaniques, on prévoit un certain nombre de réductions d'engrenages, chacune correspondant à une zone d'utilisation dans laquelle le moteur ne fonctionne effectivement à pleine puissance qu'à une vitesse déterminée du véhicule; mais si l'on veut que la puissance effective ne s'écarte pas trop de la pleine puissance du moteur,

on est conduit à multiplier le nombre de ces zones en réduisant leur étendue, ce qui devient rapidement prohibitif puisqu'on multiplie en même temps le nombre d'engrenages nécessaires. En outre, la discontinuité qui se produit à chaque changement de la combinaison d'engrenages impose aux organes délicats de moteur des chocs nuisibles à leur bonne conservation.

Dans les transmissions électriques, le problème peut être résolu d'une manière beaucoup plus approchée. En effet, si les moteurs de traction sont du type ordinaire à courant continu et excitation série, les efforts aux jantes se traduisent électriquement par l'intensité du courant nécessaire pour les développer et il suffit de réaliser une installation génératrice telle que si U est la tension en volts, I l'intensité en ampères, ρ le rendement de la génératrice et P la puissance en ch du moteur, on ait constamment, à une vitesse sensiblement constante :

$$P = \frac{U I}{736 \rho}$$

P peut être pris égal, soit à la puissance nominale du moteur thermique, soit à une fraction bien déterminée de cette puissance, et, par conséquent, considéré comme constant. Tout revient donc à faire varier U par l'excitation de la génératrice, de manière que le produit U I reste sensiblement constant dans les limites d'utilisation.

Les divers systèmes peuvent se classer en deux catégories principales :

1° ceux qui cherchent à réaliser la régulation de la puissance absorbée par des moyens purement électriques en fonction de facteurs extérieurs au moteur Diesel (intensité absorbée, vitesse du véhicule) et qui utilisent des relais ou des excitatrices extérieures;

2° ceux qui ne réalisent électriquement qu'une régulation approchée et qui font intervenir les réactions du moteur Diesel pour parfaire le réglage, soit directement par une extrême

sensibilité des génératrices à la vitesse du moteur, soit indirectement en faisant modifier les excitations par des servo-moteurs et rhéostats commandés par le régulateur du moteur Diesel.

Les systèmes de la première catégorie présentent l'inconvénient d'opérer comme si la puissance utilisable était rigoureusement constante, alors que la puissance d'un Diesel varie suivant les conditions du moment (températures de l'air et de l'huile, qualité et densité du gas oil, sensibilité du régulateur...); cette puissance peut même diminuer parfois dans des proportions importantes lorsqu'un incident se produit à une pompe, un injecteur, une soupape, etc... et, dans ce cas, la régulation purement extérieure peut être nuisible ou même dangereuse puisqu'elle tend toujours à utiliser la puissance nominale et, par suite, à caler le moteur.

Le dispositif Alsthom-Royer est un système qui rentre dans la 2^e catégorie; il consiste à utiliser un moteur thermique à injection maxima limitée par une butée fixe et un groupe formé d'une génératrice principale à trois enroulements d'excitation (séparée, shunt et anti-compound) et d'une excitatrice ayant des caractéristiques internes extrêmement sensibles à la vitesse.

A une vitesse déterminée du moteur Diesel, l'excitatrice donne une certaine tension et assure ainsi une excitation séparée de valeur déterminée. L'enroulement série antagoniste diminue

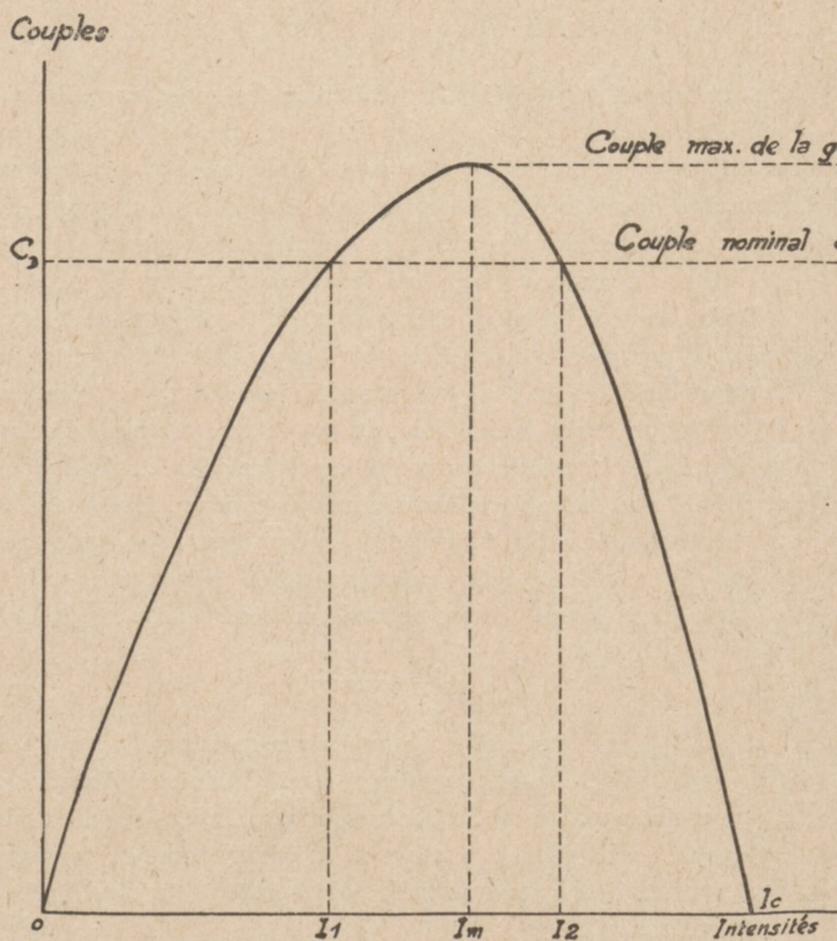
On obtient ainsi une sécurité absolue contre les surintensités et le patinage, ce qui évite toute consigne pour le démarrage et tout appareillage de protection.

La courbe de la puissance absorbée en fonction de l'intensité, tracée à la vitesse nominale du Diesel, c'est-à-dire à l'échelle près la courbe du couple résistant à cette vitesse (puisque $C = K \frac{U I}{N}$), présente la forme indiquée sur la figure 10; elle a

deux points à puissance nulle ($I = 0$ et $I = I_c$ correspondant à l'intensité de court-circuit pour laquelle $U = 0$) et elle passe par un maximum supérieur à la puissance nominale du Diesel pour un courant I_m .

Il existe donc deux points d'équilibre correspondant à des courants I_1 et I_2 pour lesquels le couple résistant de la génératrice est égal au couple nominal du Diesel CD. Si l'intensité s'établit entre ces deux valeurs, le couple résistant tendant à dépasser le couple moteur, la vitesse du groupe se met à diminuer, ce qui provoque l'affaiblissement de la puissance produite par le Diesel et, comme l'excitatrice est étudiée de façon à donner une tension aux bornes diminuant très rapidement avec la vitesse, on obtient un affaiblissement notablement plus marqué du couple résistant et un nouvel équilibre s'établit pour une

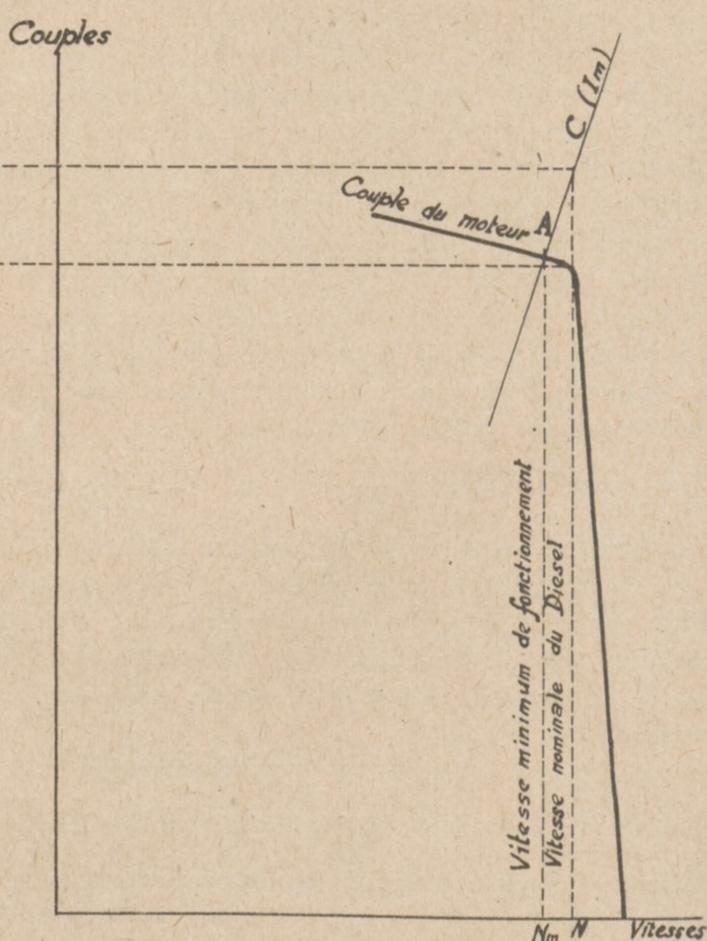
Fig. 10.



cette excitation d'une valeur croissant avec le courant débité, ce qui provoque une diminution de la tension quand le courant augmente. Enfin, l'enroulement shunt qui donne une excitation supplémentaire décroissant avec la tension accentue cet effet. On obtient ainsi une certaine courbe $U = f(I)$ qui donne une tension nulle pour un courant maximum dit de court-circuit.

Il suffit de déterminer les différents enroulements de manière que ce courant maximum soit inférieur à la valeur limite admissible pour les circuits électriques et les conditions d'adhérence.

Fig. 11.



vitesse inférieure à la vitesse nominale, mais très voisine de celle-ci.

On peut exprimer mathématiquement ces remarques en supposant, ce qui est sensiblement le cas pour des machines peu saturées, que les flux sont proportionnels aux ampères-tour.

Si l'on désigne par : n le nombre de spires, N le nombre de tours du moteur, Φ le flux, la tension aux bornes U est donnée par :

$$U = n N \Phi$$

Le flux Φ est la somme de trois termes donnés respectivement par :

- 1° l'excitation séparée qui est de la forme $a N^\alpha$
- 2° l'excitation shunt qui est de la forme $b U$
- 3° l'excitation anticompond qui est de la forme $- c I$

On peut donc écrire :

$$U = n N (a N^\alpha + b U - c I)$$

d'où :

$$U = \frac{n N (a N^\alpha - c I)}{1 - n b N}$$

et le couple résistant :

$$C = K \frac{U I}{N} = K n I \frac{a N^\alpha - c I}{1 - n b N}$$

On réalise facilement des excitatrices envoyant dans l'excitation séparée, au voisinage de la vitesse nominale, un courant tel que :

$$\alpha = \frac{3}{2}$$

Si, dans ces conditions, on trace la courbe C relative au courant I_m supposé constant en fonction de la vitesse (Fig. 11), on constate que cette courbe est très inclinée, si bien que le nouveau point d'équilibre A où cette courbe coupe celle qui représente le

points de base sont $I_1 = 225 \text{ A}$ et $I_2 = 400 \text{ A}$. Entre ces deux valeurs, les conditions les plus défavorables sont obtenues pour :

$$I_m = 310 \text{ A} \quad N_m = 1\,255 \text{ t/mn} \quad P = 246 \text{ ch}$$

Ainsi, la vitesse reste constante à 3,5% près, ce qui correspond à une perte de puissance de 1,6%.

Des essais ont été effectués sur un moteur à 6 cylindres en supprimant totalement l'admission de combustible à l'un des cylindres, le couple moteur étant ainsi réduit de 21%. On constate que la vitesse ne baisse alors que de 9% et le fonctionnement dans ces conditions n'est pas dangereux pour le moteur car il n'en résulte pas de surcharge sensible sur les autres cylindres.

Dispositions particulières.

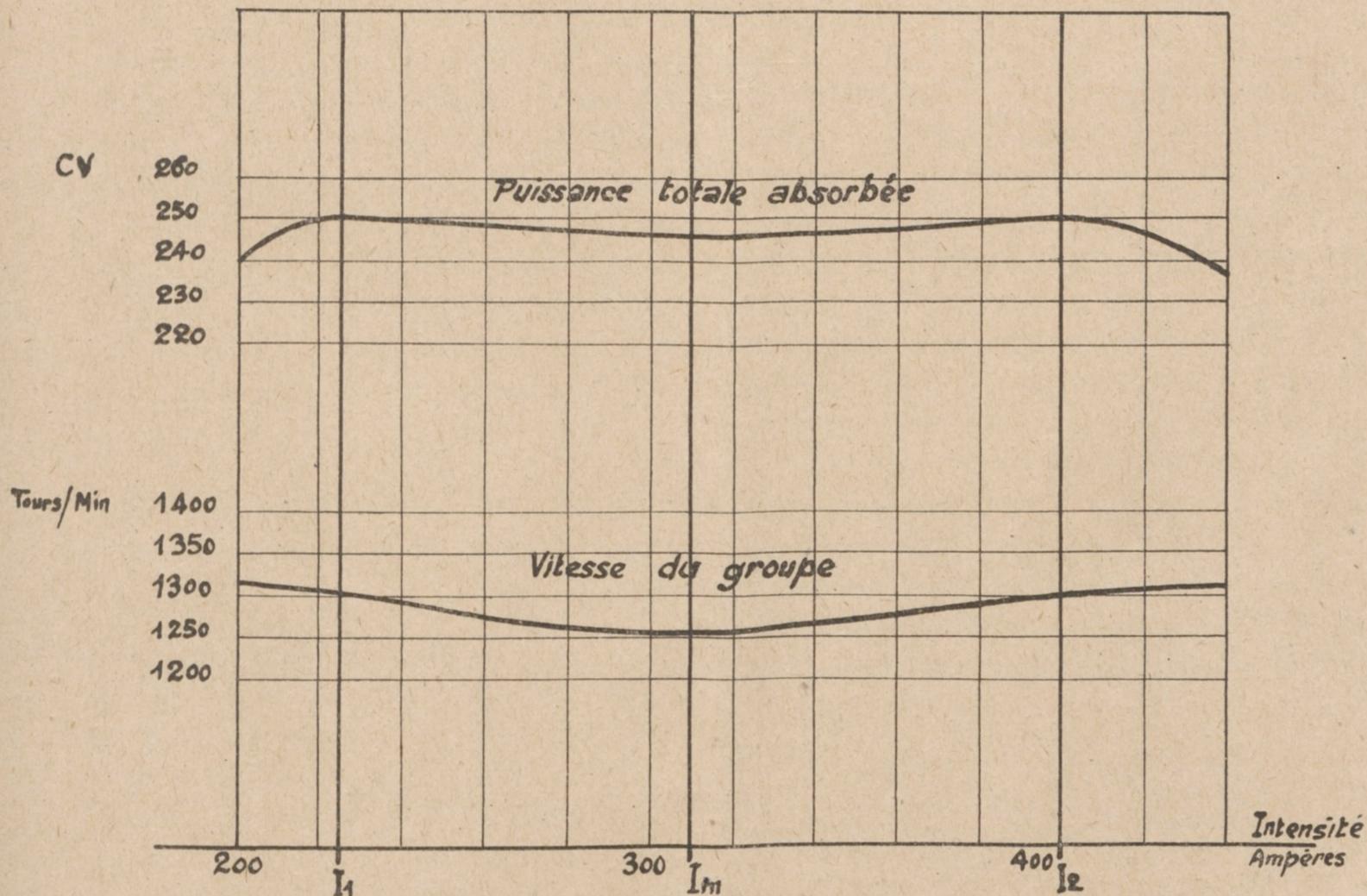
Pour éviter la multiplication des machines, les excitatrices sont utilisées pour l'alimentation des divers groupes auxiliaires de l'automotrice; en vue d'éviter toute influence nuisible des variations de leur charge sur la régulation, ces excitatrices sont compoundées de façon à avoir une tension indépendante de l'intensité qu'elles débitent.

Les divers enroulements d'excitation à fil fin (excitation shunt des génératrices auxiliaires, excitations séparées et shunt des

Fig. 12,

— Caractéristiques de régulation —

Relevées en essais officiels le 21-12-38



couple moteur, s'établit à une vitesse N_m très peu inférieure à la vitesse nominale N .

La figure 12 montre les caractéristiques relevées aux essais d'un moteur Diesel plombé à 250 ch et 1 300 t/mn. Les deux

génératrices principales) sont dimensionnés de façon à n'être soumis qu'à des échauffements très faibles (de l'ordre de 40 à 50 degrés); ils sont en outre connectés avec des résistances de réglage en constantan qui représentent environ les 2/3 de

la résistance totale du circuit. Il en résulte que l'influence des variations de température possibles des enroulements sur la régulation, compte tenu de la sensibilité à la vitesse, est absolument négligeable.

Zone de régulation.

Le système Alsthom-Royer permet ainsi d'assurer une régulation sensiblement parfaite dans une zone théorique $I_1 I_2$ caractérisée par un rapport $\frac{I_2}{I_1} = 1,7$ à $1,8$ environ, ce qui correspond à des efforts aux jantes F_1 et F_2 tels que $\frac{F_2}{F_1} = 2,1$ à $2,3$. Pratiquement, on a la puissance constante légèrement au delà

des deux points de base. Dans le cas de l'automotrice Alsthom 500 ch, la courbe figure 12 montre que la puissance est sensiblement constante de 210 à 420 A ($\frac{I_2}{I_1} = 2$) correspondant à des efforts aux jantes extrêmes de $F_1 = 1150$ à $F_2 = 2950$ kg ($\frac{F_2}{F_1} = 2,56$) et à des vitesses de 86 et 27 km/h environ.

On obtient une seconde zone de fonctionnement en shuntant les moteurs de traction, ce qui fait correspondre aux mêmes courants des efforts aux jantes plus petits ($F'_1 = 760$ kg à 125 km/h pour 210 A). On a ainsi un fonctionnement à puissance sensiblement constante dans une zone d'efforts $\frac{F_2}{F'_1} = 3,88$.