

# ÉLECTRICITÉ

## L'électrification des chemins de fer en Suisse

(SUITE)

par G. KOLOVITCH, Ingénieur I. E. G.

### Série C<sub>e</sub> 6/8

*Généralités.* — Cette série constituait, il y a environ deux ou trois années seulement, les éléments les plus puissants du parc des C.F.F.

Puissance unihoraire.....	2.240 ch.
— continu à 40 km/h.....	1.820 —
Vitesse maximum .....	65 km./h.

### PARTIE MÉCANIQUE

La locomotive se compose de deux châssis moteurs, ayant chacun un essieu-porteur et trois essieux moteurs actionnés par deux moteurs de traction. La caisse, très courte, repose sur les deux châssis moteurs et comporte un compartiment central pour le transformateur, et deux cabines de mécanicien extrêmes, reliées par un couloir latéral (fig. 7).

Les moteurs sont abrités sous des capots, recouvrant tout l'espace compris entre les traverses de tête et les cabines de mécanicien ; ces capots sont assez bas pour ne pas gêner la vue de cet agent (fig. 8).

Les châssis moteurs sont constitués chacun par deux forts longerons de 25 mm. d'épaisseur, reliés rigidement entre eux par la traverse de tête, la boîte servant de guide à l'essieu porteur, l'entretoise près des supports de la caisse, la boîte d'attelage et autres entretoisements intermédiaires.

Les deux châssis moteurs sont reliés par un attelage à tampon central avec ressort à lames, analogue à celui utilisé entre locomotives et tenders ; les

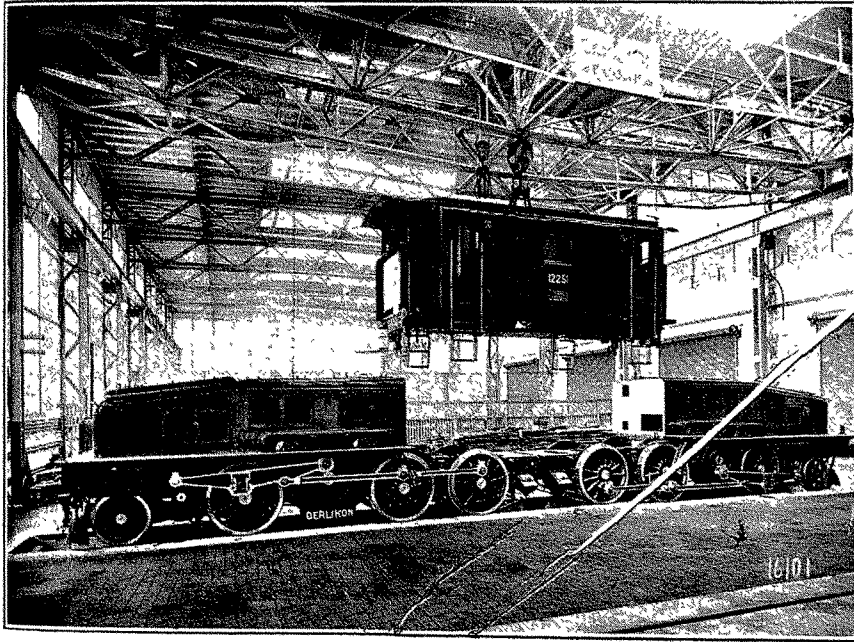


Fig. 7.— Locomotive série C<sub>e</sub> 6/8. La caisse est soulevée Photo Derlikon

Cette locomotive est destinée au service des trains de voyageurs et de marchandises, surtout pour les lignes au tracé très accidenté. Elle peut remorquer normalement, 430 tonnes sur rampe de 26 ‰ et à 35 km./h. ou, sur la même rampe, mais à la vitesse de 50 km./h. une charge de 300 tonnes. Cette dernière charge peut être convoyée sur une rampe de 10 ‰ à la vitesse de 65 km./h. Au point de vue mécanique, la locomotive est absolument symétrique et les caractéristiques principales se résument comme suit :

Diamètre des roues motrices.....	1.350 mm.
— — porteuses .....	930 —
Empattement fixe.....	4.700 —
Poids en ordre de marche .....	128 tonnes
— adhérent.....	103,9 —
Nombre de moteurs .....	4
Rapport de réduction des engrenages	1/4,03
Courant de traction alt. monoph. ...	15000 V, 16 2/3~
Frein électrique à récupération....	
Force de traction max. au démarrage	26.000 kg.
— unihoraire à lajante	
— continu	16.800 kg.

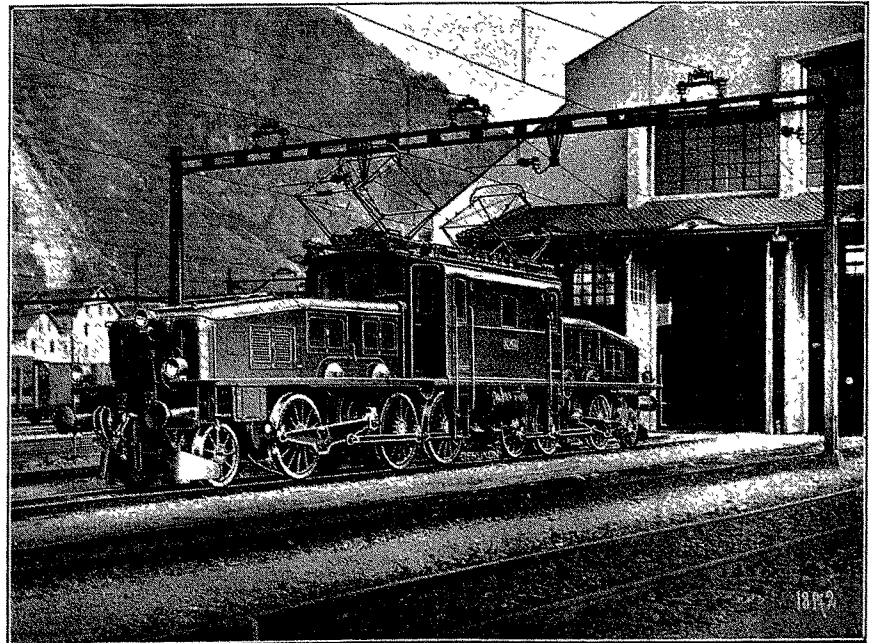


Fig. 8.— Locomotive série C<sub>e</sub> 6/8

Photo Derlikon

efforts de traction et les poussées se transmettent ainsi directement d'un châssis à l'autre. Les deux châssis sont maintenus par un attelage transversal, pour diminuer l'usure des boudins des roues accouplées intérieures.

Les essieux porteurs sont du type bissel, comme ceux des autres locomotives électriques ; ils ont un jeu latéral de 83 mm. des deux côtés.

Le rappel au centre est effectué par deux ressorts à lames conjugués. Pour faciliter le passage dans les courbes, l'essieu du milieu de chacun des châssis moteurs a un jeu latéral de 25 mm. de chaque côté.

Chaque châssis moteur porte deux moteurs de traction sur des supports boulonnés aux longerons, au-dessus des essieux moteurs. Les carcasses des moteurs sont fixées aux supports au moyen de clavettes et de vis ; leur bonne position est assurée par des prisonniers.

*Mécanisme de transmission de l'effort de traction.* — Quatre pignons élastiques, soit 2 par arbre de rotor avec six ressorts doubles chacun, transmettent le couple des moteurs de traction à l'arbre intermédiaire.

De là, l'effort est transmis à l'essieu moteur extrême par des bielles triangulaires avec paliers à coulisse auxquelles sont articulées les bielles d'accouplement des deux autres essieux moteurs. L'extrémité antérieure de la bielle triangulaire est portée par la manivelle d'un faux essieu disposé entre l'essieu porteur et l'essieu moteur. Les manivelles motrices des côtés gauche et droit, ainsi que celle du faux essieu, sont calées comme de coutume à 90° les unes, par rapport aux autres. Pour donner au mécanisme une certaine élasticité et permettre un réglage facile, les paliers du faux essieu ne sont pas fixes, mais ils sont suspendus par des supports pendulaires à un arbre fixé au châssis moteur. La carcasse du palier Sellers du faux essieu est maintenue au châssis moteur par une bielle articulée oblique. Le tourillon supérieur de fixation de cette bielle articulée est muni d'une douille excentrique au moyen de laquelle on peut régler exactement la position du faux essieu. De plus, un fort ressort de rappel est inséré dans la bielle articulée, permettant un certain jeu horizontal qui évite un coincement lorsque les paliers du faux essieu ne sont pas dans leur bonne position.

*Ventilation, suspension et freins.* — Au-dessus de chaque moteur de traction, se trouve un ventilateur qui lui envoie l'air nécessaire à son refroidissement. Cet air est aspiré sur les côtés des capots, à travers des jalousies à commande pneumatique. Les ouvertures de sortie de l'air à la partie inférieure des moteurs de traction, sont protégées par des tamis, qui empêchent l'introduction de poussières de freinage et de corps étrangers.

Les ressorts de suspension des essieux moteurs sont disposés sous les boîtes d'essieux. Les essieux porteurs sont munis de ressorts doubles à lames et hélicoïdaux. A chaque châssis moteur la suspension du premier essieu moteur est conjuguée à celle de l'essieu porteur par deux balanciers longitudinaux et un balancier transversal qui égalisent la charge sur les essieux. Les ressorts de suspension des deuxième et troisième essieux moteurs sont réunis par deux balanciers longitudinaux. Le balancier transversal est fixé à une crapaudine qui repose sur le châssis du bissel, sur lequel elle peut se déplacer latéralement ; le rappel au centre est effectué par des ressorts à lames.

La locomotive est munie des freins automatiques et modérables. Les sabots de frein n'agissent que d'un seul côté des roues motrices.

Le frein à main de chaque cabine n'agit que sur le châssis moteur correspondant.

L'air comprimé servant à actionner les freins et les appareils pneumatiques est fourni par deux moteurs compresseurs à pistons, montés chacun sur la partie antérieure des châssis moteurs.

## PARTIE ELECTRIQUE

*Circuit haute tension.* — La partie haute tension ne varie pas beaucoup d'un type à un autre. Le courant principal, capté par les pantographes P, traverse les sectionneurs S, le transformateur d'intensité  $Tr_1$  du relais de blocage, l'interrupteur principal  $I_p$ , dont la cuve est reliée à l'interrupteur de mise à la terre  $I_{mt}$ , que l'on manœuvre simultanément avec le verrou du disjoncteur en reliant les canalisations des circuits à haute tension à la terre (fig. 9).

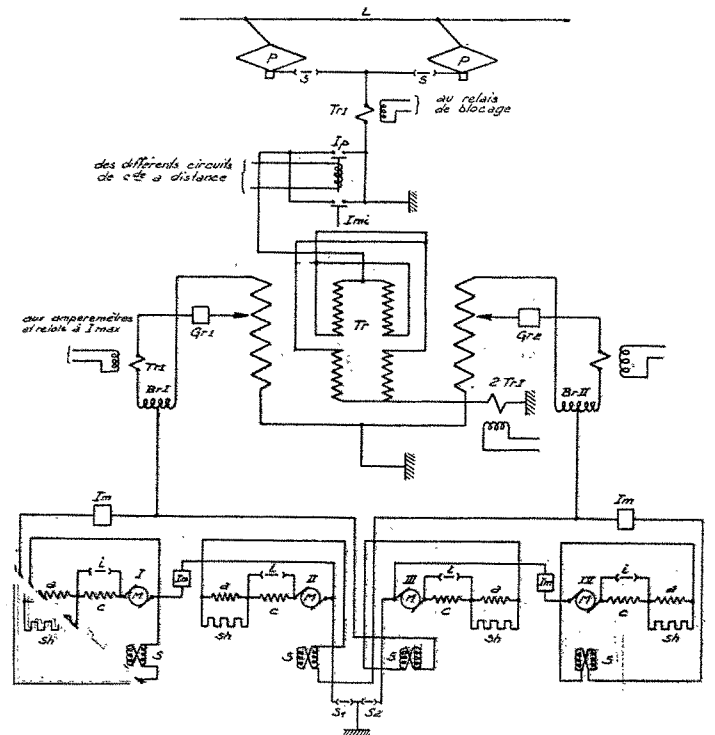


Fig. 9. — Schéma de principe pour la marche en traction

Le courant du circuit haute tension aboutit au transformateur à gradins T, dont l'enroulement à fil fin est partagé en quatre branches, reliées par groupe de deux en dérivation et les deux groupes en série. Avant d'être mis à la masse, le courant principal passe par deux transformateurs d'intensité  $2 Tr_2$  qui alimentent les appareils de mesure du courant principal et les relais de fonctionnement du disjoncteur.

Le transformateur à gradins, à bain d'huile, se trouve au centre de la locomotive, dans un compartiment ouvert à sa partie supérieure, et dont le couvercle constitue une partie du toit de la dite locomotive (fig. 10).

Cette disposition facilite l'enlèvement et la mise en place du transformateur. Deux groupes moteurs-ventilateurs, placés au-dessous de la caisse de la locomotive, envoient l'air froid de bas en haut dans le compartiment du transformateur ; cet air absorbe et évacue la chaleur rayonnant des ailettes de la cuve du transformateur.

*b) Circuit de traction.* — Le courant de traction part des prises de l'une des deux bobines à tension inférieure du transformateur à gradins, qui sont pourvues chacune de 11 de ces prises, permettant de régler la tension des moteurs de traction de 0 à 567 volts (fig. 9).

Les deux bobines pour le courant de traction sont couplées en série, et les prises correspondautes ont des tensions de signe contraire. L'enroulement à tension inférieure étant mis à la terre en son milieu, la différence de tension entre deux prises correspondantes des bobines, est égale au double de la tension, d'une de ces prises par rapport à la terre.

Ce sont les graduateurs asservis qui commandent et apportent la prise de courant aux bobines à tension inférieure, dans la position correspondant à la tension de service. De ces graduateurs, des connexions spéciales conduisent aux moteurs de

transmettent leur couple moteur aux arbres intermédiaires par des engrenages à jantes élastiques. Le stator de chaque moteur de traction est pourvu de trois enroulements différents : l'enroulement d'excitations, celui des pôles auxiliaires *a* et celui des pôles *d*, compensation *c*.

Les graduateurs à cylindre ont un dispositif coupe étincelles central et comportent deux parties symétriques, isolées l'une de l'autre, et reliées aux deux bornes des bobines de réactances. Les graduateurs sont commandés électriquement, mais peuvent, à l'occasion, être commandés à la main.

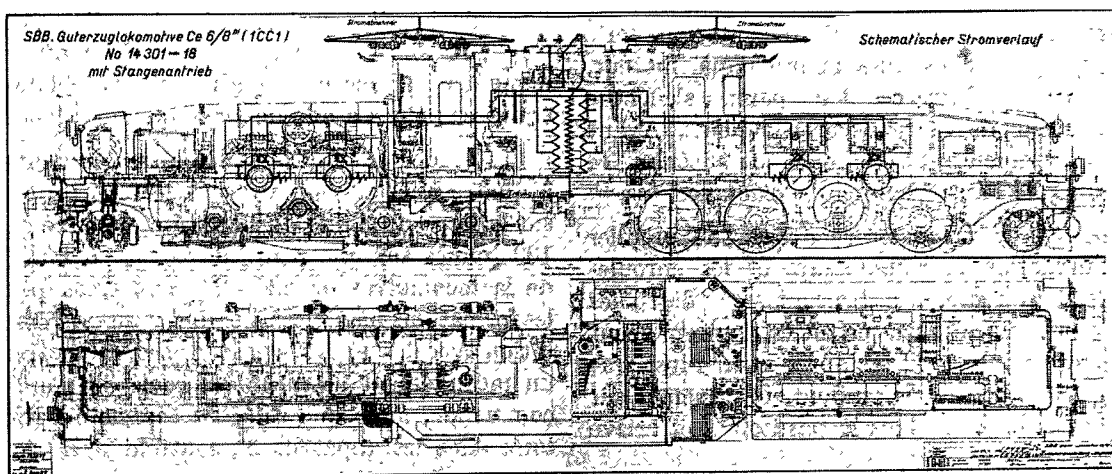


Fig. 10.— Coupe de la locomotive série Ce 6/8

traction, en passant par un transformateur d'intensité  $T_r$  et la bobine de réactance  $B_r$ , qui permettent de faire varier les tensions sans interrompre chaque fois le courant, et servent en même temps à diviser les deux tensions captées simultanément à deux prises successives du transformateur par le graduateur ; de chaque bobine de réactance, le courant de traction se subdivise en deux circuits parallèles. Le circuit de traction, proprement dit, est constitué comme suit :

Chaque moteur a son inverseur de marche I qui permet de changer le sens de rotation du moteur de traction et, par suite, le sens de marche de la locomotive, en renversant le courant dans les enroulements d'excitation. Par l'inverseur de marche, on établit aussi les connexions pour le freinage, et il permet de mettre hors circuit le moteur en cas d'avarie.

De l'inverseur de marche, le courant de traction traverse le moteur correspondant, en passant par l'enroulement d'excitation série *S* l'enroulement des pôles auxiliaires *a* en dérivation sur un shunt ohmique *Sh* ; par l'enroulement de compensation *c* qui peut être court-circuité au moyen de *i*, on arrive finalement au rotor du moteur considéré *M*. Les moteurs étant deux par deux, en série, le courant traversera l'autre moteur, ayant d'abord passé par l'inverseur de marche correspondant et aboutira à l'autre bobine de réactance. De là, le courant se rend aux inverseurs de marche respectifs à chaque moteur de l'autre groupe de deux moteurs en série, aux moteurs eux-mêmes, à la bobine de réactance, au graduateur du groupe correspondant et à l'autre bobine à tension inférieure, du transformateur à gradins.

Si l'on veut mettre hors circuit l'un ou l'autre des deux moteurs en série, on enclenche la sectionneur correspondant  $S_1$ , ou  $S_2$  ; si l'on veut mettre hors service deux moteurs : les IV et II, III et I, on enclenche les deux sectionneurs.

Les moteurs de traction employés sont à 12 pôles, à courant alternatif monophasé et à collecteur, à carcasses fermées ; ils

Les différentes tensions graduées se transmettent des doigts de contact aux segments du graduateur et à des doigts de contact, qui envoient le courant aux contacts mobiles des interrupteurs à cornes du dispositif coupe-étincelles. Les deux doigts de contact principaux servent à mettre en court-circuit les bobines du dispositif coupe-étincelles ; ces doigts sont reliés aux bobines des contacts fixes des interrupteurs à cornes correspondants.

Le dispositif coupe-étincelle, a pour but de souffler l'étincelle produite au moment de l'enclenchement ou du déclenchement, au moyen du champ magnétique d'un puissant aimant.

*Circuits de freinage électrique.* --- Par le freinage électrique, on freine la locomotive et éventuellement une partie du poids du train ; une fraction de l'énergie électrique produite par les moteurs de traction est alors absorbée sur la locomotive, et une autre partie est renvoyée à la ligne de contact.

Pendant le freinage par récupération, les enroulements d'excitation

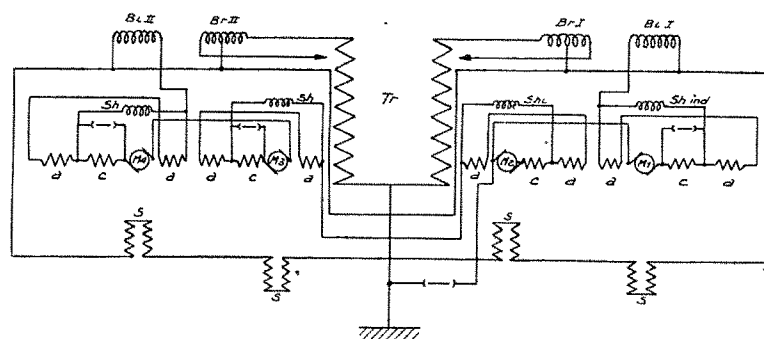


Fig. 11 — Schéma des circuits des moteurs pour la marche en récupération

tation des moteurs de traction ne sont plus disposés en série avec les rotors, mais ils constituent un circuit d'excitation distinct, alimenté par la tension de ligne, et inséré entre les milieux des deux bobines de réactance (fig. 11).

La partie essentielle du circuit de freinage par récupération est constituée par les bobines d'induction  $B_i$ , qui ont pour but de donner au courant créé par le freinage, une phase appropriée à celle du courant de la ligne de contact.

Pour effectuer le freinage, il faut placer les inverseurs de marche dans la position « freins » et le combinateur d'asservissement doit être amené sur la touche « 1 » ; les deux graduateurs se placent, de ce fait, dans la position « I ».

Le courant part de l'une des prises du transformateur à gradins et arrive au milieu de l'une des bobines de réactance ; de là, le courant se répartit dans trois circuits parallèles :

1° Le premier passe par les enroulements d'excitation, série des quatre moteurs, qui sont constitués pour chaque moteur, de deux parties, la connexion entre ces deux parties s'effectue en manœuvrant l'inverseur de marche correspondant. Ayant ainsi utilisé toutes les branches des enroulements séries, ce circuit aboutit au milieu de l'autre bobine de réactance.

2° Le deuxième passe par l'inverseur de marche du premier moteur la bobine d'induction correspondante et les enroulements d'un groupe de deux moteurs : l'enroulement des pôles auxiliaires  $a$  avec shunt indicatif en parallèle, l'enroulement de compensation  $c$  et le rotor ; de là, et après avoir ainsi traversé les deux moteurs, il aboutit au graduateur principal sur le contact interrompant le courant dans la position  $o$ , et arrive au milieu de l'autre bobine de réactance.

3° Le troisième circuit s'établit dans les mêmes conditions sur l'autre groupe de deux moteurs.

Le courant combiné se rend ensuite à l'autre prise du transformateur à gradins, en suivant le circuit indiqué précédemment pour le courant de traction.

En amenant le combinateur d'asservissement sur les touches supérieures, on fait se succéder les connexions comme pour le courant de traction. L'élévation de la tension dans les enroulements d'excitation entraîne l'augmentation de l'effet de freinage.

Pour le freinage électrique, les quatre moteurs doivent être en service.

## Les nouvelles locomotives du Saint-Gothard

*Généralités.* — L'exploitation de la ligne du Saint-Gothard a posé des problèmes très compliqués, aussi bien du point de vue technique que sous l'angle économique.

Les premières locomotives électriques mises en service sur cette ligne pour les trains omnibus et directs furent à quatre essieux porteurs, avec la disposition suivante des essieux 1 B B 1 et 1 B 1 B 1, et un poids adhérent d'environ 74 à 80 tonnes.

La densité du trafic et la forte rampe de la ligne obligeaient très souvent à remorquer les trains avec quatre de ces locomotives. Au sommet de la rampe, un long arrêt était nécessaire pour détacher deux locomotives qui devenaient inutiles pour le trajet en pente et en plaine. Il en résultait une exploitation peu économique : 1° A cause du nombreux personnel de conduite la commande multiple ayant été envisagée, on a dû y renoncer à cause des difficultés techniques découlant de la puissance considérable mise en jeu ; 2° A cause de l'immobilisation d'un nombre considérable de locomotives correspondant à un capital très élevé à amortir ; 3° A cause du temps perdu aux sommets des rampes pour reformer un train convenable pour le nouveau parcours.

On a été conduit à étudier un nouveau type de locomotive

spécialement destiné à l'exploitation de la ligne du Saint-Gothard.

Ce fut d'abord à la locomotive du type Ce 6/8 avec la disposition des essieux 1 C C 1 et un poids adhérent de 104 à 108 tonnes que l'on s'adressa. Mais, même avec ces locomotives, les trains de marchandises provenant de la plaine et dont la charge atteint 1.400 tonnes devaient être remorqués par trois de ces unités.

On a pu se rendre compte que ce type de locomotives, qui pourtant répondait bien à certaines exigences, ne pouvait être rationnellement utilisé.

Par un type de locomotive approprié aux besoins de la ligne ainsi qu'à tous les services (omnibus directs, marchandises) on peut obtenir d'importantes économies comme il a été démontré par les essais faits sur les locomotives spécialement équipées pour l'étude de l'exploitation de cette ligne.

Ces études ont fourni les résultats suivants : Les locomotives à quatre essieux moteurs sont le plus rationnellement utilisées sur la ligne du Saint-Gothard, étant donné que, pour remorquer 100 tonnes sur une pente de 26 ‰, il faut un poids adhérent de la locomotive de 22 à 27 tonnes, ou peut desservir toutes les formations possibles de trains et aux diverses vitesses d'exploitation avec des nombres pairs de ces locomotives. Il reste toutefois un inconvénient assez grave, celui de nombreux personnel de commande, ainsi que celui de l'immobilisation inutile de capitaux dans les appareils de contrôle et de conduite inutiles.

La commande multiple étant difficile et peu recommandable, la décision a été prise de la construction de locomotives uniques formées en principe par accouplement de deux locomotives, du type ordinaire, deshabillées d'une cabine chacune. De ce fait, on atténue les inconvénients précités.

D'après les indications fournies par la direction des bureaux de traction et en collaboration des Etablissements de construction de locomotives de Winterthur, la B. B. C. et des Usines d'Oerlikon, on a construit deux locomotives, types d'essai.

La construction de ces unités aussi puissantes, a posé de nombreux et délicats problèmes aux constructeurs, tant au point de vue mécanique que sous l'aspect électrique.

Nous rapportons ci-dessous les prescriptions auxquelles doivent répondre ces nouvelles unités : Vitesse maximum de la locomotive, 100 km./h. Possibilité de remorquer sur rampe de 26 ‰ les trains directs de 600 tonnes à 62 km./h. et les trains de marchandises de 750 tonnes à 50 km./h.

A la vitesse de 62 à 65 km./h., la puissance unihoraire de chaque moteur doit être de 830 CV (puissance mesurée sur l'arbre) ou de 450 Ch. par chaque moteur, lorsque la traction se fait par couple de deux moteurs.

La locomotive doit être capable de fournir pendant 15 minutes un surcroît de puissance de 10 % par rapport à la puissance unihoraire. Augmentation de puissance qui doit pouvoir s'obtenir, tant par accroissement de la vitesse que de l'effort de traction.

La tension entre deux lames successives du collecteur, ne doit pas dépasser 3,5 à 4 volts.

Lorsque le combinateur se trouve dans la position « O », il faut que les connexions qui disposent les moteurs de traction en parallèle soient hors service. Le passage d'une position à une autre du graduateur ne doit pas donner lieu à des à-coups trop brusques de l'effort de traction. La variation de l'effort ne doit en aucun cas, dépasser 15 % de l'effort de traction correspondant à la position précédente du graduateur.

Les locomotives doivent être munies du freinage à récupération, qui doit répondre aux conditions suivantes : Sur une,

penne de 27 ‰, on doit pouvoir freiner le poids de la locomotive de façon qu'à 35 km./h., ainsi qu'à 65 km./h., il ne puisse se vérifier aucune accélération.

L'efficacité du freinage doit être telle qu'elle puisse réduire en 2 minutes (correspondant à 1.000 mètres environ), la vitesse de la locomotive de 65 km./h. à 5 km./h. environ.

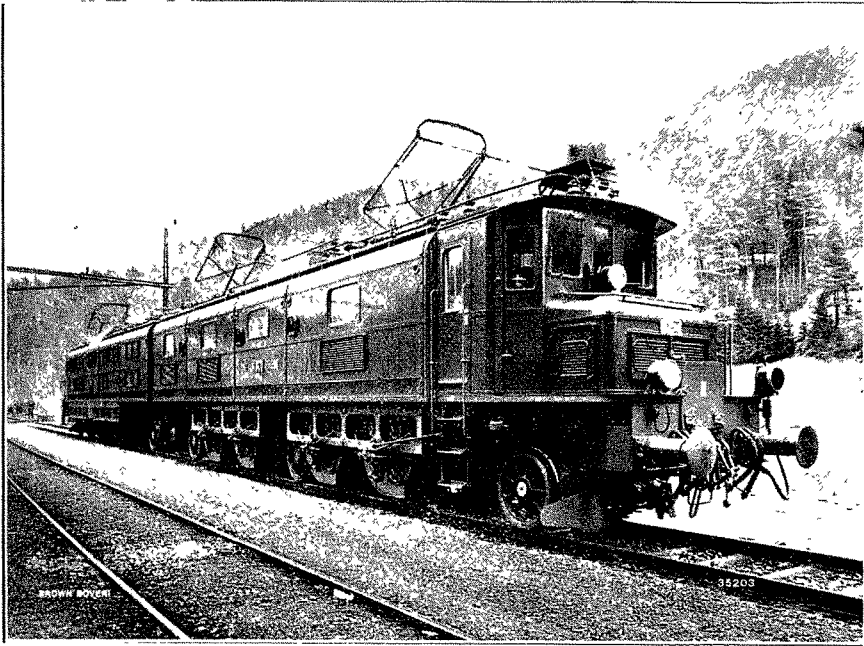


Fig. 12. — Locomotive 11801

verses boulonnées à des supports fixés aux entretoises du châssis.

Les efforts de traction, entre les deux moitiés de la locomotive, se transmettent au moyen d'une tige de traction en acier ou nickel, elle s'appuie à ses deux extrémités sur des supports hémisphériques, ce qui lui permet de suivre librement les mouvements relatifs de deux demi-locomotives.

Les pivots des bogies spéciaux susmentionnés sont fixés à l'entretoisement en acier et reliés au châssis par un guide conique articulé, dont le jeu est assez important.

a) *Commandes individuelles.* — La locomotive 11801 est caractérisée par la transmission du couple moteur qui s'effectue au moyen de la commande individuelle système B. B. C. ; commande bien connue, et dont le fonctionnement a été décrit dans la locomotive A 3/6. Bien que les résultats obtenus par la commande B.B.C. aient donné des résultats très satisfaisants en exploitation et qu'elle soit susceptible d'améliorations ultérieures, le C. F. F. ont adopté dans la locomotive 11851 la commande universelle des Etablissements de Winterthur (S L M) (fig. 14).

La transmission du couple moteur des deux moteurs de traction à l'essieu moteur correspondant, s'effectue comme suit :

Les deux moteurs sont rigidement fixés au châssis au-dessus de chaque roue motrice et transmettent leur couple à l'essieu, par l'intermédiaire d'une double transmission par engrenages avec un rapport de transmission global de 1/3,47.

Le pignon moteur  $p_m$  est muni de ressorts  $r$  à travers lesquels se transmet l'effort de l'axe du moteur  $A_m$  à  $p_m$  et, de là, par l'intermédiaire de la roue dentée  $R_1$  à l'axe intermédiaire  $A_i$  ; calée sur cet axe, l'autre roue dentée  $R_2$  transmet le mou-

D'après ces données, les constructeurs présentèrent, au mois de mai 1929, une vingtaine de projets, tous satisfaisants aux conditions prescrites. (Il est intéressant de constater le nombre important de solutions possibles). Les C.F.F. en ont choisi deux modèles qui furent construits et mis en exploitation sous les numéros 11801 et 11851 de la nouvelle série Ae 8/14 : A locomotive (électrique) à vitesse supérieure à 80 km./h. avec 14 essieux, dont 8 moteurs.

La partie mécanique des deux types a été construite par les Etablissements de Winterthur, tandis que la partie électrique de la 11801 a été exécutée par B. B. C. (fig. 12), et celle de la 11851 par Oerlikon (fig. 13),

### PARTIE MÉCANIQUE

L'une des principales préoccupations des constructeurs des parties mécaniques, était représentée par l'encombrement excessif et la difficulté de circulation dans les courbes, qui sont de rayon relativement faible, 100 m., et surtout dans les aiguillages (Bascler), courbes en S avec rayon de 195 m. En prévision de ces difficultés, les deux demi-locomotives ont été munies de deux bogies spéciaux formés par un essieu moteur et un essieu porteur. D'ailleurs, aucun des essieux n'est fixe et des jeux assez importants leur sont permis.

Les châssis des deux demi-locomotives de la 11801 sont constitués par des longerons en tôle de 28 mm, renforcés par des traverses en acier.

Les châssis de la locomotive 11851 ont des longerons en tôle de 30 mm.

Les carcasses des moteurs de traction reposent sur des tra-

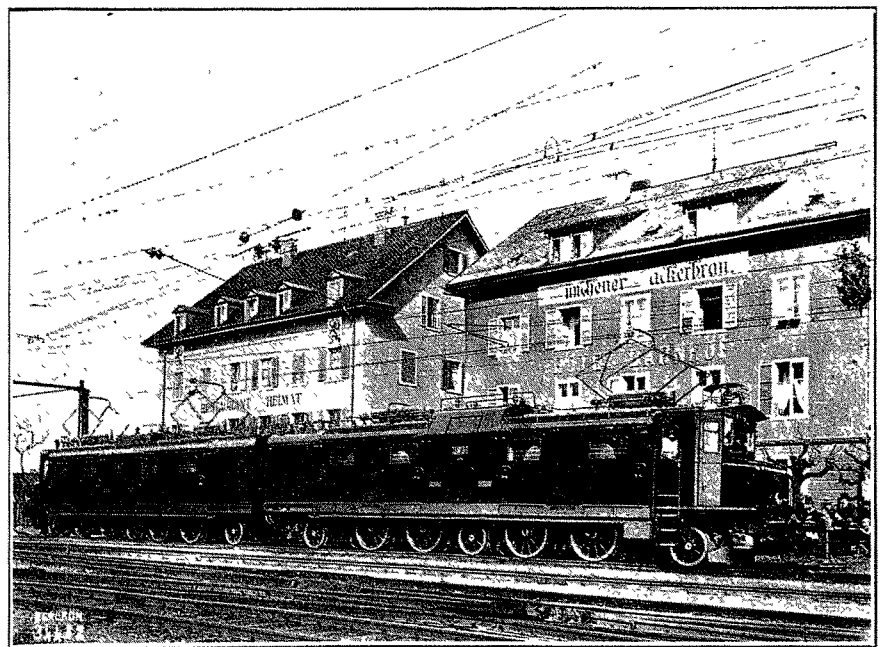


Fig. 13 — Locomotive 11851

Photo Oerlikon

vement à la roue unique  $R_3$  qui reçoit l'effort des deux moteurs. Cette roue porte deux glissières  $g$ , dans lesquelles sont pris, mais peuvent librement y coulisser, deux curseurs C, apparte-

nant à un *croisillon* C, muni, lui aussi, de deux glissières  $g_2$  dans lesquelles coulisent deux curseurs  $C_2$  fixés rigidement par les bielles  $b$  à l'essieu moteur  $E_m$ .

Les curseurs  $C_1$  et  $C_2$  sont facilement accessibles pour être contrôlés et remplacés

On conçoit qu'une transmission de ce genre permette à l'essieu moteur tous les mouvements pratiquement admissibles par rapport au moteur de traction, sans que la transmission en soit gênée.

Tout le système de transmission de la commande est enfermé dans un carter en acier parfaitement préservé de la poussière.

Au fond du carter se trouve l'huile de graissage dans laquelle baigne la roue  $R_3$ , et qui dans son mouvement la transporte vers le haut, par la force centrifuge qu'elle acquiert dans son mouvement. Elle est ainsi envoyée partout dans le carter et

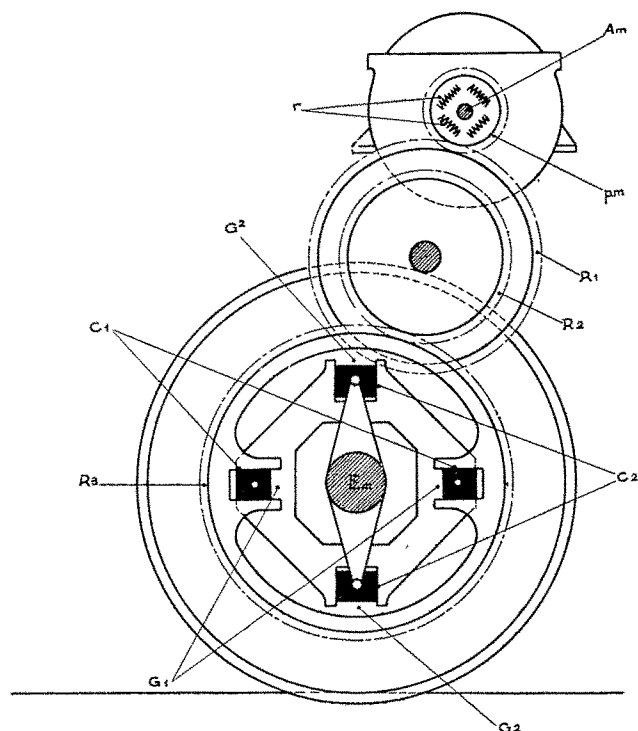


Fig. 14.— Commande universelle des Etablissements Winterthur (S. L. M.).

remplit trois réservoirs spéciaux à partir desquels l'huile de lubrification se dirige vers les autres organes de la commande.

Cette commande SLM a déjà été employée dans d'autres locomotives, mais on a voulu l'utiliser encore dans ces deux types d'essai pour établir le plus nettement possible la différence des deux systèmes : B.B.C. et S.L.M., dans des conditions identiques d'exploitation.

*Suspensions bogies et châssis.* — Les 4 bogies spéciaux constitués par un essieu porteur et un essieu moteur, sont identiques et interchangeables. Leur châssis est constitué de deux fortes barres d'acier qui s'appuient d'un côté sur les boîtes d'essieu et, de l'autre, sur des ressorts à lames, formant balanciers. Entre les essieux se trouve la crapaudine du pivot qui permet au bogie un jeu de  $2 \times 55$  mm. Le rapport, au centre, s'effectue au moyen d'un ressort transversal qui prend indirectement appui sur la crapaudine du pivot. Ces efforts, dont la valeur maximum est de 5.400 kg. se transmettent sur des plaques de glissement en acier extra dur, les points de contact étant en bronze.

Le châssis principal de chaque demi-locomotive repose sur

quatre points. Les ressorts de suspension de tous les essieux moteurs, ainsi que ceux de l'essieu porteur intermédiaire, sont réunis par des leviers de compensation.

Les deux essieux porteurs des bogies de chaque demi-locomotive sont suspendus indépendamment au châssis individuel qui les porte.

Le châssis principal repose ainsi directement sur deux autres points des châssis des bogies intermédiaires, au moyen de ressorts et balanciers transversaux.

Les caractéristiques principales des deux locomotives sont résumées dans ce qui suit :

#### Locomotive 11801

Diamètre des roues motrices.....	1.610 mm.
— — porteuses.....	950 —
Rapport de transmission.....	1/2,57
Nombre de moteurs de traction.....	8
Poids en ordre de marche.....	244 tonnes
— adhérent.....	156,2 tonnes
Force de traction maximum au démarrage mesurée sur l'arbre du moteur..	50.000 kg.
Force de traction unihoraire sur l'arbre moteur à 59 km./h.....	34.000 kg.
Puissance unihoraire à 59 km./h. sur l'arbre du moteur.....	7.500 ch.
Puissance continue à 61 km./h. sur l'arbre du moteur.....	7.000 —
Vitesse maximum.....	100 km./h.
Empattement total.....	29.000 mm.
Longueur totale.....	34.000 mm.
Poids adhérent par essieu.....	de 19,1 à 20 tonnes
Empattement des bogies spéciaux.....	2.500 mm.
— — intermédiaires..	3.500 —

#### Locomotive 11851

Diamètre des roues motrices.....	1.350 mm.
— — porteuses.....	950 —
Rapport de transmission.....	1/3,47
Nombre de moteurs de traction.....	16
Poids en charge.....	246 tonnes
— adhérent.....	156 à 157 tonnes.
Effort de traction au démarrage, mesuré sur l'arbre du moteur.....	60.000 kg.
Effort de traction unihoraire à 62 km./h., mesuré sur l'arbre du moteur.....	38.300 kg.
Puissance unihoraire à 62 km/h., mesurée sur l'arbre du moteur.....	8.800 ch.
Puissance continue à 65 km./h., mesurée sur l'arbre du moteur.....	8.300 Ch.
Vitesse maximum.....	100 km./h.
Empattement totale.....	29.000 mm.
Longueur totale.....	34.000 —
Poids adhérent par essieu.....	environ 20 tonnes
Empattement des bogies spéciaux.....	2.500 mm.
— — intermédiaires	3.500 —

Les locomotives en question sont munies des freins suivants :

a) Frein à main dans chaque cabine qui agit sur chacun des deux essieux intermédiaires, avec quatre sabots, et sur les essieux porteurs avec deux sabots.

b) Frein double Westinghouse avec 32 sabots sur les 8 essieux moteurs, et 8 sabots sur les essieux porteurs des bogies.

La pression sur les sabots atteint jusqu'à 90 % du poids adhérent pour les essieux moteurs et environ 60 % de la charge des essieux porteurs.

L'installation pour l'air comprimé ne diffère sensiblement pas de celles des autres locomotives de C.F.F., sauf au point de vue quantitatif.

La locomotive n° 11801 est munie du compresseur rotatif S.L.M. et celle n° 11851 d'un compresseur à cylindres M.F.O.

Une particularité remarquable de ces locomotives est représentée par la possibilité qu'a chaque demi-locomotive d'augmenter son poids adhérent, en cas de démarrages lents et difficiles.

Au-dessus de l'essieu porteur intermédiaire se trouve un cylindre à double piston qui, par l'intermédiaire d'un levier en équerre agit sur les ressorts porteurs. Si l'on fait pénétrer de l'air dans le cylindre, l'essieu porteur intermédiaire se décharge et le châssis de la locomotive ne porte plus que sur les points d'appui des essieux moteurs, en augmentant le poids

Dans la locomotive n° 11851, chaque essieu moteur est commandé par deux moteurs de tractions qui sont disposés suivant un même axe parallèle à l'axe de l'essieu moteur de la façon que nous avons décrite plus haut (fig. 15). Les moteurs de traction de la locomotive 11851 sont moins puissants que les précédents. Ils sont à 10 pôles, à excitation sériée avec le champ à phase retardée par un shunt ohmique sur le rotor dans un anneau facilement démontable, se trouve l'enroulement équipotentiel. Les enroulements de compensation et les pôles auxiliaires se trouvent très près de l'entrefer et favorisent ainsi une forte surcharge.

Les bobines de l'enroulement statorique sont exécutées sur gabarit et interchangeable. Les bornes sont facilement accessibles du côté extérieur de la locomotive et ont été réduites seulement à 8 pour simplifier l'inverseur.

Les moteurs de traction des deux locomotives ont été essayés à un nombre de tours qui correspond à une vitesse de 125 km./h. de la locomotive.

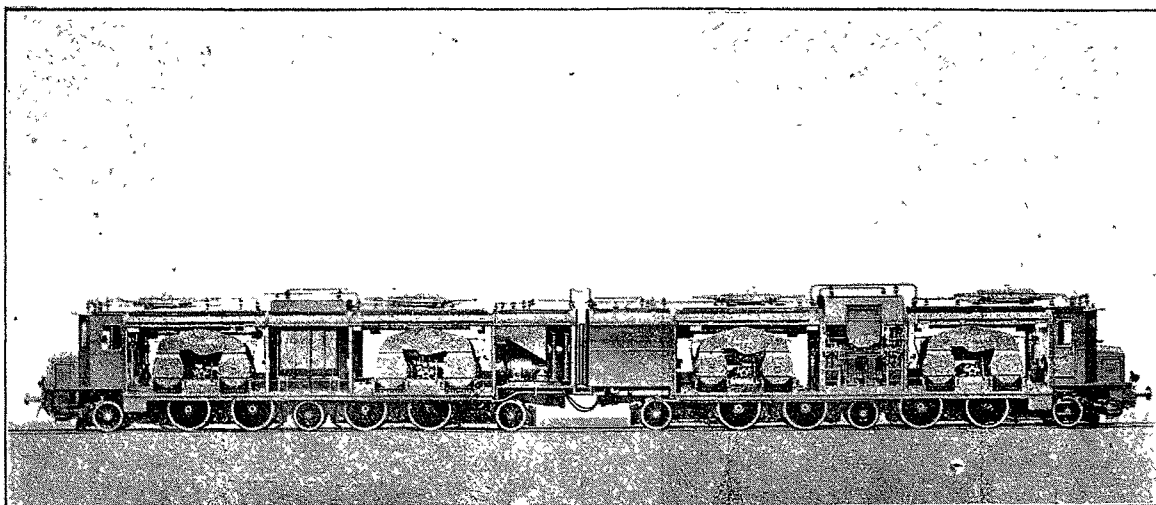


Fig. 15.— Locomotive 11851 panneaux enlevés

Photo Oerlikon

adhérent avec une pression de 7 atm. dans le cylindre, de 20 à 21.500 tonnes, ce qui porte le poids adhérent total de 160 tonnes à 172.

Ce dispositif est mis en action au moyen d'un circuit d'asservissement, par la simple manœuvre d'un interrupteur qui fait actionner simultanément les sableuses.

*Moteurs de traction.* — Les moteurs de traction sont des moteurs monophasés à collecteur, avec les champs des pôles auxiliaires déphasés par rapport au champ principal, ils sont aussi munis d'un enroulement de compensation ; en principe, ils sont tout à fait semblables à ceux des autres locomotives, normalement exploitées.

Ils sont à 16 pôles et ont aussi 16 pôles auxiliaires. Le rotor est feuilleté, et se trouve enfermé dans une robuste carcasse en acier, qui porte des parties saillantes, au moyen desquelles seront fixés les moteurs de traction au châssis. Les paliers du rotors sont lubrifiés par des anneaux. L'air de refroidissement parcourt dans des canalisations parallèles le stator et le rotor du moteur de traction. Pour les supports des porte-balais, on a employé des axes isolants en mica pressé.

La visite des collecteurs et des porte-balais s'effectue par une ouverture de contrôle qui s'ouvre au-dessus du collecteur. Dans le même but, l'on a rendu mobile le collier porte-balais. La position normale de fonctionnement des porte-balais est déterminée par un cran d'arrêt.

*Graduateurs et transformateurs.* — Une des principales caractéristiques de ces nouvelles locomotives est le réglage de la tension d'alimentation des moteurs de traction, qui s'effectue sur le côté haute tension du transformateur à gradin.

La tension de service des moteurs, série monophasés, doit être relativement faible et l'appareillage de commande doit être construit pour des intensités de courant très élevées. Les moyens actuels de construction de cet appareillage n'ont pas donné une solution satisfaisante pour les locomotives, tant au point de vue de leur disposition que de la distribution des poids qui en résulte.

La commande des moteurs de traction des deux locomotives a été reportée, d'après la proposition de la B.B.C. sur le côté haute tension du transformateur à gradin (fig. 16).

Ce contrôle à haute tension (15 000 v.) a été essayé pour remédier aux inconvénients qu'un contrôle à basse tension présenterait avec des intensités de coupures aussi importantes.

L'intensité du courant dans le circuit primaire n'atteignant qu'une trentième partie du courant dans le secondaire, le nombre des contacteurs extincteurs, sur le côté du primaire, qui devient l'enroulement de réglage, est de 6 à 8 fois inférieur à celui d'un gradateur quelconque sur le secondaire. Cela permet d'installer la glissière de prise de courant du gradateur contacteur dans le caisson du transformateur. Les interrupteurs coupe-étincelles se trouvent en dehors du transformateur, ainsi que

la résistance d'amortissement, car il n'y a aucune difficulté à sortir les connexions permanentes à l'extérieur de la cuve du transformateur. Le graduateur doit être isolé par rapport à la masse pour la tension d'alimentation de 15.000 volts, tandis que les interrupteurs coupe-étincelles ne doivent être calculés que pour une tension de 600 volts. L'entretien se réduit donc aux interrupteurs coupe-étincelles facilement accessibles puisqu'ils sont à l'extérieur.

Un moteur asservi de 0,8 ch. est suffisant pour la commande du graduateur.

Sur ces locomotives, on essaie aussi une disposition nouvelle de la commande du moteur asservi, actionnant le graduateur

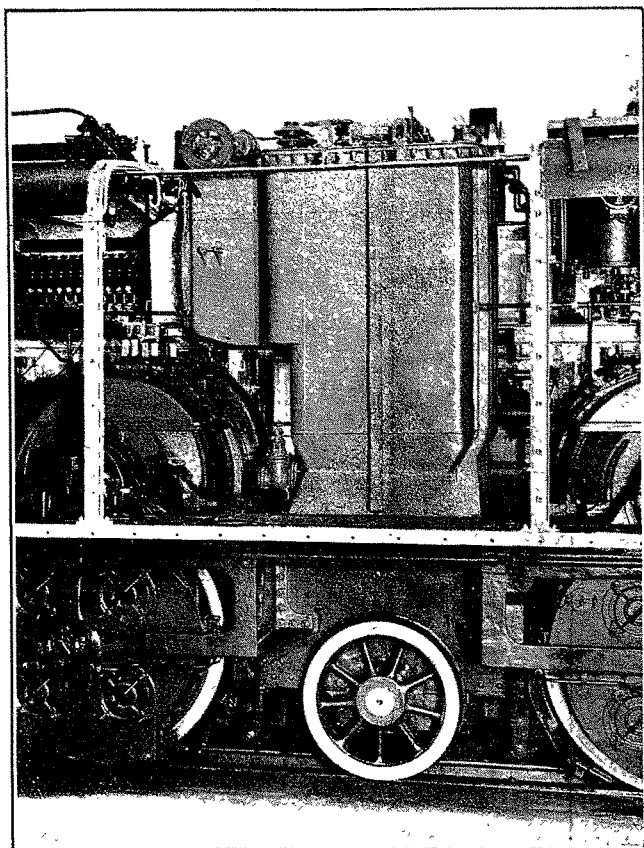


Fig. 16. — Dispositif de transformateur avec commutateur à échelons pour le contrôle à haute tension. Photo BBC

Au moyen d'une unique manette de commande, on fait fonctionner les servomoteurs des inverseurs et du graduateur, en plaçant cette manette de sa position moyenne dans un autre en avant ou en arrière. De ce fait, les inverseurs se disposent pour la marche « avant » ou « arrière ». Un bouton pression placé sur la manette en question provoque le mouvement du graduateur et des inverseurs, qui se déplacent tant que l'on appuie sur le bouton signalé. Un indicateur mécanique renseigne le mécanicien sur le couplage qui s'effectue, et il cessera d'agir sur le bouton-presseur lorsque la position atteinte correspondra à celle de la marche en régime normal (fig. 17).

Pour la marche en récupération, il suffit de placer une manette correspondante dans la position « freinage » et d'agir sur le bouton-presseur qui fait actionner le combinatoire de marche.

Le verrouillage qui existe toujours entre le graduateur et l'inverseur de marche, et qui ne permet à ce dernier d'agir que lorsque le graduateur se trouve dans la position « 0 », a été modifié. Le contact de verrouillage est lié au mouvement de la locomotive et ne permet la manœuvre des inverseurs que

lorsque la vitesse de la locomotive est inférieure à 5 km./h., et la rend impossible lorsqu'elle est en pleine vitesse.

Dans la locomotive n° 11801, l'appareil qui provoque le verrouillage est constitué d'un disque de cuivre mis en mouvement par la tachymètre et d'un électro-aimant suspendu comme une pendule. Lorsque la vitesse augmente, les courants parasites qui se développent dans le disque attirent l'électro-aimant en provoquant l'ouverture d'un interrupteur à mercure qui coupe le circuit de commande des inverseurs.

Dans la locomotive n° 11851, l'interruption du circuit de commande des inverseurs de marche s'effectue au moyen d'un interrupteur centrifuge actionné par le tachymètre.



Fig. 17. — Cabine du mécanicien de la locomotive 11851. Photo Oerlikon

Les inverseurs de marche sont à commande électropneumatique, mais peuvent aussi être actionnés à main.

Parmi les innovations introduites dans ces locomotives sur la demande des C.C.F., il faut signaler parmi les instruments de mesure, deux ampéromètres qui indiquent la différence d'intensité, entre deux moteurs qui peut s'établir lorsqu'il y a une éventuelle différence de vitesse.

#### CIRCUIT HAUTE TENSION (fig. 18)

D'après les constatations faites en exploitation on a conclu qu'il est préférable de ne maintenir que trois archets en contact avec la ligne caténaire, et cela dans l'ordre suivant et dans le sens de la marche : le premier, le troisième et le quatrième.

Le courant principal provenant de la ligne de contact L, est capté par les pantographes P<sub>I</sub> P<sub>II</sub> et P<sub>III</sub> et traverse les sectionneurs correspondants S, d'où il est dirigé aux interrupteurs principaux I<sub>p</sub> à plusieurs touches de contact. Ce courant passe par un transformateur d'intensité T<sub>ri</sub> qui fournit le courant

aux relais de déclenchement à maximum de courant, ainsi qu'aux circuits de verrouillage des organes, devant être verrouillés pendant le fonctionnement normal.

L'interrupteur principal peut être court-circuité par un interrupteur de mise à la terre  $I_{mt}$ , et cela, lorsque le premier doit être vérifié ou réparé.

Signalons encore sur cette première partie du circuit prin-

Dans la fig. 19 la représentation schématique de la demi-locomotive I se rapporte au montage de la locomotive 11801, tandis que celui de la demi locomotive II au montage basse tension de la locomotive 11851.

On obtient, par ce fait, dans les deux cas, une tension des moteurs par rapport à la masse qui est au plus égale à la tension aux bornes de ces derniers.

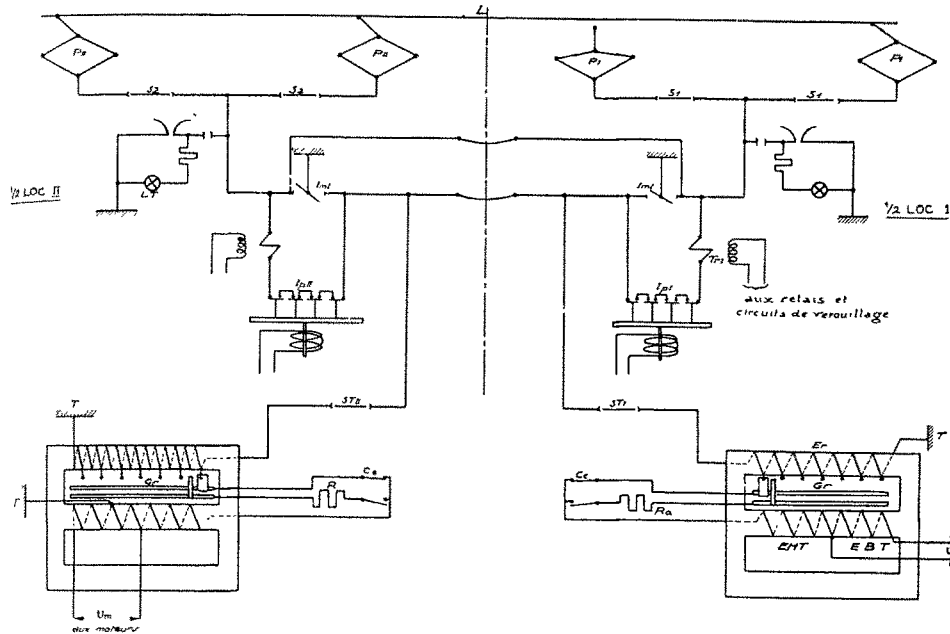


Fig. 18. — Circuit haute tension

cipal une innovation très particulière à ces deux types de locomotives, il s'agit d'un circuit de signalisation, indiquant la mise sous tension de la machine. Ce qui informe efficacement le mécanicien si l'interruption éventuelle de la tension en ligne qui a produit le déclenchement général dans sa locomotive est passagère ou prolongée et lui indique le moment venu d'enclencher à nouveau.

A cette fin, on utilise les courants de capacité s'établissant dans le condensateur formé par le conducteur à haute tension et un collier placé sur son isolateur de traversée, ce courant parcourt un circuit où se trouve une lampe témoin au « néon » placée dans la cabine du mécanicien. Celle-ci lui évitera des enclenchements et déclenchements inutiles pendant une interruption de la tension en ligne.

Avant d'aboutir au transformateur à gradins, le courant passe par les sectionneurs  $S_T$  correspondants à chaque transformateur  $T_r$ .

Nous sortirions du cadre de cette étude descriptive en nous étendant davantage sur les transformateurs dont la mise au point est le fruit de plusieurs années d'études et d'observations, elle reste l'apanage d'une élite de constructeurs qui ont vaincu une à une les innombrables difficultés qui se présentent inévitablement en exploitation et souvent surprennent les théoriciens eux mêmes qui, dans leurs études analytiques ne peuvent prévoir que des phénomènes secondaires soient parfois cependant du plus haut intérêt.

Nous signalerons toutefois la différence unique entre l'équipement électrique des transformateurs dans les deux locomotives et qui est constituée par la mise à la terre de l'enroulement basse tension. Dans la locomotive 11801, l'enroulement basse tension est mis à la terre par une de ces extrémités, tandis que dans celle 11851 c'est son milieu qu'on met à la terre.

### CIRCUIT DE TRACTION

Le circuit de traction n'offre pas de particularités marquantes. Nous avons retrouvé dans tous les types étudiés un montage identique. Il en sera de même pour ces deux types. Dans chaque demi-locomotive 11801, les quatre moteurs sont branchés en parallèle sur la tension de service, qui provient du transformateur, et qui est réglée comme nous l'avons vu, par le gradateur asservi au combinateur.

Les moteurs sont munis comme d'ordinaire des enroulements séries S, des pôles auxiliaires a, shuntés par des résistances ohmiques  $S_{ho}$ , et des enroulements de compensation C (fig. 19).

Dans les demi-locomotives 11851, les 8 moteurs sont couplés par groupes de deux moteurs en série. Ceux qui actionnent le même essieu moteur sont toujours en série

et les quatre groupes en dérivation.

Nous reproduisons les diagrammes donnant les efforts de traction en fonction du courant absorbé et de la vitesse du train dans la période de démarrage (fig. 20) ainsi que le courant

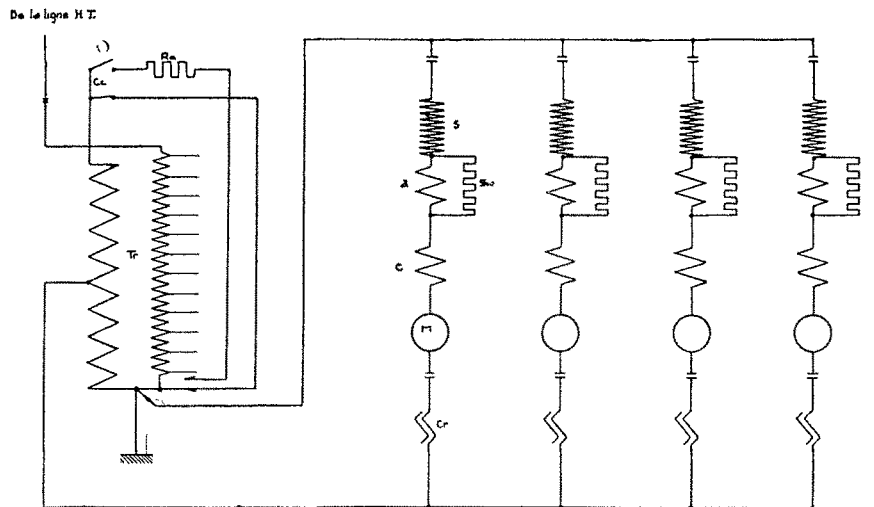


Fig. 19. — Circuit de traction de la locomotive 11801

de traction, la vitesse et l'espace parcouru dans la période de démarrage en fonction de ce temps de démarrage (fig. 21).

### FREINAGE ELECTRIQUE

Le circuit du freinage électrique ne présente pas de particularités saillantes ou d'innovations dignes d'intérêt. On retrouve dans le schéma de principe ci-dessous (fig. 22) les éléments fondamentaux qui caractérisent la récupération en courant alternatif : Enroulements d'excitation principaux S tous en série, et indépendants de circuit des moteurs générateurs.

L'enroulement des pôles auxiliaire A est en série avec une résistance auxiliaire  $r_a$  et le tout en dérivation avec un shunt inductif  $Sh$ . Le circuit des moteurs comporte, pour la marche en récupération, une bobine d'induction  $B_i$ , qui donne au courant créé pendant le freinage le retard de phase nécessaire, en vue de l'accorder au courant principal de la ligne de contact.

Nous reproduisons le graphique des efforts de freinage produit en récupération en fonction de vitesses, diagramme fourni par le Bulletin Oerlikon.

La courbe 0 indique la force freinante provoquée par les frottements du système de transmission. Les courbes de 1 à 12 indiquent les efforts freinants aux différentes vitesses et avec les gradins de 1 à 12. Les courbes pointillées sont les lignes de jonction des points équivalents aux intensités des rotors de 200 à 900 Amp. (fig. 23).

L'augmentation du poids due à l'application du freinage à récupération sur ces locomotives est évalué à  $6 \frac{1}{2} \%$  environ du poids de tout l'appareillage électrique et presque à 3 % du poids total d'une locomotive.

(A suivre).

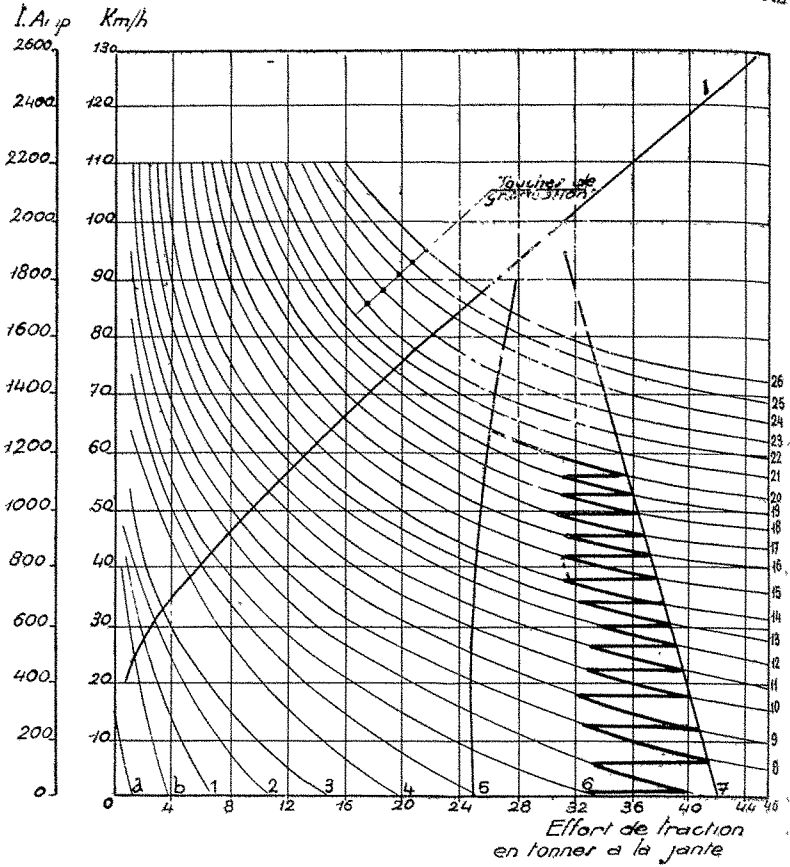


Fig. 20.— Diagramme de démarrage d'un train express sur rampe de 2 ‰ : courbes de réglage.

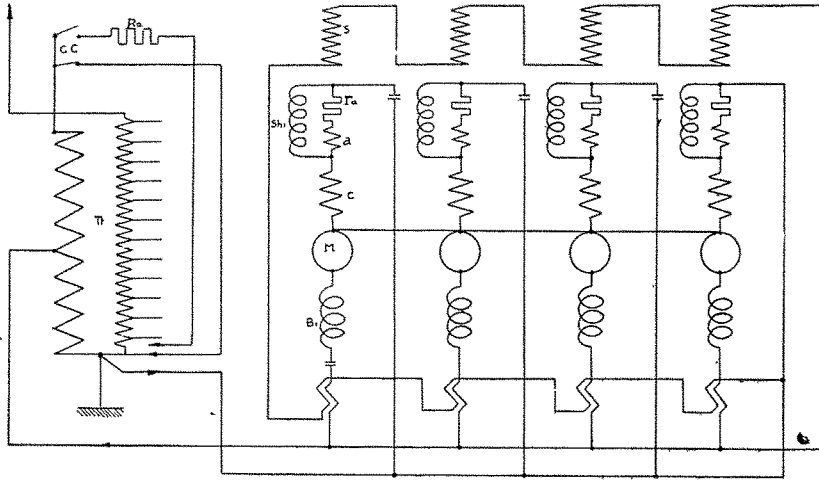


Fig 22.— Schéma de principe du circuit de traction marchant en récupération.

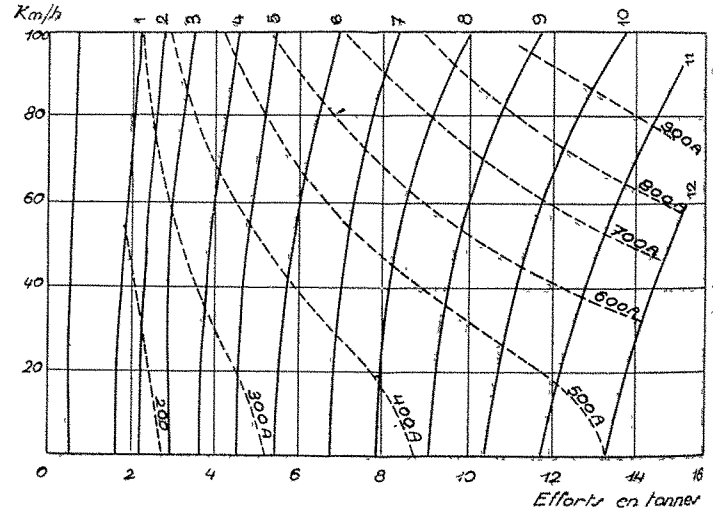


Fig. 23.— Courbes de freinage de la locomotive 11851

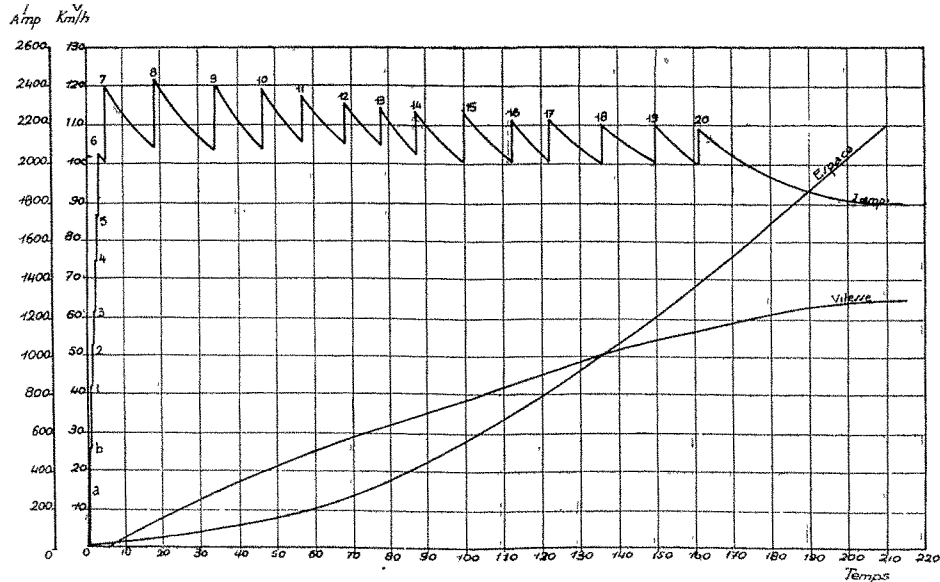


Fig. 21.— Diagramme de démarrage d'un train express sur rampe de 27 ‰ : Courbes des vitesses, espace parcouru et courant de traction en fonction du temps.