

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 54 (1928)  
**Heft:** 16

**Artikel:** La locomotive type AA-AA no 82 de Chemin de fer de la Bernina  
**Autor:** Muller, A.-E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-41886>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 16.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# BULLETIN TECHNIQUE

Réd. : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN

ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *La locomotive type AA-AA N° 82 du chemin de fer de la Bernina, par A.-E. Muller.* — *La fabrication des plaques de cuivre électrolytique « Debex ».* — *Conférences d'introduction générale à la psychotechnique.* — *Un projet de développement rationnel de l'économie électrique en Suisse.* — BIBLIOGRAPHIE. — *Service de placement.*

## La locomotive type AA-AA N° 82 du Chemin de Fer de la Bernina

par A.-E. MULLER, ingénieur diplômé, à Genève.

Depuis 1910, la vallée de l'Engadine est en communication par voie ferrée avec l'Italie. La ligne de chemin de fer électrique de la *Bernina*, qui établit la correspondance, à St-Moritz, avec les Chemins de fer Rhétiques, atteint la petite ville italienne de Tirano, station terminus de la ligne de la Valteline, après avoir traversé le massif de la Bernina.

Le tracé de la ligne de la Bernina est des plus accidenté. C'est du reste, la ligne de chemin de fer à adhérence, qui, en Europe, passe à l'altitude la plus élevée. Cette ligne est exploitée sur une longueur de 60,68 km ; la somme des différences de niveau atteint la valeur de 2428 m. Le 88 % de la longueur totale de la ligne est en rampes, dont le 54 % avec une déclivité supérieure à 30 ‰. La pente est en moyenne de 40 ‰ et de 70 ‰ au maximum, cette dernière déclivité régnant sur une longueur de 27 km.

Comme nous aurons l'occasion de le constater, les constructeurs qui se sont occupés de la nouvelle locomotive du chemin de fer de la Bernina, se sont trouvés en présence d'un problème des plus complexes, pour remplir les conditions techniques imposées par la Direction du Chemin de fer, par suite des différences de niveau du profil en long et du fait que la ligne a dû être construite en courbes sur une longueur représentant le 42 % de sa longueur totale. Le 30 % de la longueur de la ligne est en courbes dont le rayon est inférieur à 200 m, les plus petits rayons ont 50 m, exceptionnellement 40 m.

Ajoutons à ces données topographiques peu propices, des conditions atmosphériques exceptionnellement défavorables, par suite de la rigueur des hivers dans ces régions montagneuses, et nous aurons un aperçu des difficultés que présente l'étude de la nouvelle locomotive.

Notons en passant que, dans cette contrée, la température tombe généralement en hiver entre 25° et 30° au-dessous de zéro et que, pendant l'hiver 1925, par

exemple, la neige a atteint à l'Hospice de la Bernina une épaisseur de 5,2 m.

Avant d'aborder la description de la locomotive dans sa forme définitive, nous dirons quelques mots des causes qui ont déterminé le choix du système adopté par la *S. A. des Ateliers de Sécheron*.

Lorsque la Direction du Chemin de fer de la Bernina s'est proposé, en 1926, d'acquérir une nouvelle locomotive, il fut tout de suite question d'une locomotive à bogies, à 4 essieux moteurs. Cette locomotive devra assurer le service des trains de voyageurs et des trains de marchandises ; de plus, elle sera pourvue de chasse-neige pour le déblaiement de la voie et permettra encore la propulsion d'un wagon à chasse-neige rotatif. En service, la locomotive doit marcher aux vitesses de 20, 10 et 5 km/h.

Tandis que les concurrents présentaient des projets de locomotives à bielles, avec doubles trains d'engrenages de réduction, ou d'autres projets, pour lesquels le système d'attaque individuelle des essieux nécessitait l'emploi de bielles, la *S. A. des Ateliers de Sécheron* étudia une locomotive du type AA-AA, différant des projets de la concurrence par le système de commande des essieux, d'un caractère essentiellement individuel. Pour atteindre ce résultat, la *S. A. des Ateliers de Sécheron* prévoyait par bogie, deux moteurs jumelés attaquant chacun un essieu moteur. Mais il fallait éviter les inconvénients dus au patinage des roues motrices. Les risques de patinage sont grands surtout lors des parcours pour le déblaiement des neiges, pendant lesquels la locomotive doit marcher à la vitesse très minime de 5 km/h. L'emploi de bielles entre les essieux de chaque bogie se serait imposé, si l'on avait fait travailler les moteurs de traction en série aux faibles vitesses.

Une solution, cependant, se présentait : il s'agissait d'appliquer, aux quatre moteurs de traction, le couplage en parallèle, à la vitesse de 5 km/h. déjà. Grâce à sa grande expérience en matière de moteurs de traction, la *S. A. des Ateliers de Sécheron* n'eut aucune difficulté à remplir cette condition, qui donnait la meilleure solution technique au point de vue de l'adhérence, en écartant les dangers de patinage dus au couplage en série.

Cet avantage, lié à celui de la suppression des bielles et à l'emploi de roues motrices de petit diamètre entraînées par des accouplements à ressorts, décida définitivement en faveur du projet de la Société genevoise, à qui fut confiée l'exécution de l'équipement électrique de la nouvelle locomotive.

Signalons encore que l'étude des couplages des moteurs entre eux et le calcul des résistances de démarrage ont été l'objet de soins minutieux, en vue d'obtenir une accélération du train aussi régulière que possible. Tant au démarrage en série, que sur les crans de marche en parallèle, la graduation très divisée du courant a été obtenue par un choix judicieux des résistances et grâce au système de distribution du courant qui, en utilisant des contacteurs actionnés individuellement au moyen de l'air comprimé, permet de nombreuses possibilités de groupements de ces résistances.

En outre, comme il fallait aussi éviter les chocs, auxquels le train pourrait être sujet, en rampe particulièrement, lors du changement de couplage des moteurs, il était tout indiqué d'appliquer le système de connexion des circuits des moteurs dit à « transition par pont », qui a l'avantage d'éviter une diminution de l'effort de traction quand on passe du couplage série au couplage en parallèle.

Nous passons maintenant à l'énumération des données et des conditions imposées par le Chemin de fer de la Bernina pour la soumission des projets de locomotives.

Ecartement de la voie	1 m.
Pression par essieu	11 t.
Vitesse maximum	50 km/h.
Nature du courant	continu
Tension à la ligne de contact	800 V en moyenne 1100 V au maximum. 550 V au minimum.

En régime continu, la locomotive doit remorquer un train de 47 tonnes (poids de la locomotive non compris),

en rampe de 70 ‰, à la tension moyenne de 800 V et à la vitesse de 20 km/h. Les moteurs et les appareils seront calculés sur les bases des prescriptions « R.E.B. » 1925 pour permettre à la locomotive, attelée à un train de 47 t également, d'effectuer, pendant les fortes chaleurs d'été, quatre fois le trajet Poschiavo-Grüm-Poschiavo (33 km en rampe de 70 ‰) avec arrêt de cinq minutes aux stations terminus et d'effectuer ensuite la course Poschiavo-Pontresina-Poschiavo (75,6 km, en rampe de 70 ‰ sur la presque totalité du trajet sauf 10 km à 37 ‰). En outre, à l'arrêt complet, le train sera démarré cinq fois pendant chaque trajet d'essai, en rampe de 70 ‰ à n'importe quel endroit de la montée. A la descente le poids total de la locomotive pourra être freiné sur résistances d'une façon continue. Le calcul des moteurs devra donc tenir compte de cette condition.

Au démarrage, la locomotive développera un effort de traction à la jante de 12 800 kg (correspondant à un coefficient d'adhérence sur les rails de 0,29). Le démarrage d'un train de 47 t, en rampe de 70 ‰ et dans une courbe de 45 m. de rayon, doit s'effectuer aisément ; dans les mêmes conditions, le train doit atteindre la vitesse de 20 km/h en 75 secondes environ.

En outre, il fallait prévoir des chasse-neige à l'avant et à l'arrière de la locomotive. Les freins suivants furent imposés :

1. Le frein à vide système *Hardy*, comprenant un dispositif spécial pour le freinage de la locomotive ;
2. 1 frein mécanique à main agissant sur chaque bogie indépendamment ;
3. 1 frein électrique sur résistances, pour le freinage en service normal ;
4. 1 frein électro-magnétique sur rails, prévu comme frein de secours.

La locomotive N° 82, construite selon les données de la *S. A. des Ateliers de Sécheron*, pour l'équipement



Fig. 1. — Locomotive à courant continu, type AA-AA N° 82, du chemin de fer de la Bernina.

électrique, et de la *Fabrique Suisse de Machines et de Locomotives à Winterthour*, pour la partie mécanique, est représentée par les figures 1 et 2. Le tableau suivant donne en outre les caractéristiques principales de la locomotive :

Longueur entre tampons . . . . .	14 400 mm.
Empattement total . . . . .	10 000 mm.
Empattement des bogies . . . . .	2 200 mm.
Hauteur maximum mesurée entre le champignon du rail et la partie la plus élevée du lanterneau . . . . .	3 740 mm.
Largeur maximum . . . . .	2 500 mm.
Diamètre des roues motrices . . . . .	975 mm.
Rapport de transmission des engrenages . . . . .	1 : 7
Poids de la partie mécanique, frein à vide, moteur-compresseur, chasse-neige compris . . . . .	26 120 kg.
Poids de l'équipement électrique, avec dispositif de commande des essieux, y compris arbre tubulaire et freins sur rails . . . . .	17 280 kg.
Accessoires d'équipement (charge, sable et outils) . . . . .	600 kg.
Poids en service (poids adhérent) . . . . .	44 000 kg.
Puissance unihoraire totale à la jante, à la tension de 800 V et à la vitesse de 16 km/h . . . . .	600 ch.
Puissance totale continue à la jante, à la tension de 800 V et à la vitesse de 20 km/h . . . . .	500 ch.
Effort de traction maximum à la jante, au démarrage . . . . .	12 800 kg.

**A. Partie mécanique.**

Les deux bogies, sur lesquels reposent le pont et la caisse de la locomotive, sont pourvus chacun d'un chasse-neige en tôle, de construction robuste, dont la partie inférieure peut être abaissée à une distance de 40 mm des rails, pour le débarrasser de la voie. Un passage aménagé au milieu des chasse-neige et pourvu de mains-courantes, donne l'accès des cabines de commande à l'agent chargé du contrôle du train. Lorsque la locomotive travaille comme chasse-neige, l'entrée du passage est fermée au moyen de la pièce articulée, que la fig. 1 montre rabattue. Des ailes en tôle, mobiles autour de charnières, et dont l'inclinaison est réglable de l'intérieur de la cabine, sont prévues de chaque côté des chasse-neige. Elles ont pour but d'augmenter, de 2500 mm (profil normal) à 3200 mm, la largeur du chemin

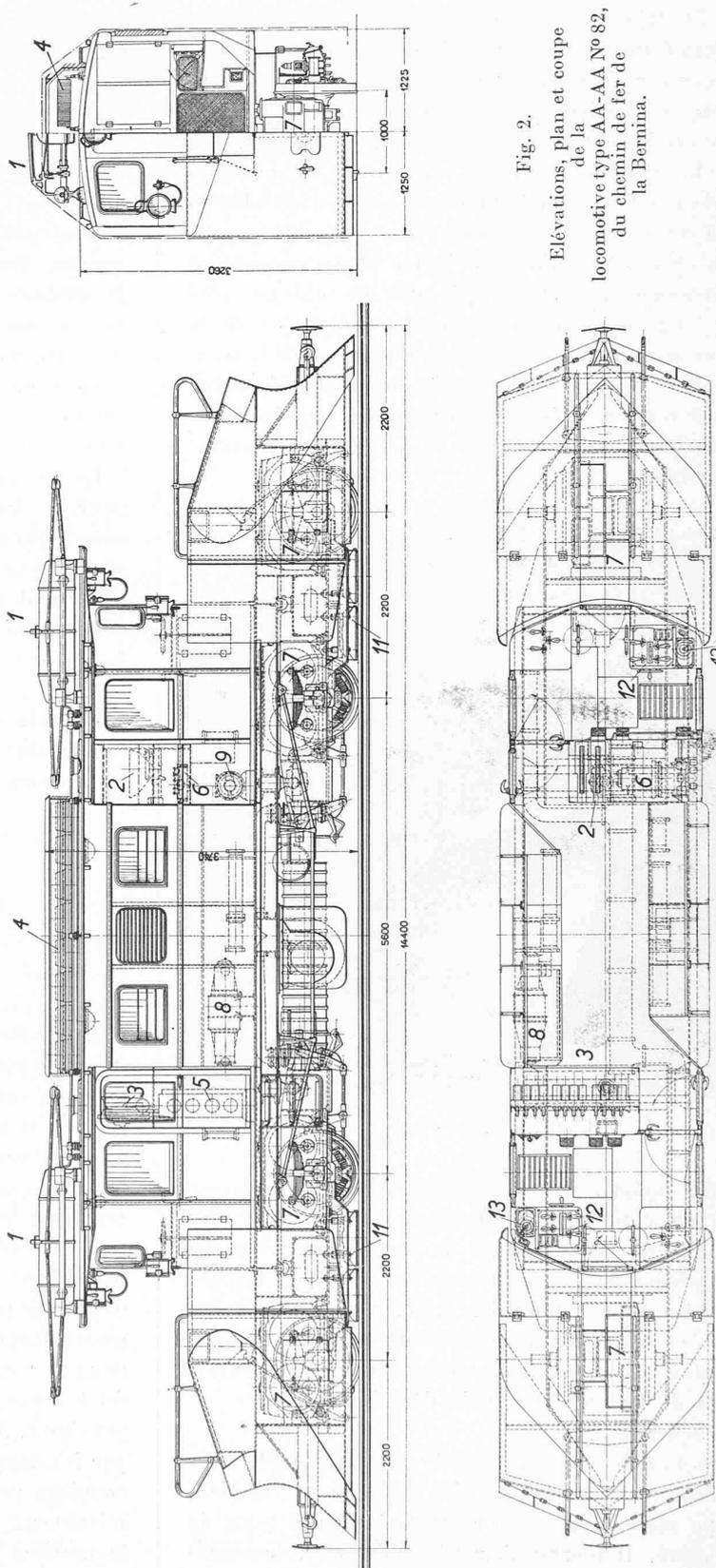


Fig. 2.  
Elevations, plan et coupe de la locomotive type AA-AA N° 82, du chemin de fer de la Bernina.

- 1. Prise de courant à pantographe. — 2. Interrupteur principal (contacteurs de ligne). — 3. Contacteurs de marche et de freinage. — 4. Résistances de démarrage et de freinage. — 5. Inverseur de marche. — 6. Shuntneur (variation du champ des moteurs). — 7. Moteurs de traction. — 8. Moteur-compresseur. — 9. Moteur-pompe à vide. — 10. Moteur ventilateur. — 11. Patins de frein sur rails. — 12. Combinateur. — 13. Contrôleur de frein à vide.

ouvert dans la neige. Les détails de construction des chasse-neige sont donnés par la figure 3. L'emplacement des pivots, autour desquels se meuvent les bogies, est choisi de façon telle que le déplacement relatif des bogies et de la caisse soit possible dans les

courbes de très petit rayon. Comme ce déplacement est évidemment très grand dans des courbes de 40 à 50 m de rayon, il fallait réduire au minimum l'angle décrit par les bogies, en augmentant le plus possible le rayon qui détermine la translation des bogies. Les pivots sont placés, pour cette raison, sur un prolongement prévu à l'extrémité du bogie opposée au chasse-neige. D'autre part, les appuis glissants, sur lesquels repose la caisse, au milieu de chaque bogie, permettent un déplacement latéral de 275 mm de chaque côté de l'axe longitudinal du véhicule. La répartition de la charge sur les roues et la stabilité de la caisse de la locomotive dans le sens latéral sont obtenues au moyen d'appuis à ressort, fixés à l'extérieur des longerons des bogies, de part et d'autre d'un axe transversal passant par les pivots.

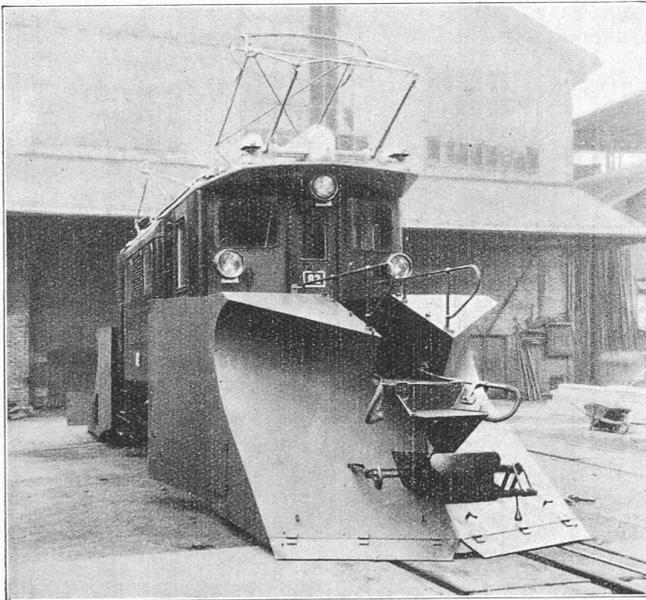


Fig. 3. — Chasse-neige.

L'espace compris entre les cabines de commande est aménagé en compartiment destiné au transport des ouvriers chargés de l'entretien de la voie. Ce compartiment est pourvu de portes ouvertes sur la voie, de chaque côté du véhicule ; le long des parois sont disposés des bancs latéraux, où 10 à 12 ouvriers peuvent prendre place ; enfin, ce compartiment contient aussi les outils, les engins de levage, en cas de déraillement, les crics, pelles, pioches, etc.

Des trappes de visite sont prévues dans le plancher de la caisse pour la révision des moteurs de traction. Le groupe moteur-ventilateur est fixé sous le pont de la locomotive. Il fournit l'air nécessaire au refroidissement des moteurs de traction. Des canaux en tôle, de section rectangulaire, conduisent l'air aux moteurs. La jonction des canaux entre la caisse et les bogies est obtenue au moyen de soufflets en cuir.

Le frein à vide système *Hardy*, comprend, outre l'équipement général de freinage du train, un dispositif

spécial de freinage de la locomotive. La dépression nécessaire à la mise en action du frein est produite par une pompe à vide, de construction « Winterthour ». Les deux grands réservoirs sont fixés sous le pont, tandis que les autres organes et les conduites sont placés à l'intérieur de la caisse, pour les soustraire à l'action du gel. Le frein à vide agit simultanément sur tous les essieux ; il peut être actionné indifféremment des deux cabines de commande. Pour protéger les tuyaux d'accouplement de la conduite du frein, pendant les trajets de déblaiement, ceux-ci sont logés dans les chasse-neige, de la façon indiquée par la fig. 3.

Le frein à main permet de freiner mécaniquement chaque bogie, de la cabine la plus proche. Toutes les roues sont pourvues d'une sablière étanche à l'eau.

La locomotive est encore pourvue de quatre patins, pour le freinage électro-magnétique sur rails, placés dans l'empattement des bogies. Les supports de guidage des patins sont fixés directement aux paliers des essieux ; ils ne sont donc pas soumis aux variations de hauteur, dues au jeu des ressorts de suspension, comme cela serait le cas si ces supports étaient fixés aux longerons des bogies.

Le frein électromagnétique sur rails permet de freiner rapidement le train en rampe de 70 ‰. C'est un frein de secours.

## B. Equipement électrique.

### I. Disposition générale et couplages.

La fig. 2 montre la disposition générale de l'équipement électrique ; le schéma fig. 4 représente le circuit du courant principal.

Les différents couplages appliqués aux moteurs de traction pour la marche normale en traction et pour le freinage sur résistances sont donnés par les schémas  $G^1$  à  $G^3$  de la fig. 4. Dans un cas, les deux induits de chaque moteur sont couplés en série, tandis que les quatre moteurs jumelés sont branchés en parallèle sur le courant principal (couplage « série-parallèle »). Dans l'autre cas, tous les induits sont connectés en parallèle (« couplage parallèle »). Le passage d'un couplage à l'autre est déterminé par des contacteurs spéciaux actionnés mécaniquement, qui établissent les nouvelles connexions sans interrompre le courant, grâce au système dit à « transition par pont », dont nous avons déjà parlé plus haut. A part les deux vitesses économiques obtenues par les couplages, dont il vient d'être question, chaque couplage permet encore trois autres vitesses, par l'affaiblissement du champ des moteurs, ce qui porte à 8 le nombre des vitesses économiques de la locomotive. Des commutateurs à tambour, commandés électropneumatiquement (shunteurs), effectuent les connexions, en vue de l'affaiblissement du champ des moteurs.

Le groupe inverseur, actionné électropneumatiquement, régit le sens de marche des moteurs de traction. Cet appareil modifie les connexions du courant d'ali-

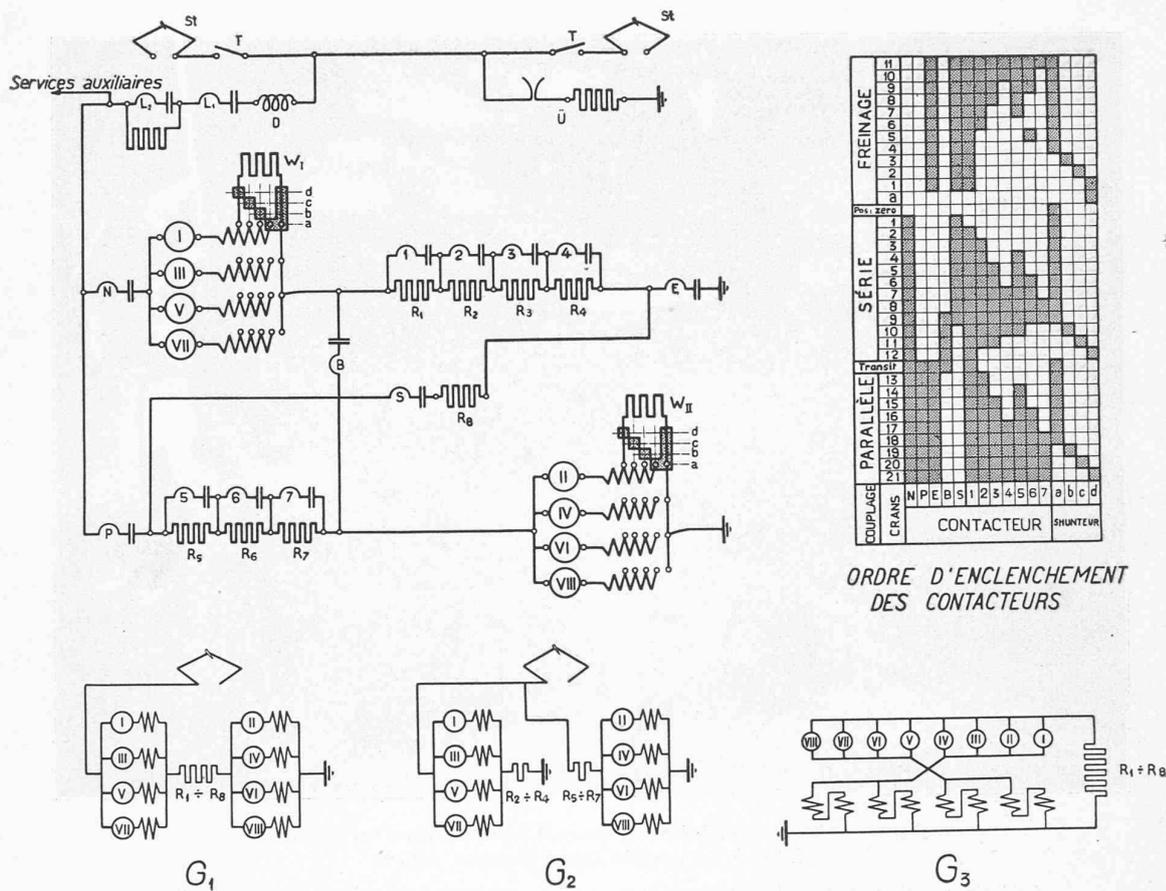


Fig. 4. — Schéma simplifié du circuit du courant principal.

$G_1$  = premier couplage : les induits I-II, III-IV, V-VI, VII-VIII de chaque moteur jumelé sont couplés en série ; les moteurs jumelés de chaque bogie sont groupés en parallèle ; les deux bogies sont couplés électriquement en parallèle.  
 $G_2$  = deuxième couplage : tous les induits d'un bogie sont couplés en parallèle ; les deux bogies sont couplés électriquement en parallèle.  
 $G_3$  = freinage sur résistances : les inducteurs de chaque moteur jumelé sont couplés en série et leurs induits sont connectés en parallèle ; les moteurs jumelés de chaque bogie sont couplés en parallèle ; les connexions entre induits et inducteurs des deux bogies sont croisées.  
 $L_1, L_2$  = contacteurs de l'interrupteur principal. —  $N, P, B, S, E$ , = contacteurs de marche. — 1-7 = contacteurs de freinage. —  $a, b, c, d$  = shunteur. —  $R_1-R_8$  = résistances de démarrage et de freinage. —  $W_1, W_2$  = résistances-shunts. — I-II, III-IV, V-VI, VII-VIII = moteurs de traction (moteurs jumelés). —  $D$  = bobine de réactance. —  $U$  = parafoudre. —  $T$  = sectionneur de prise de courant.  
 $St$  = prise de courant.

mentation des moteurs et permet également de mettre hors circuit un moteur de traction quelconque, en cas d'avarie par exemple.

Le fonctionnement des contacteurs d'asservissement des moteurs de traction repose sur le principe de commande mécano-pneumatique, qui a été appliqué avec succès aux locomotives de 4500 ch, type « Sécheron », de la ligne du Loetschberg.

Les résistances de marche et de freinage sont logées dans un lanterneau, sur le toit, ce qui leur assure une très bonne ventilation.

Notons encore que l'interrupteur principal est composé de deux contacteurs électro-pneumatiques connectés en série.

A part le circuit du courant principal, dont nous venons de voir rapidement quelques fonctions, nous donnons ci-après la liste des différents circuits alimentant les installations accessoires :

Le circuit de courant des services auxiliaires comprenant :  
 1 Moteur-compresseur et accessoires destiné à produire l'air nécessaire aux appareils d'asservissement et aux dispositifs de commande des pantographes, des sablières et

des sifflets. — 1 groupe moteur-pompe à vide et accessoires pour le frein, système Hardy. — 1 moteur-ventilateur et accessoires pour la ventilation forcée des moteurs de traction. — La batterie d'accumulateurs, alimentant le circuit d'asservissement, le circuit d'éclairage et des sonnettes.

Le circuit du courant de chauffage. — Le circuit du courant des freins électro-magnétiques sur rails. — Le circuit du courant d'asservissement. — Le circuit du courant d'éclairage. — Le circuit des appareils de mesure et de contrôle.

(A suivre.)

### La fabrication des planches de cuivre électrolytique « Debex ».

Le dépôt galvanique du cuivre est une opération facile puisqu'il suffit de baigner l'objet à cuivrer dans une solution de sulfate de cuivre et de le relier au pôle négatif d'une source de courant électrique. Mais les choses sont moins simples quand il s'agit de constituer un dépôt de grande surface qui, tout en étant de faible épaisseur, soit absolument exempt de