

ACEC

Revue



1 9 5 5

NUMÉRO 4



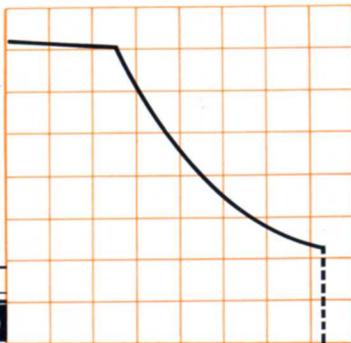
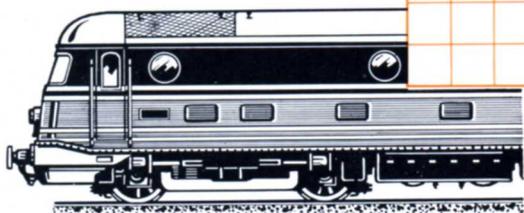
SOMMAIRE

LES LOCOMOTIVES DIESEL-ELECTRIQUES Bo-Bo TYPE 201 DE LA S.N.C.B.

LE CONTROLE DES BOBINAGES DES MACHINES ROTATIVES EN COURS DE FABRICATION.

MAGNETISME ET TOLES A CRISTAUX ORIENTES.

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DE CHARLEROI





Les LOCOMOTIVES DIESEL - ÉLECTRIQUES

Bo Bo Type 201 de la S N C B



La Société Nationale des Chemins de Fer Belges (SNCB) vient de mettre en service une série de cinquante-cinq locomotives Diesel électriques Bo-Bo, type 201, d'une puissance de 1 600 CV. Le moteur Diesel Baldwin a été construit par la Société JOHN COCKERILL de Seraing qui a fourni également les bogies.

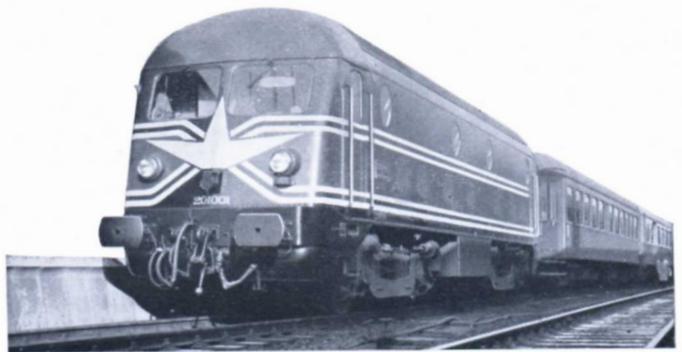
La caisse de la locomotive a été construite par les ATELIERS METALLURGIQUES DE NIVELLES et la Société BAUME ET MARPENT. Les ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DE CHARLEROI ont réalisé l'équipement pour la transmission électrique de la puissance de l'arbre du Diesel aux essieux.

Le présent article expose le but poursuivi par la transmission électrique, fait ressortir ses avantages et explique son fonctionnement. Il décrit également l'équipement électrique de ces locomotives.

Introduction

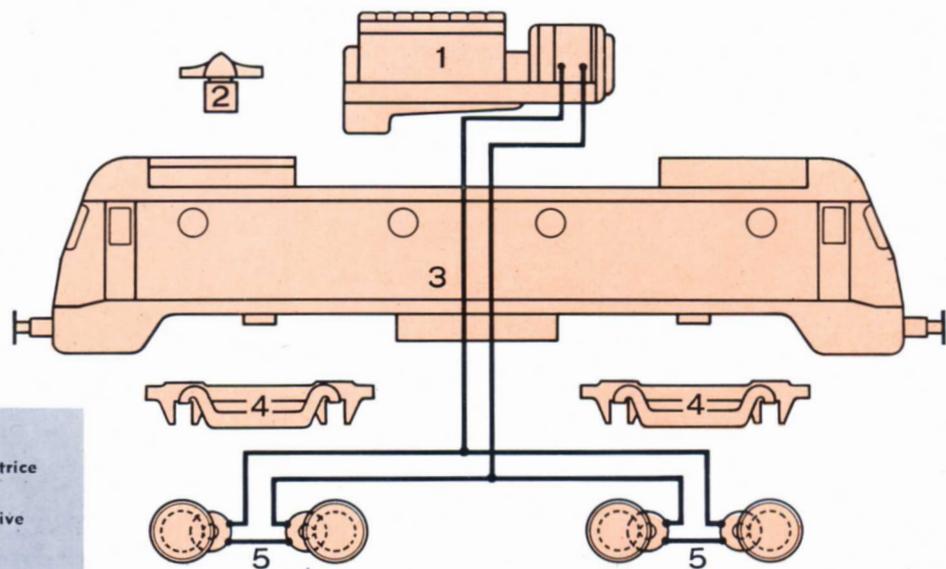
L'équipement des locomotives Diesel-électriques Bo-Bo, type 201, comporte : un groupe Diesel-génératrice installé au centre de la caisse et quatre moteurs de traction entraînant les essieux (fig. 1). L'énergie mécanique produite sur l'arbre du Diesel est transformée en énergie électrique dans la génératrice, d'où elle est répartie par des câbles aux moteurs de traction qui la retransforment en énergie mécanique pour être appliquée aux essieux.

Mais, si le principe de la transmission électrique de ces locomotives est facile à saisir, l'analyse de son fonctionnement est plus difficile à comprendre et, pour l'expliquer, il faut d'abord rappeler les caractéristiques d'un moteur Diesel.



LOCOMOTIVE DIESEL ELECTRIQUE Bo-Bo,
TYPE 201 DE LA S.N.C.B.

Eléments constitutifs



- 1 — Groupe Diesel génératrice
- 2 — Ventilateur
- 3 — Caisse de la locomotive
- 4 — Chassis des bogies
- 5 — Essieux moteurs

Caractéristiques du moteur Diesel

Le couple développé par ce moteur sur l'arbre dépend du travail produit dans chaque cylindre. Ce travail est fonction de la quantité de combustible injecté, laquelle est limitée par le volume de comburant disponible, c'est-à-dire par la cylindrée. La cylindrée étant constante, l'injection est constante et le travail produit par chaque cylindre est également

constant. C'est pourquoi le moteur Diesel développe un couple pratiquement constant à toutes ses vitesses de rotation (fig. 2).

La puissance de ce moteur varie donc proportionnellement à sa vitesse. Pour augmenter la puissance, il faut accroître la vitesse. Mais la vitesse du moteur est aussi limitée soit par la résistance mécanique de ses pièces aux efforts d'inertie, soit par l'échauffement ; à partir d'un certain régime de ro-

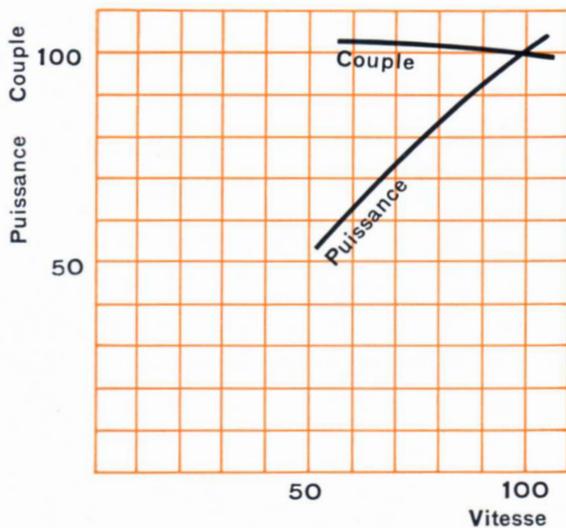


FIG. 2. — CARACTERISTIQUES D'UN MOTEUR DIESEL.

tation, l'eau de refroidissement ne parvient plus à évacuer les calories communiquées aux parois des cylindres. Cette vitesse limite détermine la puissance maximum ou « pleine puissance » que le Diesel est capable de produire.

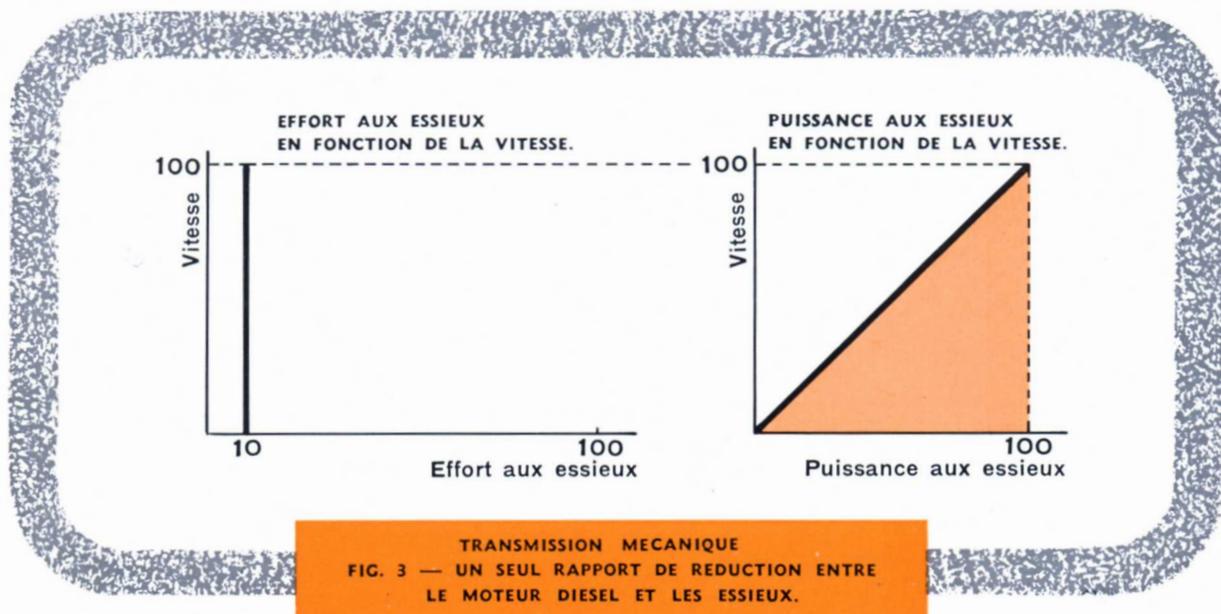
Ce moteur, à couple constant, ne convient pas pour un service de traction. Un moteur de traction doit pouvoir développer une fois et demi à deux fois son couple nominal, pendant le démarrage, afin d'obtenir une accélération rapide du véhicule. Le démarrage terminé, son couple peut être réduit à la faible valeur requise pour vaincre la résistance au roulement et entretenir la vitesse du véhicule. Il faudra donc intercaler, entre le Diesel et les essieux, un *transformateur de couples* capable de modifier l'effort appliqué aux jantes afin de réaliser un véhicule mieux adapté à un service de traction.

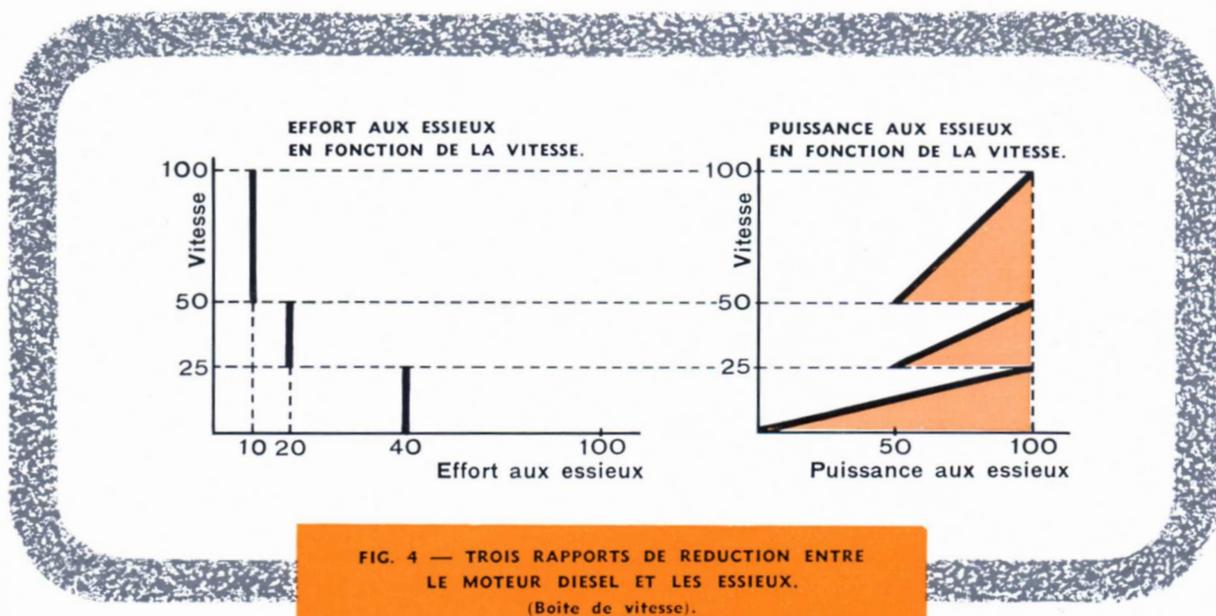
La Transmission Mécanique

Une transmission mécanique établit une liaison rigide entre l'arbre du Diesel et les essieux. Le couple développé sur l'arbre est multiplié par le rapport de réduction de la transmission avant d'être appliqué aux essieux. Mais ce couple étant constant, l'effort aux jantes sera constant dans toute la gamme des vitesses du véhicule (fig. 3).

La puissance transmise varie donc proportionnellement à la vitesse du véhicule. La puissance maximum sera obtenue lorsque le moteur thermique et le véhicule atteignent la vitesse maximum. Cette transmission utilise fort mal le Diesel puisque toute la mise en vitesse s'effectue avec une puissance inférieure à la pleine puissance du moteur.

La transmission mécanique peut être améliorée par l'emploi d'une *boîte de vitesses* permettant d'intercaler divers rapports de réduction entre le moteur et les essieux. Le conducteur démarre en embrayant sur le plus grand rapport de réduction, de manière à développer le maximum d'effort aux jantes et obtenir le maximum d'accélération. Mais, comme la vitesse du moteur thermique augmente proportionnellement à celle du véhicule, bientôt le Diesel tourne à sa vitesse maximum en développant sa pleine puissance. Pour accroître encore la vitesse du véhicule, sans augmenter celle du Diesel, le conducteur doit se décider à passer à un rapport de réduction plus faible de la transmission, en modifiant la position du levier de changement de vitesse. Cette modification du rapport de réduction a pour effet non seulement de réduire, pour une même vitesse du véhicule, la vitesse correspondante du Diesel,





mais elle diminue également la valeur de la puissance transmise (fig. 4). Le conducteur garde la transmission embrayée sur cette nouvelle position du levier de changement de vitesse, jusqu'à ce que le Diesel tourne à nouveau à sa vitesse maximum et ainsi de suite.

Le démarrage du véhicule s'effectue par l'application aux jantes d'une série d'efforts décroissants et qui sont constants dans des gammes successives de vitesses. Le diagramme de la puissance, communiquée aux essieux, montre que la boîte de vitesses utilise mieux le Diesel puisque la pleine puissance du moteur est transmise une fois pour chacun des rapports de réduction.

Pour améliorer encore l'utilisation du Diesel, il faudrait augmenter le nombre de rapports de réduction de la boîte de vitesses.

A la limite, l'utilisation du moteur thermique sera parfaite si nous disposons d'une boîte de vitesses permettant d'intercaler un nombre infini de rapports de réduction entre le Diesel et les essieux. Dans ce cas, il sera possible de transmettre, à tous moments, la pleine puissance du moteur thermique. L'effort aux jantes variera en fonction de la vitesse, suivant les ordonnées d'une hyperbole équilatère, puisque le produit des deux variables : effort \times vitesse, est constant et égal à la pleine puissance du Diesel (fig. 5).

La Transmission Electrique

La transmission idéale, utilisant toujours la pleine puissance du Diesel, doit permettre au moteur thermique de tourner constamment à sa vitesse maximum. La transmission électrique, en supprimant la liaison rigide entre le Diesel et les essieux, réalise précisément cette condition. Elle ne sert donc pas seulement à communiquer l'énergie de l'arbre du

moteur thermique aux essieux mais constitue surtout un transformateur de couple parfait qui modifie l'effort aux jantes de façon continue en fonction de la vitesse de la locomotive de manière à utiliser intégralement et pendant tout le démarrage, la puissance strictement limitée que le Diesel est capable de produire.

La transmission électrique présente encore d'autres avantages résultant de la suppression de la liaison rigide entre le Diesel et les essieux :

- a) Elle permet une plus grande liberté de montage. Le moteur thermique peut être installé au centre de la caisse de la locomotive ; tous ses éléments sont aisément accessibles pour les travaux de réparation et d'entretien.
- b) La puissance motrice est facilement répartie entre tous les essieux de la locomotive, chacun d'eux étant entraîné individuellement par un moteur.
- c) Lorsque le démarrage du train est terminé, la puissance demandée au Diesel peut être ramenée à la faible valeur requise pour maintenir la vitesse du train.

Comme la vitesse du Diesel est indépendante de celle des essieux, on peut profiter de cette réduction de la puissance requise pour réduire la vitesse du moteur thermique. Ce mode de réglage de la puissance est avantageux, car le Diesel tournant moins vite, s'use beaucoup moins.

La Transmission Electrique à puissance constante

La transmission électrique peut communiquer à tous moments la pleine puissance du Diesel aux essieux ; toutefois, cette puissance n'est effective-

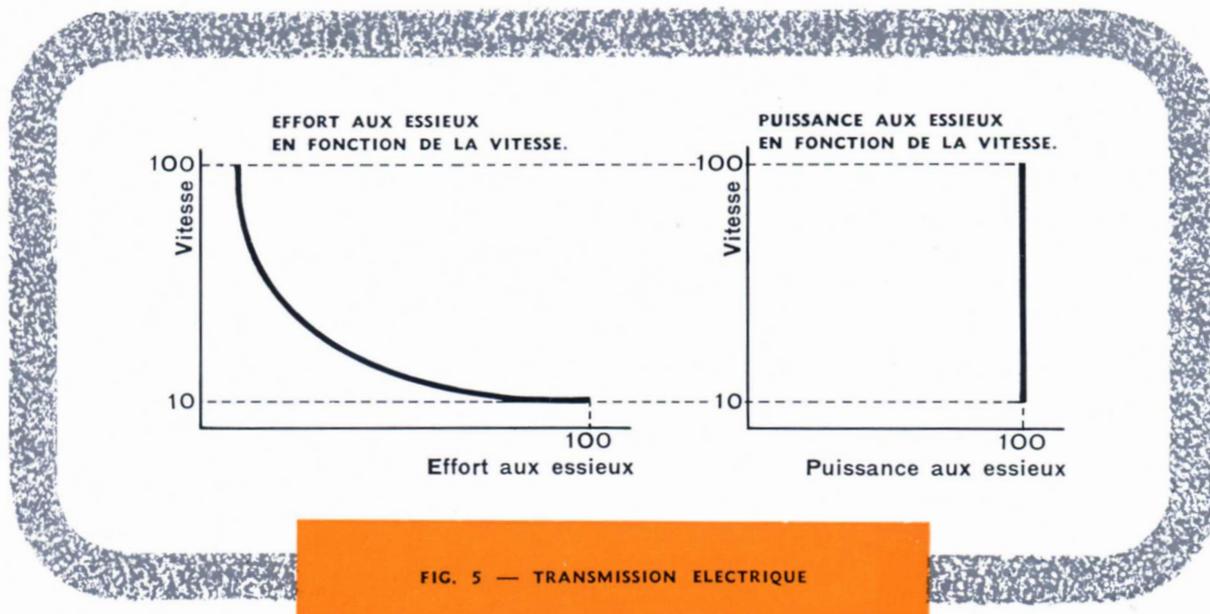


FIG. 5 — TRANSMISSION ELECTRIQUE

ment transmise que si la génératrice l'absorbe sur l'arbre :

- a) Si la génératrice demande une puissance inférieure à la puissance maximum du Diesel, celui-ci déchargé tend à s'emballer. Mais le régulateur de vitesse intervient et réduit l'injection de manière à ramener la puissance du moteur thermique à la valeur de celle absorbée par la génératrice. Le Diesel tourne à sa vitesse maximum en développant une puissance inférieure à la pleine puissance ; il est mal utilisé.
- b) Si la génératrice tend à extraire du Diesel une puissance supérieure à la puissance maximum, celui-ci surchargé, ralentit. Le régulateur de vitesse ayant ouvert l'injection au maximum, ne peut que maintenir le couple du Diesel à sa valeur maximum ; le couple de la génératrice dimi-

nuant avec la vitesse, l'équilibre des couples peut donc se rétablir moyennant une chute de vitesse du groupe moteur générateur. Mais à cause de cette chute de vitesse, la puissance produite par le Diesel est réduite dans le rapport de la réduction de la vitesse.

Il faut donc régler, à tout instant, l'excitation de la génératrice d'après le courant débité pour maintenir la puissance extraite au moteur thermique constante et égale à la pleine puissance. Afin de décharger le conducteur des manœuvres de réglage de l'excitation de la génératrice, d'après la lecture d'instruments de mesure, les locomotives Diesel électriques modernes sont équipées d'une *transmission électrique qui maintient automatiquement constante la puissance absorbée* au moteur thermique.

La génératrice de cette transmission fonctionnant

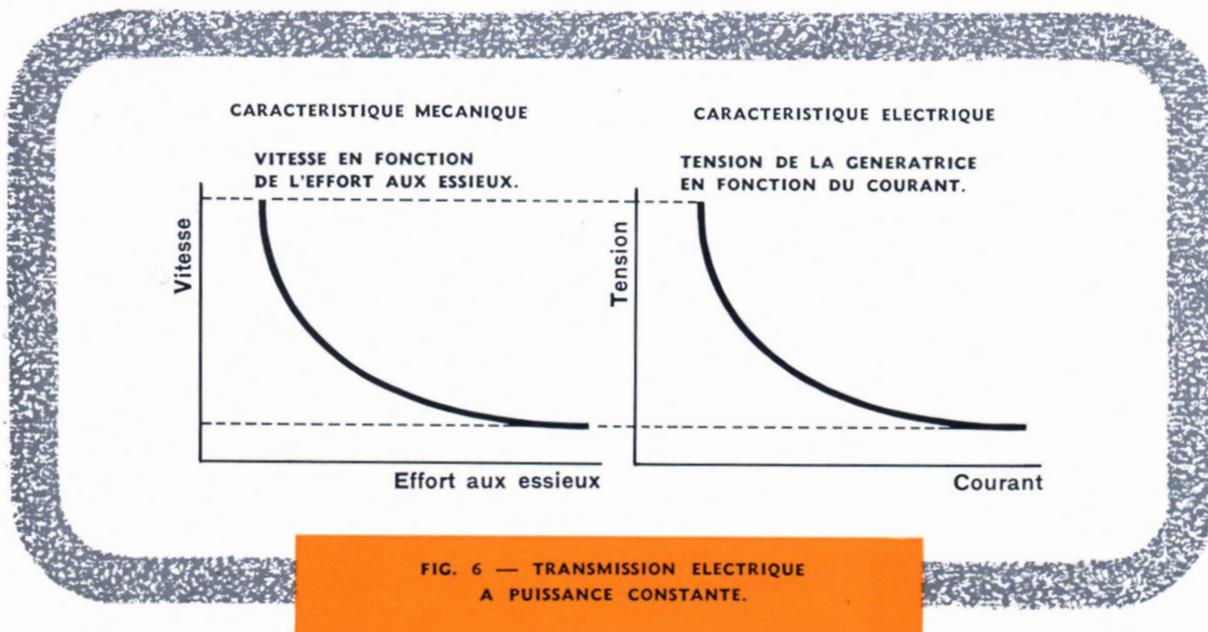


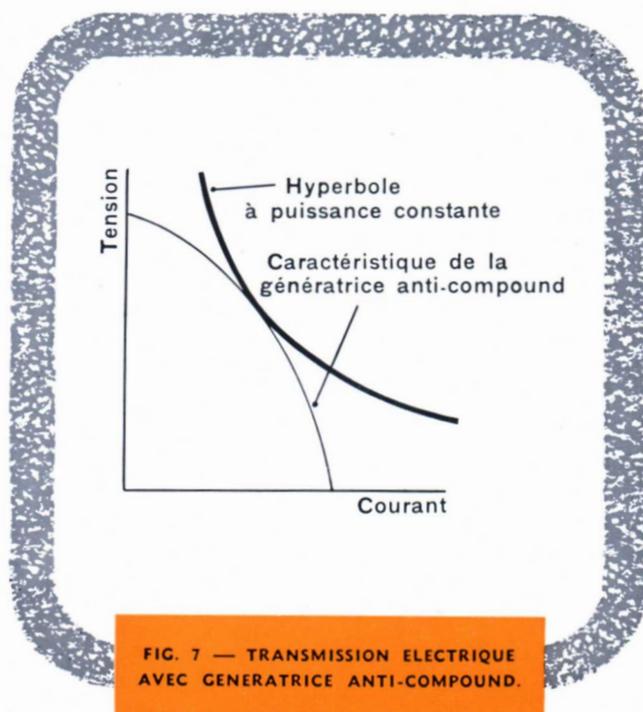
FIG. 6 — TRANSMISSION ELECTRIQUE A PUISSANCE CONSTANTE.

à puissance constante, le produit du courant débité par la tension aux bornes est constant. En d'autres termes, sa caractéristique tension en fonction du courant est une hyperbole équilatère, analogue à la caractéristique mécanique de la locomotive : vitesse en fonction de l'effort au crochet (fig. 6). Le facteur tension correspond au facteur vitesse ; le facteur courant, au facteur effort.

Il faut donc adopter, pour la transmission électrique, une génératrice dont la tension aux bornes diminue en fonction du courant débité. Une *génératrice anticompound* possède cette propriété. Rien d'étonnant que les premiers équipements de locomotives Diesel électriques aient utilisé une génératrice de ce genre, à deux excitations : une excitation magnétisante shunt et une excitation démagnétisante constituée par quelques spires parcourues par le courant de l'induit.

Toutefois, la caractéristique tension en fonction du courant d'un groupe générateur anticompound est loin de coïncider avec l'hyperbole correspondant au fonctionnement à puissance constante. Les deux courbes ont leur concavité tournée en sens opposé et ne se juxtaposent que très approximativement dans la zone des valeurs moyennes de courant (fig. 7).

a) Aux forts courants, la tension de la génératrice est trop faible pour extraire au Diesel sa pleine puissance ; la puissance, communiquée dans ces conditions, aux essieux, est trop faible, précisément au début du démarrage où il serait néces-



saire de disposer du maximum de puissance pour obtenir une mise en vitesse rapide du train.

b) De même, aux faibles courants, la tension et, par conséquent, la puissance de la génératrice sont également trop faibles et il n'est pas possible de lancer le train à une vitesse aussi élevée que celle que l'on pourrait escompter en utilisant la pleine puissance du Diesel.

La Transmission Electrique

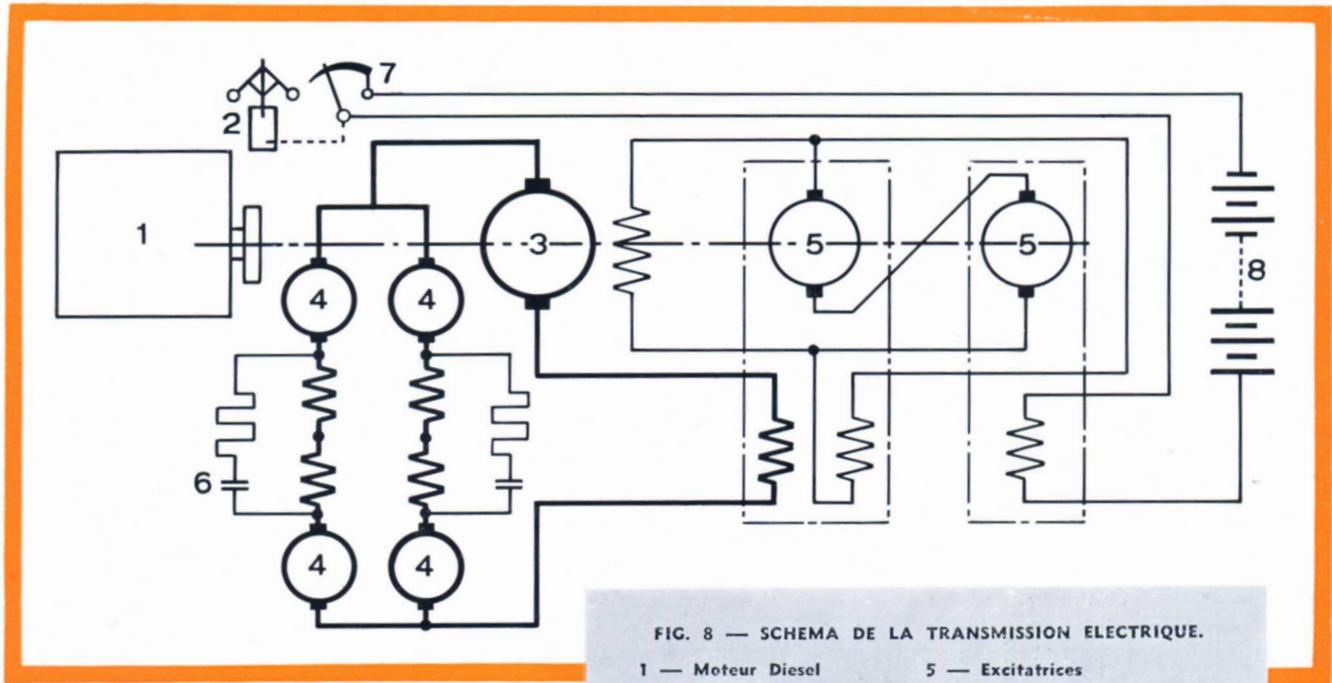
DES LOCOMOTIVES Bo Bo type 201

La génératrice anticompound peut être remplacée par un groupe générateur dont les inducteurs de la génératrice sont alimentés par une excitatrice anticompoundée par le courant débité. L'emploi d'une *excitatrice spéciale* permet de plus de réaliser une caractéristique du groupe générateur, tension en fonction du courant, dont la concavité est tournée vers le haut. Cette caractéristique s'adapte mieux à l'hyperbole correspondant au fonctionnement à puissance constante et, par conséquent, utilise la pleine puissance du Diesel à toutes les tensions, c'est-à-dire dans toute la gamme des vitesses de la locomotive.

Pour obtenir cette caractéristique voisine de l'hyperbole, il faut pousser très fortement l'excitation de la génératrice aux faibles courants ; par conséquent, la caractéristique tension d'excitation en fonction du courant de la génératrice doit également avoir sa concavité tournée vers le haut. Ce résultat

est obtenu dans le système de transmission équipant les locomotives, type 201, en alimentant les inducteurs de la génératrice par deux excitatrices connectées en série (fig. 8).

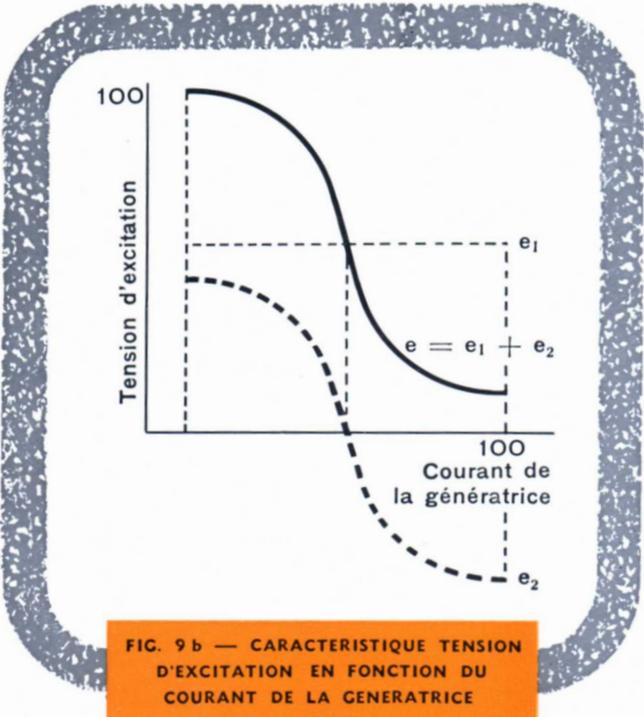
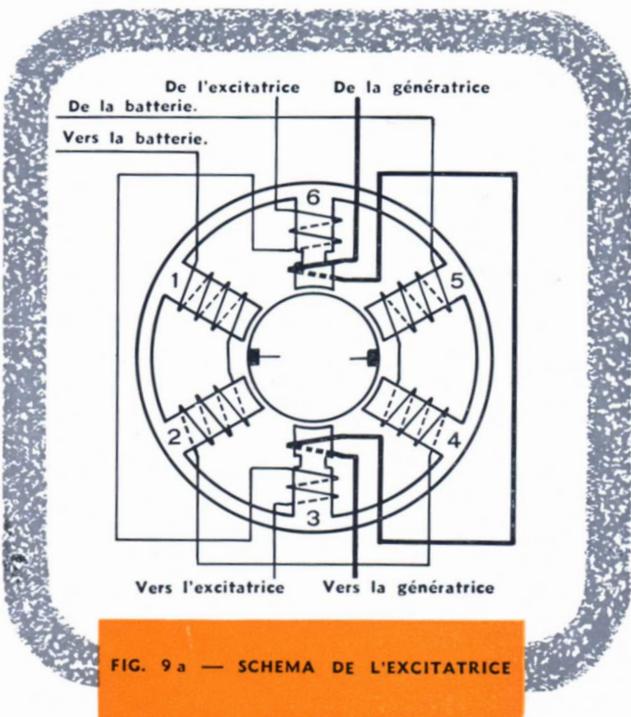
La première excitatrice E_1 possède une excitation séparée constante ; elle donne une tension e_1 constante, indépendante du courant de la génératrice. La seconde excitatrice E_2 a une excitation shunt et est fortement anticompoundée par le courant de la génératrice ; son circuit magnétique se sature rapidement car ses pôles sont creusés d'une striation. La tension e_2 de cette machine diminue très rapidement en fonction du courant débité par la génératrice ; et au delà d'une certaine valeur de ce courant, sa tension s'inverse. La caractéristique totale d'excitation (fig. 9 a) s'obtient en additionnant algébriquement les tensions $e_1 + e_2$, et on réalise ainsi une caractéristique tension d'excitation en fonction du courant de la génératrice dont la con-



cavité est tournée vers le haut. En proportionnant convenablement les trois enroulements inducteurs de cette double excitatrice, il est possible de construire un groupe générateur dont la caractéristique tension en fonction du courant passe par trois points de l'hyperbole à puissance constante et qui coïncide pratiquement avec cette courbe.

Constructivement, les deux excitatrices sont réunies en une seule machine (fig. 9 b). L'induit tourne entre six pôles : les pôles 1-2-4-5 appartiennent à

l'excitatrice E_1 , ils portent un enroulement inducteur alimenté à la tension constante de la batterie ; les pôles 3-6, creusés d'une striction, appartiennent à l'excitatrice E_2 ; ils portent l'enroulement inducteur shunt et quelques spires démagnétisantes parcourues par le courant de la génératrice. Les deux lignes de balais recueillent une tension qui est la somme algébrique des tensions induites sous les quatre pôles



de l'excitatrice E_1 et sous les deux pôles de l'excitatrice E_2 .

La génératrice alimente les quatre moteurs de traction du type série ; ces moteurs sont connectés en permanence dans le couplage série parallèle (fig. 8).

A l'instant initial du démarrage, la puissance demandée au Diesel doit être réduite. En effet, à ce moment, la tension étant très faible, le courant correspondant à la pleine puissance serait supérieur à celui que pourrait supporter la génératrice et les moteurs de traction. Le courant débité est limité au maximum admissible en diminuant la puissance du Diesel par réduction de sa vitesse. Lorsque la locomotive démarre, la tension de la génératrice s'élève et le courant de démarrage de 3 600 ampères est maintenu par augmentation de la puissance du Diesel en élevant sa vitesse de rotation (fig. 10).

A 12 Km/h, le Diesel tourne à sa vitesse maximum en développant sa pleine puissance. A partir de cette vitesse, la transmission fonctionne automatiquement à puissance constante.

A 42 Km/h, la génératrice atteint la tension de 900 V. Afin de pouvoir transmettre la pleine puissance du Diesel, dans une gamme supérieure de vitesses de la locomotive, sans être obligé d'accroître encore la tension de la génératrice et, par conséquent, l'encombrement de cette machine, on recourt à l'artifice du shuntage des inducteurs des moteurs de traction, par une résistance. Dans un moteur série à inducteur shunté, une partie du courant de l'induit est dérivée dans une résistance branchée aux bornes des inducteurs. Le flux magnétique étant ainsi ré-

duit, la force contre électromotrice induite pour une même vitesse de la locomotive, diminue. Par l'effet du shuntage des moteurs de traction, le point de fonctionnement de la génératrice redescend en un point de tension inférieur de l'hyperbole à puissance constante. La partie supérieure de la caractéristique est ainsi utilisée à nouveau dans une gamme plus élevée de vitesses de la locomotive. Sur les locomotives type 201, les inducteurs des moteurs de traction sont ainsi shuntés quatre fois consécutivement jusqu'à 70 %, ce qui permet, sans rien changer à l'équipement, de transmettre aux essieux la pleine puissance du Diesel dans les vitesses s'étendant de 42 à 120 km/h.

L'Autorégulateur de charge

La transmission électrique des locomotives type 201, utilise la puissance nette de 1 600 CV disponible sur l'arbre du Diesel dans toute la gamme de vitesses s'étendant de 12 à 120 km/h. Mais encore faut-il que cette transmission automatique, à puissance constante, ne se dérègle pas.

Il existe deux causes de dérèglement : l'une réside dans l'équipement électrique, l'autre provient du moteur Diesel lui-même :

- Lorsque les inducteurs de machines électriques sont parcourus par le courant, ils s'échauffent et leur résistance augmente. Donc, si la transmission a été réglée pour communiquer aux essieux la pleine puissance du Diesel, avec les machines électriques à l'état froid, les courants d'excitation diminuant avec l'échauffement, la puissance transmise à chaud sera trop faible.
- Le Diesel peut être déficient : par exemple, si une tuyauterie d'injection se bouche, le cylindre alimenté par ce conduit ne produit plus de travail. La puissance du moteur thermique est réduite dans le rapport du nombre de cylindres inertes, au nombre total de cylindres. La transmission électrique, qui n'est pas avertie de cet incident, continue à demander à l'arbre du Diesel la pleine puissance et le moteur, ainsi surchargé, finirait par se bloquer.

Il faut donc utiliser un dispositif compensateur des effets de température sur la valeur de la puissance transmise et un dispositif correcteur qui ramène, sans cesse, la valeur de la puissance absorbée par la génératrice à celle que le Diesel est réellement capable de produire dans toutes les circonstances.

Ce dispositif compensateur et correcteur est constituée par un petit rhéostat placé dans le circuit de l'excitation indépendante de l'excitatrice E_1 (fig. 8). Ce rhéostat autorégulateur de charge est commandé, au moyen d'un servo-moteur hydraulique, par le régulateur de vitesse du Diesel :

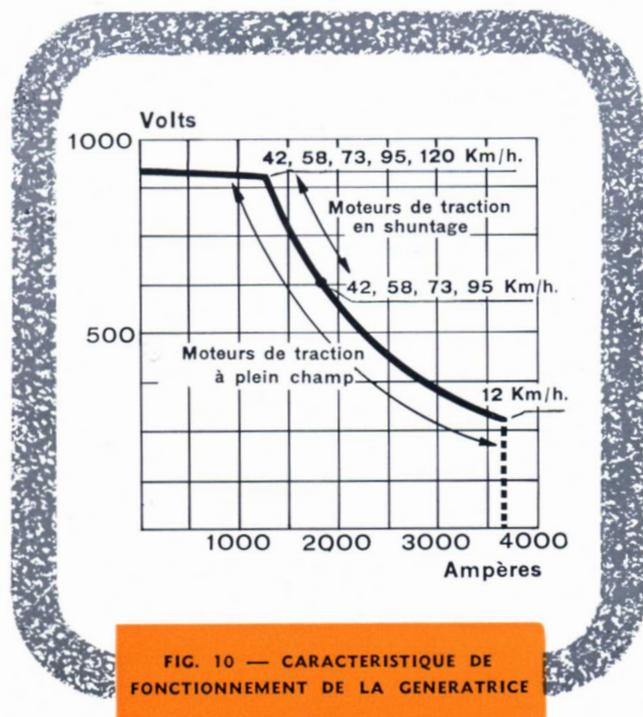


FIG. 10 — CARACTERISTIQUE DE FONCTIONNEMENT DE LA GENERATRICE

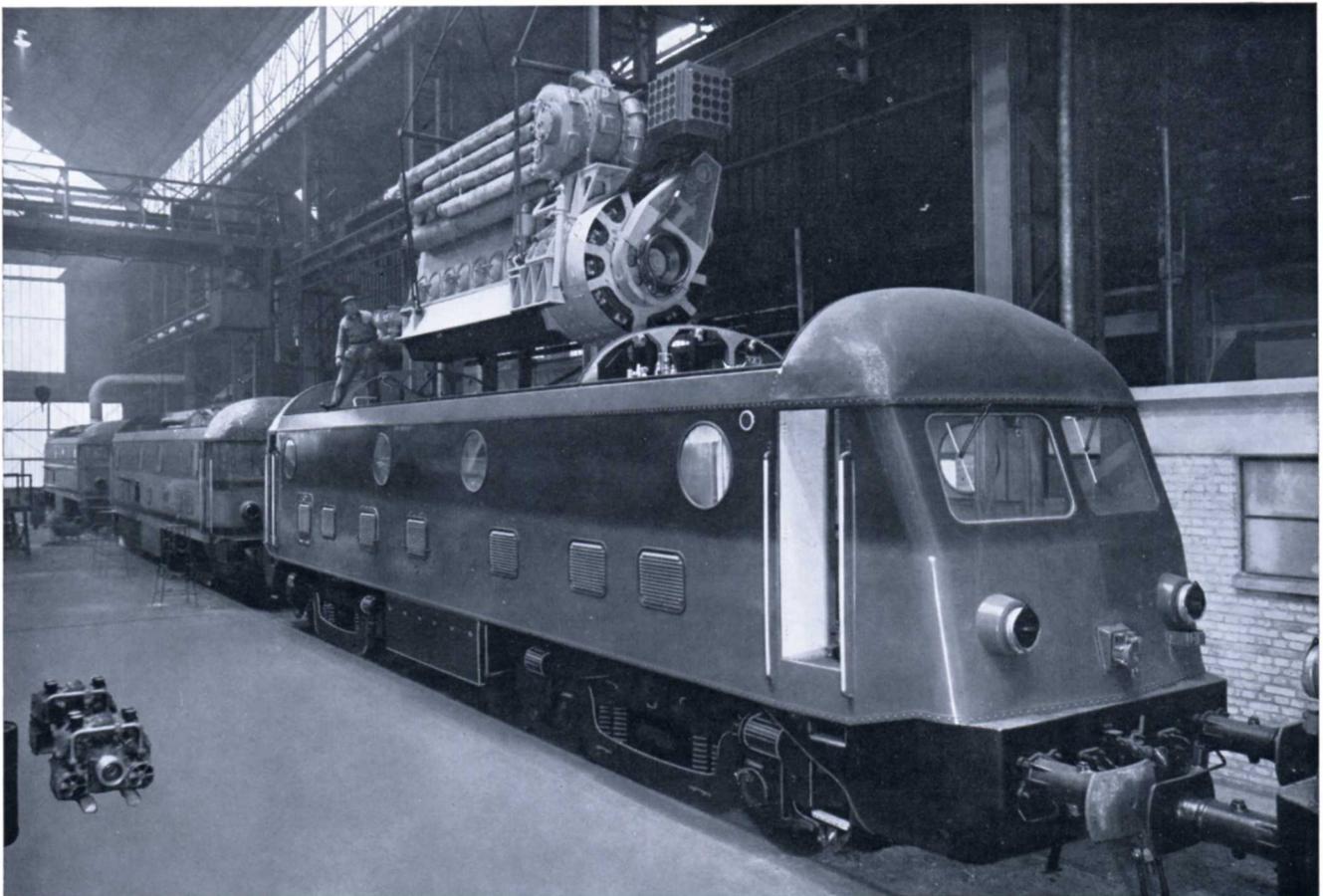
- a) Supposons que la génératrice tende à absorber une puissance supérieure à celle que le Diesel peut produire. Le moteur thermique, surchargé, ralentit et son régulateur commence d'abord par ouvrir, progressivement, l'injection de manière à augmenter la puissance du Diesel. Ce n'est qu'après avoir ouvert l'injection au maximum, c'est-à-dire après avoir porté la puissance du Diesel à sa plus haute valeur que le régulateur, par l'intermédiaire du servo-moteur, commence par manœuvrer le rhéostat de l'autorégulateur de charge. Il augmente la résistance de ce rhéostat de manière à réduire l'excitation du groupe générateur ramenant ainsi la puissance transmise par le système électrique à la puissance maximum que le Diesel est réellement capable de produire.
- b) Si, par suite de l'échauffement des inducteurs, la génératrice extrait une puissance trop faible au moteur thermique, le Diesel accélère. Son ré-

gulateur, par l'intermédiaire du servo-moteur, élimine d'abord la résistance du rhéostat autorégulateur de charge de façon à augmenter la puissance transmise.

Ce n'est qu'après avoir court-circuité le rhéostat autorégulateur de charge, c'est-à-dire après avoir porté à sa valeur maximum, la puissance absorbée par la génératrice, que le régulateur de vitesse réduira, si c'est encore nécessaire, l'injection et, par conséquent, la puissance produite par le Diesel.

Ainsi, moyennant de faibles variations de la vitesse de rotation du moteur, autour de sa valeur maximum, l'action combinée du régulateur de vitesse sur l'injection et sur l'autorégulateur de charge rétablit constamment l'égalité entre la puissance transmise par l'équipement électrique et la puissance que peut réellement produire le Diesel, en toutes circonstances.

FIG. 11. — INSTALLATION DE L'EQUIPEMENT DE LA LOCOMOTIVE DIESEL ELECTRIQUE TYPE 201.

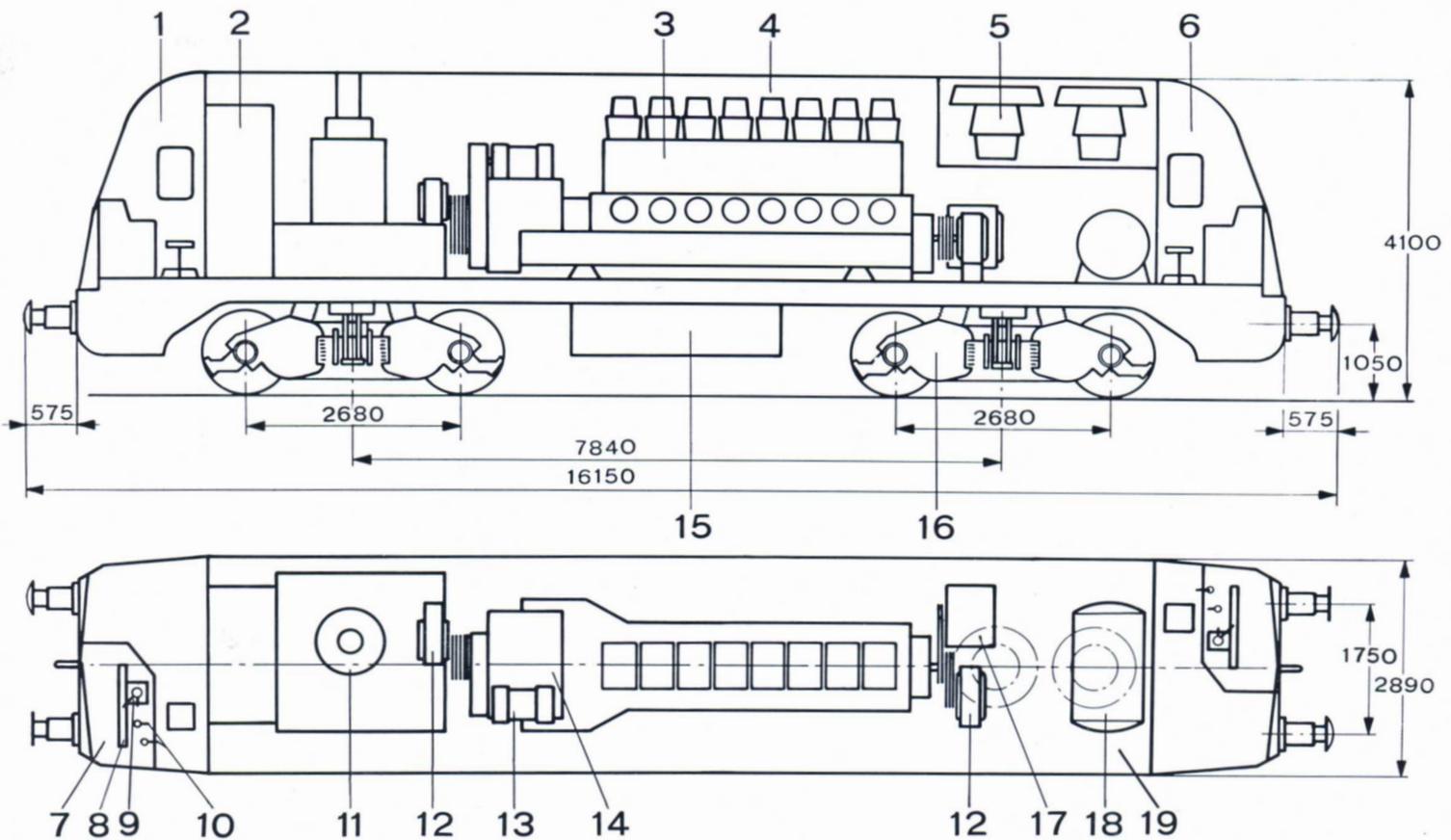


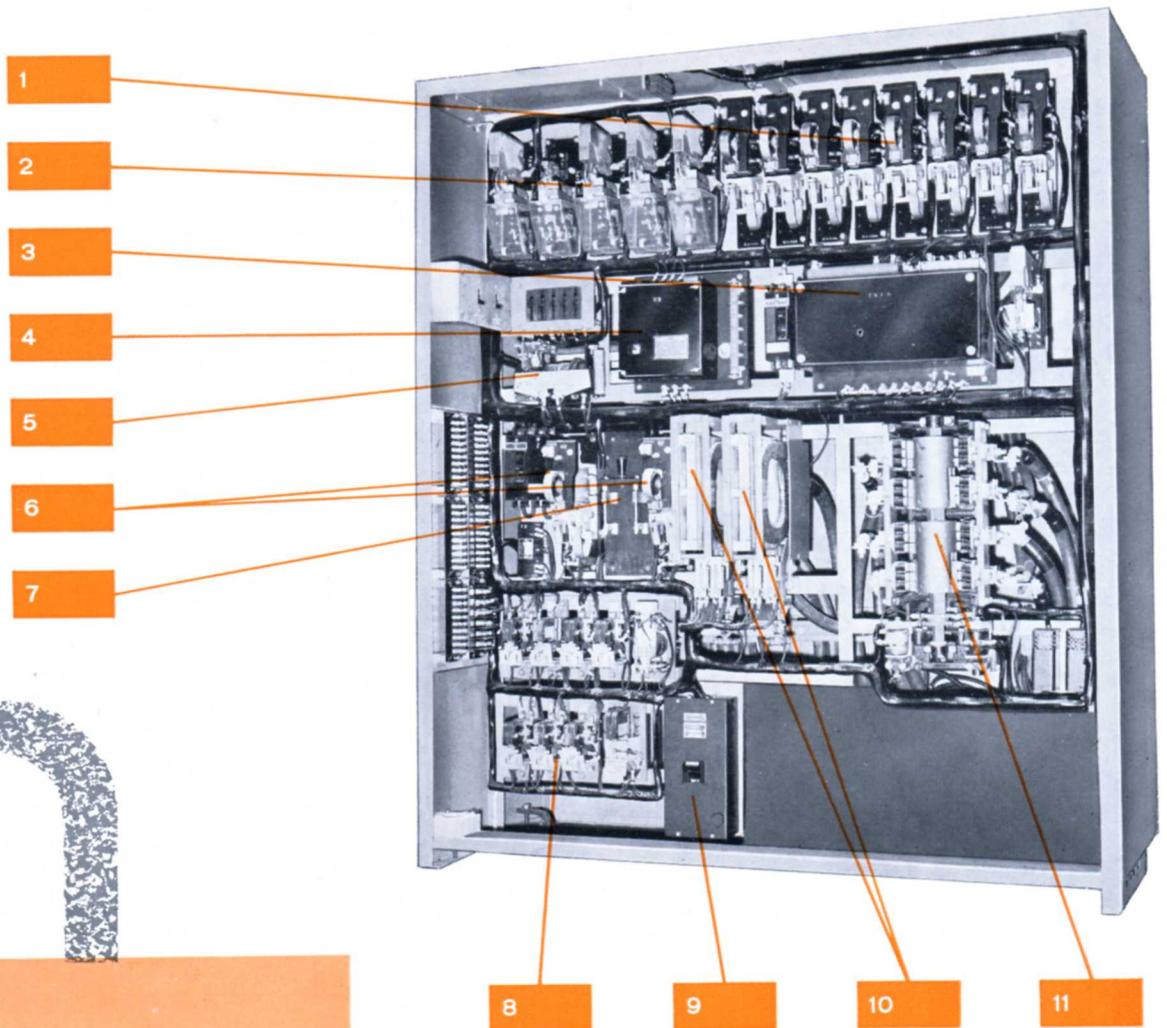
L'Équipement Electrique

DES LOCOMOTIVES DIESEL ÉLECTRIQUES type 201

La caisse de la locomotive repose sur deux bogies à deux essieux. Cette caisse est divisée en un compartiment central et deux postes de conduite, un à chaque extrémité (fig. 11). Le groupe Diesel-génératrice occupe l'emplacement central du compartiment. A chacune de ses extrémités, le groupe Diesel génératrice entraîne, par l'intermédiaire de courroies, un ventilateur pour les deux moteurs de traction de chaque bogie. En outre, le Diesel com-

mande encore directement un compresseur. De part et d'autre du moteur thermique, sont installés un bloc radiateur du Diesel et une chaudière à mazout, pour la production de la vapeur de chauffage des trains de voyageurs. Enfin, tout l'appareillage est réuni dans une armoire s'ouvrant du côté poste de conduite (fig. 12). Deux couloirs latéraux facilitent la circulation entre les postes de conduite.





- 1 — Cabine n° I
- 2 — Armoire d'appareillage
- 3 — Moteur Diesel
- 4 — Compartiment central
- 5 — Moteurs-ventilateurs des radiateurs du Diesel
- 6 — Cabine n° II
- 7 — Pupitre du poste de conduite
- 8 — Tableau de bord
- 9 — Manipulateur
- 10 — Robinet du frein à air comprimé
- 11 — Chaudière pour le chauffage des trains de voyageurs
- 12 — Ventilateur des moteurs de traction
- 13 — Groupe excitatrice - génératrice auxiliaire
- 14 — Génératrice principale
- 15 — Batterie d'accumulateurs
- 16 — Moteurs de traction
- 17 — Compresseur
- 18 — Réservoir principal d'air comprimé
- 19 — Couloir latéral

- 1. Contacteurs de shuntage des moteurs de traction.
- 2. Contacteurs de la génératrice auxiliaire, des moteurs de ventilateurs des radiateurs, des circuits d'excitation.
- 3. Contrôleur entraîné par un servo-moteur électrique pour la commande des contacteurs de shuntage.
- 4. Régulateur de tension de la génératrice auxiliaire.
- 5. Conjoncteur-disjoncteur.
- 6. Contacteurs pour le lancement du Diesel.
- 7. Sectionneur de batterie.
- 8. Contacteur pour services auxiliaires et relais.
- 9. Disjoncteur De-ion pour la protection des moteurs de ventilateurs des radiateurs du Diesel.
- 10. Contacteurs électropneumatiques d'alimentation des moteurs de traction.
- 11. Inverseur du sens de marche à commande électropneumatique.

Le poids de la locomotive se décompose comme suit :

— Poids du moteur Diesel	17,6 T.
— Poids de l'équipement électrique	22,6 T.
— Poids de la partie mécanique	40,2 T.
— Poids du combustible	3,6 T.
— Poids total	84 T.

Circuit de la génératrice principale

(fig. 13).

La génératrice est placée dans un berceau commun au moteur Diesel et entraînée directement par celui-ci (fig. 14). La génératrice est prévue pour une puissance de 1 160 kW en régime continu correspondant au débit de 2 150 amp. sous une tension de 540 volts.

Le Diesel est un moteur à quatre temps à huit cylindres disposés en ligne. Un turbo compresseur, entraîné par les gaz d'échappement, comprime légèrement l'air comburant fourni aux cylindres de façon à permettre une suralimentation du moteur. Le Diesel développe une puissance de 1 750 CV, à la vitesse de 675 t/min.; la génératrice transmet 1 600 CV aux essieux; le complément de cette puissance est absorbé par le compresseur et les ventilateurs des moteurs de traction, entraînés directement par le moteur thermique.

Circuit d'excitation de la génératrice principale et circuit de charge de la batterie

Sur la carcasse de la génératrice et entraînée au moyen d'une courroie par son bout d'arbre, est fixée une machine double.

FIG. 14. — GROUPE DIESEL-GENERATRICE.

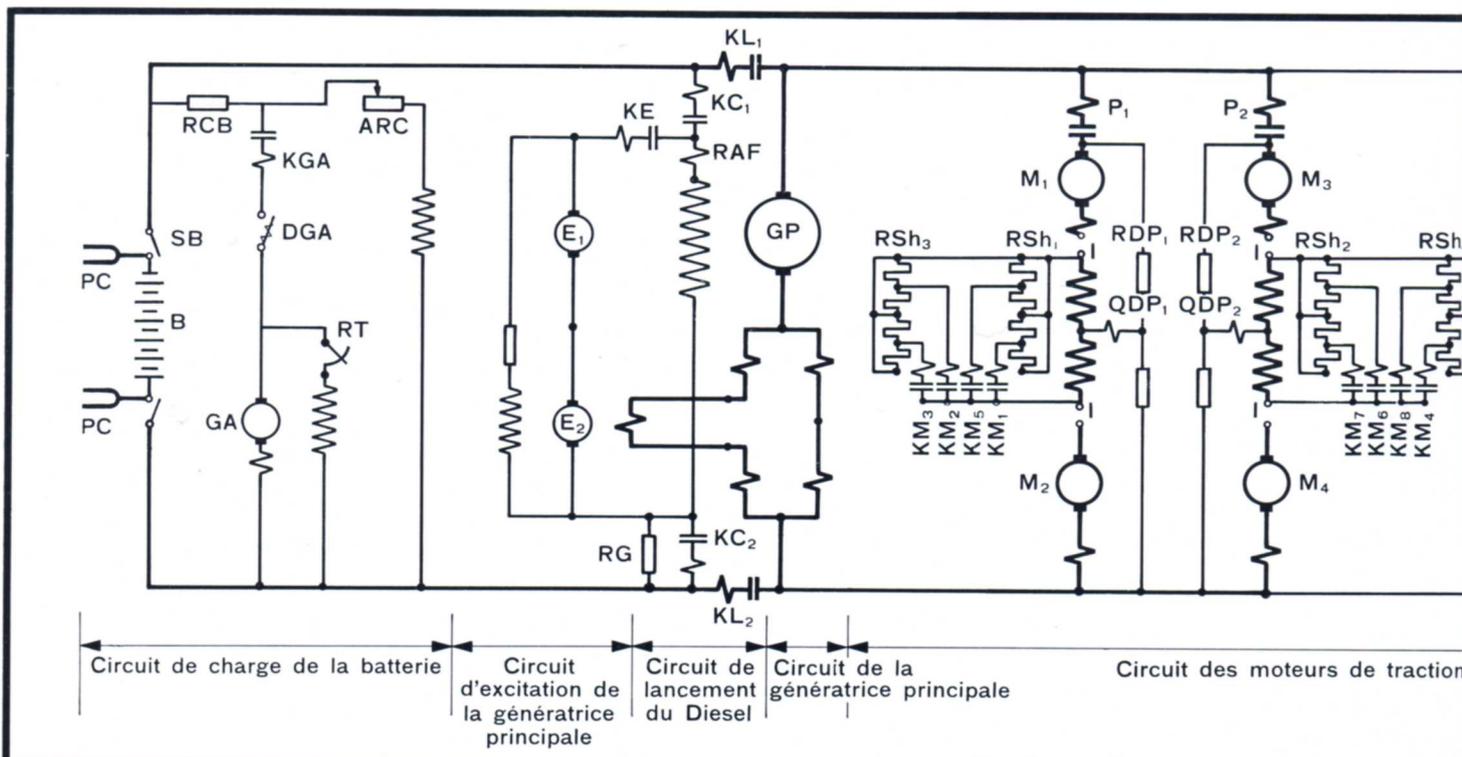
(Photo Cockerill)

1. Filtre à air du Diesel.
2. Turbo-compresseur de suralimentation.
3. Groupe excitatrice-génératrice auxiliaire.
4. Génératrice principale.
5. Tuyauteries d'échappement.
6. Collecteur d'admission.
7. Régulateur de vitesse du Diesel.
8. Moteur Diesel.
9. Pompe à combustible du Diesel.

Cette machine comporte :

- l'excitatrice spéciale dont nous avons décrit le fonctionnement et une
- génératrice auxiliaire de 11,5 kW pour la recharge de la batterie. La tension de cette machine est maintenue automatiquement constante par un régulateur de tension et est indépendante de la vitesse du Diesel.

Un contacteur, placé sous le contrôle d'un *conjoncteur-disjoncteur* branche la génératrice auxiliaire aux bornes de la batterie dès qu'elle s'amorce et atteint sa tension nominale. Au moment de l'arrêt du Diesel, le *conjoncteur-disjoncteur*, en ouvrant le contacteur, évite le retour du courant de la batterie vers la génératrice auxiliaire.



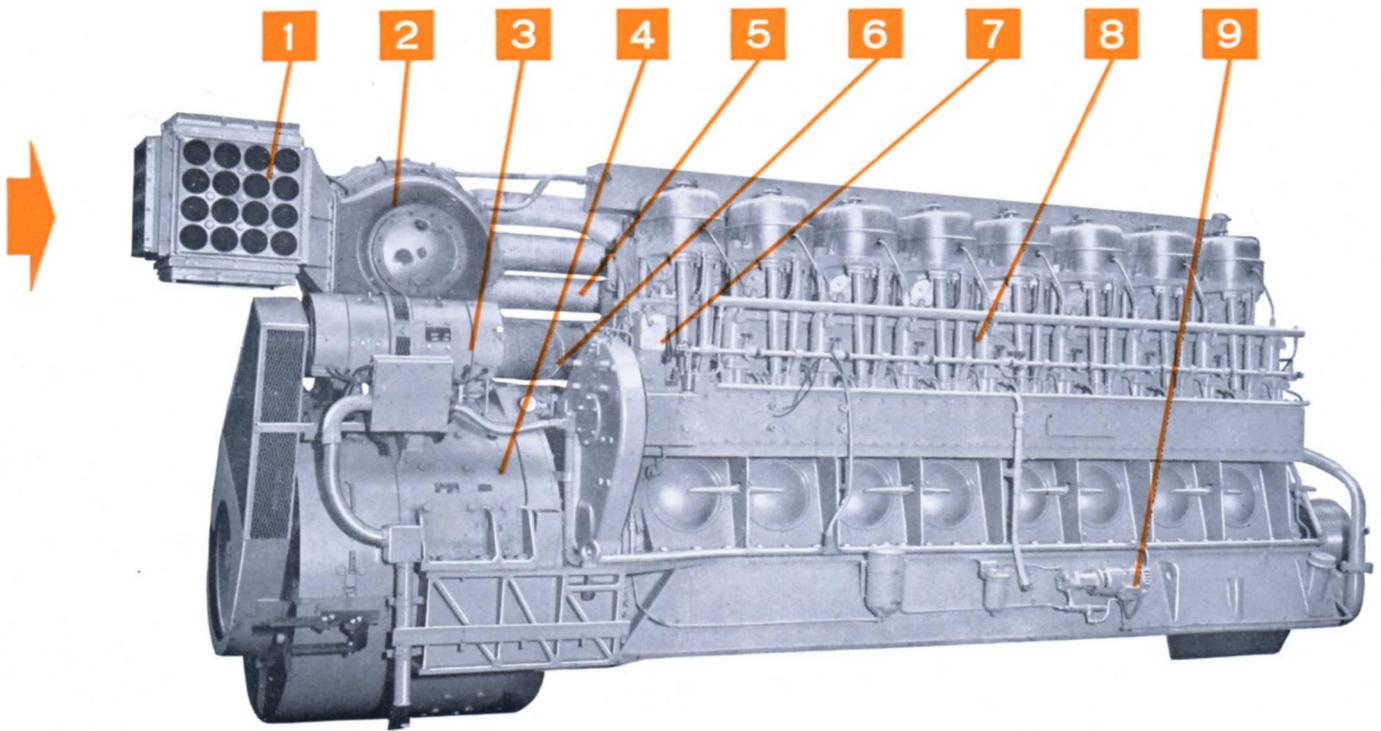


FIG. 13. — SCHEMA DE PUISSANCE
DES LOCOMOTIVES DIESEL ELECTRIQUES - TYPE 201
DE LA SOCIETE NATIONALE DES CHEMINS DE FER BELGES.

Circuit de charge de la batterie.

- CA — Génératrice auxiliaire.
- B — Batterie d'accumulateurs.
- RT — Régulateur de tension de la génératrice auxiliaire.
- KCA — Contacteur de la génératrice auxiliaire placé sous le contrôle du conjoncteur-disjoncteur.
- DGA — Disjoncteur De-ion pour la protection de la génératrice auxiliaire.
- RCB — Résistance de charge de la batterie.
- SB — Sectionneur de batterie.
- PC — Prises de courant pour la recharge de la batterie par une source extérieure.

Circuit d'excitation de la génératrice principale.

- E₁ - E₂ — Excitatrice double.
- A.R.C. — Autorégulateur de charge.
- K.E. — Contacteur d'excitation de la génératrice principale.
- R.A.F. — Relais antiflash.

Circuit de lancement du Diesel.

- KL₁ - KL₂ — Contacteurs d'alimentation de l'induit de la génératrice principale.
- KC₁ - KC₂ — Contacteurs d'alimentation de l'inducteur de la génératrice principale.
- R.G. — Résistance à introduire dans le circuit d'excitation de la génératrice principale.

Circuit de la génératrice principale.

- CP — Génératrice principale.

Circuit des moteurs de traction.

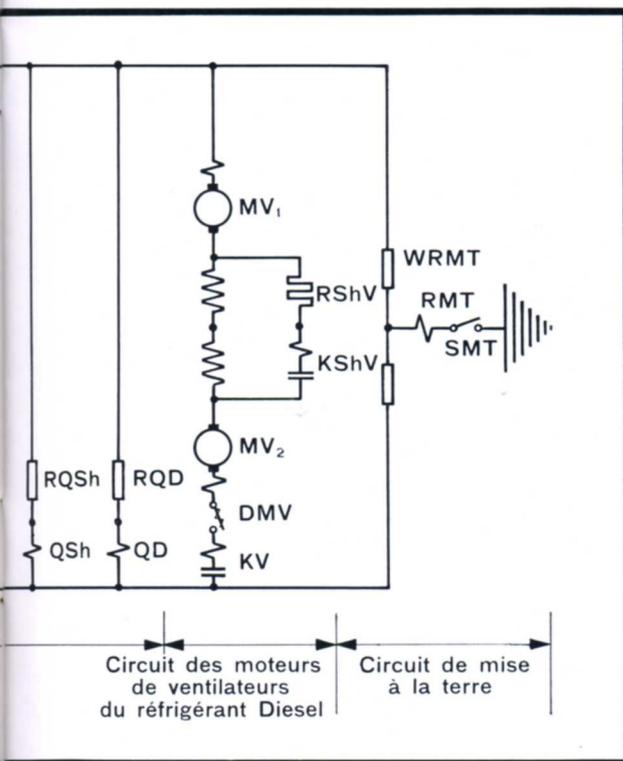
- M₁ à M₄ — Moteurs de traction.
- P₁ - P₂ — Contacteurs électropneumatiques d'alimentation des moteurs de traction.
- I. — Balais de l'inverseur du sens de marche.
- RSh₁ à RSh₄ — Résistances pour le shuntage des moteurs de traction.
- KM₁ à KM₈ — Contacteurs de shuntage.
- QDP₁ - QDP₂ — Relais de décel patinage.
- RDP₁ - RDP₂ — Résistances des relais de décel patinage.
- QSh — Relais de shuntage.
- QD — Relais de déshuntage.
- RQSh — Résistance du relais de shuntage.
- RQD — Résistance du relais de déshuntage.

Circuit des moteurs des ventilateurs du réfrigérant du Diesel.

- MV₁ - MV₂ — Moteurs de ventilateurs.
- KV — Contacteur d'alimentation des moteurs de ventilateurs.
- KShV — Contacteur de shuntage des moteurs de ventilateurs.
- RShV — Résistance de shuntage des moteurs de ventilateurs.
- DMV — Disjoncteur De-ion pour la protection des moteurs de ventilateurs.

Circuit de mise à la terre.

- RMT — Relais de mise à la terre.
- SMT — Sectionneur du relais de mise à la terre.
- WRMT — Résistances pour l'alimentation du relais de mise à la terre.



Circuit des moteurs de traction

Chacun des quatre essieux de la locomotive est entraîné, individuellement, par un *moteur de traction*. Ces moteurs sont suspendus par le nez, c'est-à-dire qu'ils s'appuient d'une part, au moyen de coussinets sur l'essieu et, d'autre part, reposent élastiquement en un point du châssis du bogie.

Ces moteurs de traction, à excitation série, peuvent développer, en régime continu, une puissance de 335 CV à la vitesse de 330 t/min., en absorbant un courant de 1 020 amp. sous une tension de 270 V. Le rapport de réduction du train d'engrenage des essieux est 59/18, le diamètre des roues est de 1,08 m. Ils sont ventilés par deux ventilateurs entraînés directement par le Diesel.

Les quatre moteurs de traction, couplés en permanence en série parallèle, sont branchés aux bornes de la génératrice principale, par l'enclenchement de deux *contacteurs électropneumatiques*. Pour modifier le sens de rotation des moteurs de traction, on change le sens du courant dans l'excitation série par un *inverseur à commande électropneumatique* qui, au moyen d'un tambour à touches sur lesquelles s'appuient les balais, permute les connexions des inducteurs.

Les *contacteurs de shuntage* permettent de brancher des résistances aux bornes des inducteurs et de les réduire ensuite. Ces contacteurs sont progressivement enclenchés par un petit *controller de shuntage*, entraîné par un servo-moteur électrique placé sous le contrôle de deux relais : un *relais de shuntage*, qui commande la progression du shuntage lorsque la tension de la génératrice atteint son maximum et un *relais de déshuntage* qui commande la régression du shuntage lorsque cette tension descend en dessous d'une certaine valeur.

Des *relais de décel patinage* avertissent le conducteur, par un signal acoustique, de l'emballement d'un essieu et, de plus, en coupant l'excitation séparée de l'excitatrice, suspendent momentanément la transmission de la puissance de façon à enrayer le patinage.

La bobine de ces relais est branchée entre le point commun de deux moteurs de traction, connectés en série, et le point milieu d'une résistance branchée aux bornes extrêmes de ces moteurs. Ces deux points sont au même potentiel aussi longtemps que les essieux tournent synchroniquement. Mais dès qu'un essieu s'emballé, la tension aux bornes du moteur correspondant s'élève et une tension apparaît aux bornes de la bobine du relais de décel patinage. Celle-ci provoque son enclenchement.

Circuit des moteurs de ventilateurs des radiateurs

Les ventilateurs des radiateurs du Diesel sont entraînés par deux moteurs du type série, connectés en permanence en série et branchés aux bornes de la génératrice principale.

Ces *moteurs de ventilateurs* développent une puissance de 26,5 CV à 1 290 t/min. mais, par le shuntage de leurs inducteurs, cette puissance peut être portée à 61 CV à 1 700 t/min.

Le contacteur d'alimentation de ces moteurs ainsi que le contacteur de shuntage de leurs inducteurs, sont placés sous le contrôle d'un thermostat qui règle la ventilation des radiateurs de manière à maintenir constante la température de l'eau de refroidissement du Diesel.

Circuit de lancement du moteur Diesel

Pour lancer le Diesel, la génératrice est alimentée en moteur shunt par la batterie d'accumulateurs. Deux contacteurs alimentent l'excitation séparée de la génératrice, deux autres *contacteurs de lancement* alimentent l'inducteur.

Lorsque le Diesel est difficile à démarrer, il est possible d'introduire une résistance dans l'excitation shunt de façon à lancer le moteur à une vitesse plus élevée.

Dès que le Diesel s'allume, il entraîne la génératrice principale à une vitesse supérieure et cette machine tend à renvoyer du courant dans la batterie. C'est pourquoi, un relais de tension, branché aux bornes du circuit de lancement, coupe automatiquement ce circuit dès que, par suite de l'allumage du Diesel, la force contre électromotrice induite dans la génératrice atteint celle de la batterie.

Pour arrêter le Diesel, le mécanicien, à partir du poste de conduite, supprime l'arrivée du combustible en immobilisant les injecteurs dans la position fermée et en arrêtant la pompe d'alimentation.

Circuit de mise à la terre

La puissance que peut développer le Diesel étant strictement limitée, il n'est pas nécessaire de protéger les moteurs de traction contre une surcharge au moyen d'un relais.

La génératrice principale est protégée contre les

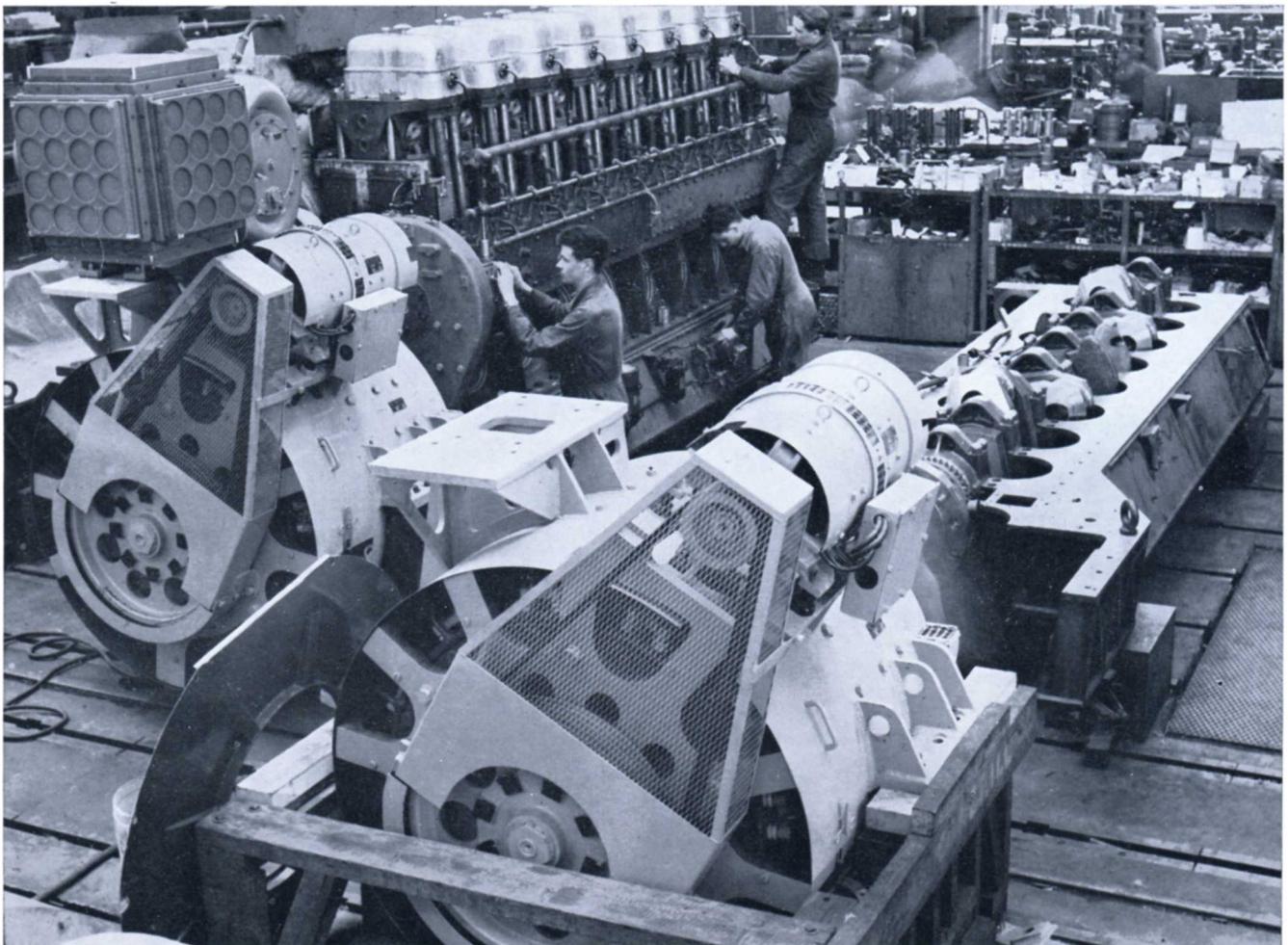
conséquences d'un arc entre les balais du collecteur par un *relais antiflash*. La bobine de ce relais est parcourue par le courant d'excitation de la génératrice. L'arc aux balais provoque une brusque variation du flux inducteur qui induit un courant dans le circuit d'excitation de faible résistance fermé sur l'excitatrice. Cette pointe de courant enclenche le relais antiflash qui commande l'ouverture des contacteurs de l'excitation de la génératrice principale et de l'excitation séparée de l'excitatrice.

Toute la protection de l'équipement électrique est assurée par un *relais de mise à la terre*. Ce relais, non seulement détecte un défaut d'isolement, mais pare également aux conséquences d'un incident grave comme, par exemple, un flash aux moteurs de traction qui finit toujours par dégénérer en un arc à la masse. La bobine du relais est connectée entre la terre et le point milieu d'une résistance branchée en permanence aux bornes de la génératrice principale. Si l'isolement de l'équipement élec-

trique est parfait, aucun courant ne circule dans la bobine du relais, et la connexion à la terre a simplement pour effet de fixer le potentiel de tous les points des circuits électriques par rapport à la masse. Si, par suite d'un défaut d'isolement, un point des circuits électriques se met à la masse, un courant circule par ce défaut et retourne à travers la bobine du relais de mise à la terre en provoquant l'enclenchement de celui-ci. L'enclenchement du relais de mise à la terre commande l'ouverture des contacteurs de l'excitation de la génératrice principale et de l'excitation séparée de l'excitatrice.

Pour éviter qu'un défaut d'isolement n'entraîne la détresse en ligne de la locomotive, le conducteur peut, au moyen d'un sectionneur, couper le circuit de mise à la terre du relais de protection. La locomotive achève alors son service avec un autre point de son circuit mis à la terre, savoir le point où s'est produit la masse.

**PLACEMENT DES GROUPES GENERATRICES-EXCITATRICES
SUR LES BATIS DE MOTEURS DIESEL.**



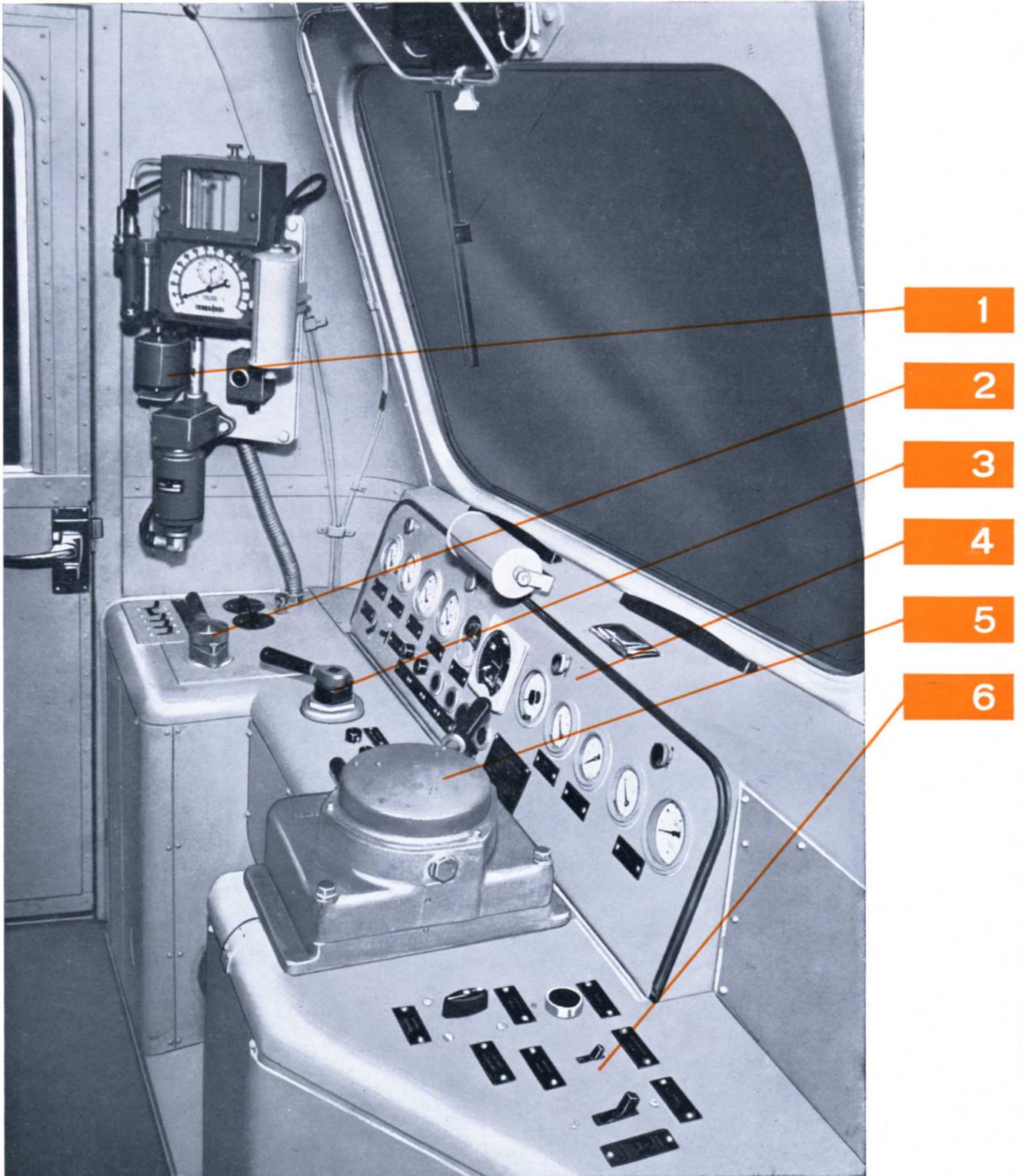


FIG. 15. — POSTE DE CONDUITE DE LA LOCOMOTIVE DIESEL ELECTRIQUE TYPE 201.

1. Téléc indicateur et enregistreur de la vitesse de la locomotive et de la position des signaux.
2. Robinet de frein automatique.
3. Robinet de frein direct.
4. Tableau des instruments de mesure : manomètres, ampèremètres de batterie, de la génératrice principale,

compte tours, indicateur de la température du Diesel, etc...

5. Manipulateur pour la commande de la traction.
6. Interrupteurs et boutons-poussoir pour la commande des services auxiliaires.

Commande de la locomotive

La transmission électrique fonctionnant automatiquement à puissance constante, permet une conduite très simple de ces locomotives (fig. 15). Le conducteur ne doit décider que :

- a) de la mise en route des services auxiliaires ;
- b) de la commande de la traction ;
- c) de la commande du freinage.

Les services auxiliaires comme le démarrage des moteurs de ventilateur, le lancement et l'arrêt du Diesel sont commandés par quelques *interrupteurs* ou *boutons-poussoirs* de la table de bord, qui ne sont manœuvrés que lorsque le conducteur prend possession de la locomotive.

La traction est commandée au moyen de deux manettes du manipulateur :

- a) Une *manette d'inversion* détermine le sens de marche « avant » ou « arrière » de la locomotive.
- b) Une *manette de puissance* qui, outre le zéro, règle d'une manière continue, la valeur de la puissance que l'équipement électrique de trans-

mission se charge de maintenir automatiquement constante.

La valeur de la puissance transmise est déterminée en commandant à distance la vitesse du Diesel par un asservissement pneumatique.

Seule, la manette d'inversion est amovible dans la position zéro : retirée, elle immobilise la manette principale.

Le conducteur dispose de deux robinets de frein : un *robinet du frein direct* modérable agissant sur les essieux de la locomotive et un *robinet du frein automatique* agissant sur tous les essieux du train.

Comme toutes les locomotives conduites par un seul mécanicien, elles sont équipées d'un *dispositif dit d'homme mort*. Lorsque la vigilance du conducteur est en défaut, le circuit de traction est instantanément coupé et le freinage d'urgence s'applique avec une certaine temporisation.

Deux locomotives peuvent être accouplées et conduites simultanément du poste de tête. La commande à distance du régulateur de vitesse s'effectue par une connexion pneumatique établie entre les deux locomotives. L'équipement électrique est commandé au moyen de 19 circuits d'asservissement interconnectés entre les locomotives par un câblot à deux fiches.

Conclusion

Les locomotives Diesel électriques type 201 ont été étudiées pour la traction des trains de voyageurs et des trains de marchandises. Elles sont capables de remorquer des trains de voyageurs de 275 Tonnes à la vitesse de 120 km/h. Aux essais de réceptions, elles ont tiré en simple traction sur les longues rampes de 16 ‰ de la ligne du Luxembourg, des trains de marchandises de 550 Tonnes à la vitesse de 32 km/h. et en double traction des trains de 1767 Tonnes à la vitesse de 22,6 km/h.

A première vue, la transmission électrique de ces locomotives peut paraître compliquée. Mais cette complication est la rançon du progrès. Les systèmes de transmission plus simples, appliqués à l'origine, ont été perfectionnés pour améliorer, au maximum, l'utilisation de la puissance limitée du Diesel et pour éviter toute surcharge du moteur thermique, même en cas de défaillance de celui-ci. Ces locomotives Diesel électriques sont parfaitement mises au point et remplaceront progressivement les locomotives à vapeur sur les lignes où, vu la faible densité du trafic, les dépenses d'électrification ne sont pas rentables.

P. LAMBERTS – G. MIGNON.