Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 34 (1943)
Heft: 20

Artikel: Le passé, le présent et l'avenir de la traction électrique en Suisse
Autor: Sachs, K.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057753

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 23.08.2025

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

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

BULLETIN

RÉDACTION:
Secrétariat de l'Association Suisse des Electriciens
Zurich 8, Seefeldstrasse 301

ADMINISTRATION:
Zurich, Stauffacherquai 36 ♦ Téléphone 5 17 42
Chèques postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXXIVe Année | N° 20 | Mercredi, 6 Octobre 1943

Le passé, le présent et l'avenir de la traction électrique en Suisse

Conférence donnée à l'Assemblée générale de l'Association Suisse des Electriciens, le 29 août 1943, à Montreux,

par *K. Sachs*, Baden

621.33(494)

L'électrification de nos chemins de fer à voie normale est due en bonne partie au travail considérable de la «Commission d'étude pour l'introduction de la traction électrique sur les chemins de fer suisses» instituée à la suite d'une suggestion formulée par MM. Tissot et Wyssling lors de l'assemblée générale de l'Association Suisse des Electriciens de 1901, à Montreux. Le premier chemin de fer électrique en Suisse fut un chemin de fer d'essai à crémaillère, inauguré à Territet en 1886. Deux ans plus tard, le premier chemin de fer électrique destiné au trafic public fut aménagé, sous forme d'un tramway (ligne Vevey-Montreux-Chillon). Les principales étapes de la traction électrique à voie normale sont: la ligne d'essais Seebach-Wettingen (1904—1909), proposée par M. Emil Huber-Stockar et qui a permis d'effectuer des essais d'une extrême importance; la traction électrique dans le tunnel du Simplon (1906); puis l'électrification du chemin de fer du Lötschberg (1911) où l'on appliqua le système monophasé à 15 000 V, 16⅔ pér./s mis au point sur la ligne Seebach-Wettingen et adopté pour l'électrification des Chemins de fer fédéraux et, enfin, le 16 février 1916, la décision du conseil d'administration des CFF d'électrifier le réseau des Chemins de fer fédéraux. Cette électrification, réalisée sous la conduite de M. Emil Huber-Stockar, Dr. h.c., est une admirable synthèse de la science appliquée et de la technique, entreprise avec une organisation réduite à un strict minimum. Par cette œuvre remarquable, M. Emil Huber-Stockar s'est acquis la reconnaissance de tout le peuple suisse. Actuellement, le 80 % du réseau des CFF, qui comprend 2917 km de lignes, est électrifié et assure le 95 % des prestations annuelles, pourcentage qui n'est atteint dans aucun autre pays. De nos jours, la traction électrique est la base de notre économie et de notre défense nationale. On a de la peine à se représenter dans quelle position économique et politique nous nous trouverions actuellement, si nous dépendions encore de l'étranger pour les fournitures de charbon destinées à l'exploitation de nos chemins de fer. Beaucoup d'entre nous se rappellent peut-être les obstacles que l'électrification des CFF a dû surmonter au début. Cette électrification est un magnifique exemple et doit nous inciter à entreprendre, nous aussi, avec courage des œuvres dont les générations futures nous sauront gré.

Die Elektrifizierung unserer Vollbahnen geschah nicht zuletzt auf Grund der umfassenden Arbeiten der «Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb», deren Gründung auf eine Anregung von Dr. Tissot und Prof. Dr. Wyssling an der Generalversammlung des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins im Jahre 1901 in Montreux zurückgeht. Es mag erwähnt werden, dass im Jahre 1886 als erste elektrische Bahn der Schweiz in Territet versuchsweise eine Zahnradbahn in Betrieb kam, der zwei Jahre später als erste öffentliche elektrische Bahn unseres Landes die Strassenbahn Vevey-Montreux-Chillon folgte. Wichtige Etappen der elektrischen Vollbahntraktion waren: die auf Antrag von Dr. h. c. Emil Huber-Stockar zustande gekommene, weltberühmt gewordene Versuchsstrecke Seebach-Wettingen (1904—1909), auf der die grundlegenden Versuche durchgeführt wurden, dann der elektrische Betrieb im Simplontunnel (ab 1906), dann jener auf der Lötschbergbahn (ab 1911), wo das in Seebach-Wettingen entwickelte, für die Elektrifizierung der Bundesbahnen vorgesehene Einphasen-Traktionssystem 15 000 Volt und 16⅔ Perioden pro Sekunde im Grossen angewendet wurde, und schliesslich vor allem der Beginn der Elektrifizierung der Schweizerischen Bundesbahnen mit dem Verwaltungsratsbeschluss der SBB vom 16. Februar 1916. Die Elektrifizierung der SBB, die unter der Leitung des unvergesslichen Dr. h. c. Emil Huber-Stockar durchgeführt wurde, ist eine grossartige Synthese von angewandter Wissenschaft und Technik, geschaffen mit einem beispiellos geringen organisatorischen Aufwand, eine Leistung, für die das Schweizervolk Ingenieur Emil Huber-Stockar zu tiefem Dank verpflichtet bleibt. Heute sind von dem 2917 Streckenkilometer umfassenden Netz der SBB 80 % elektrifiziert, auf denen sogar 95 % der gesamten jährlichen Verkehrsarbeit elektrisch geleistet werden. In keinem andern Land der Welt ist dieser Anteil auch nur annähernd so hoch. Unser elektrischer Bahnbetrieb ist ganz besonders heute eine wichtige Grundlage unserer Wirtschaft und unserer Wehrhaftigkeit. Es ist kaum möglich, sich vorzustellen, wie unsere heutige wirtschaftliche und politische Lage wäre, wenn wir im Bahnbetrieb noch von den Kohlenlieferungen des Auslandes abhängig wären. Es mögen aber viele noch wissen, gegen welch grosse Widerstände die Elektrifizierung der SBB seinerzeit durchgesetzt werden musste, und sie mögen sich daran ein Beispiel nehmen, dass wir heute gegenüber kommenden Generationen verpflichtet sind, ebenso mutige Taten zu vollbringen wie die Pioniere des elektrischen Bahnbetriebes vor 25 Jahren.

(Traduction.)

Notre pays est réputé depuis longtemps pour ses chemins de fer électriques. Pourtant, ce n'est pas en Suisse que l'électrification des chemins de fer a commencé, mais à l'étranger, bien que nous eussions, vers 1880, c'est-à-dire avant l'aménagement du premier chemin de fer électrique suisse, de nombreux constructeurs de machines et appareils électriques, tels que Alioth & Cie, à Bâle, A. de Meuron & Cuénod, à Genève, la S. A. des Outils et Machines d'Oerlikon, la Société suisse pour la construction de locomotives et de machines à Winterthour, etc., qui faisaient figure de pionniers dans

ce domaine. Peu de personnes savent que le premier chemin de fer électrique en Suisse fut un chemin de fer à crémaillère, installé à titre d'essai à Territet, en 1886, par l'entreprise de Meuron & Cuénod (Fig. 1). Deux ans plus tard, en 1888, le premier chemin de fer électrique destiné au trafic public était mis en service; c'était celui de Vevey-Montreux-Chillon [1]) (prolongé ensuite jusqu'à Villeneuve). Fait étonnant, aucune des entreprises que nous venons de nommer, ne participa à cette installation. Ce chemin de fer, crée par *Ernest Miauton* [2]) (l'un des membres fondateurs de l'ASE, décédé l'an passé), fut en effet complètement équipé par ses propres ateliers de Vevey. L'aménée du courant était particulièrement interéssante (Fig. 2 et 3). Conformément à la pratique courante

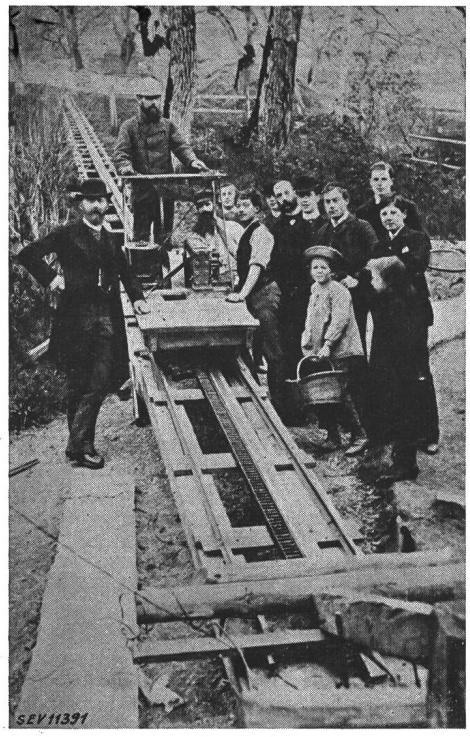


Fig. 1.
Installation d'essais d'un chemin de fer électrique à crémaillère à Territet (1886)

à cette époque, elle comportait deux pôles constitués par des tubes fendus, dans lesquels glissaient les prises de courant en forme de navettes reliées à la voiture par des câbles souples, selon le système imaginé en 1882 par Siemens & Halske. C'est ainsi que, peu avant 1890, nous possédions en Suisse notre premier chemin de fer électrique, qui supportait certainement la comparaison avec les quelques rares chemins de fer de cette importance installés à l'étranger.

En 1888 également, le premier tramway électrique avec une seule ligne de contact aérienne alimentée sous 500 V fut mis en service à Richmond en Virginie (USA). Son créateur était *Frank Sprague*, l'un des plus célèbres spécialistes américains dans le domaine de la traction électrique. C'est l'installation de Richmond qui donna lieu au remarquable développement des tramways, aussi bien aux Etats-Unis qu'en Europe.

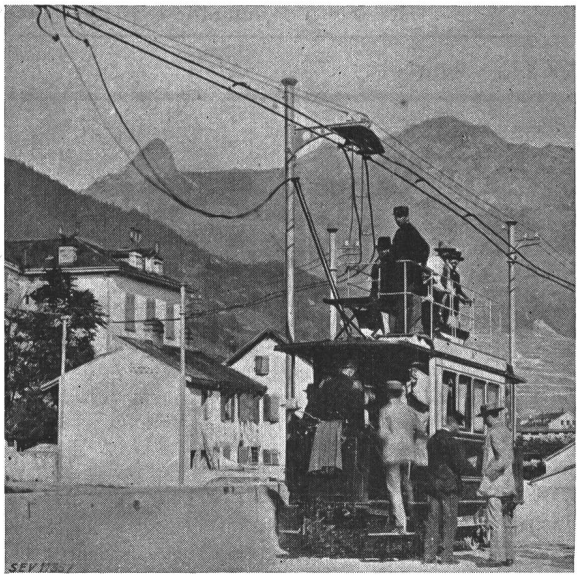


Fig. 2.
Voiture motrice du premier tramway électrique suisse, de 1888, avec ligne de contact bipolaire en tube fendu (voir fig. 3).
(Ligne Vevey-Montreux-Chillon.)

Parmi les nombreux spécialistes qui visitèrent l'installation de tramways de Richmond se trouvait également *Emil Huber*, un jeune ingénieur suisse, fils aîné de P. E. Huber-Werdmüller, fondateur des Ateliers de Construction Oerlikon (c'est ainsi que

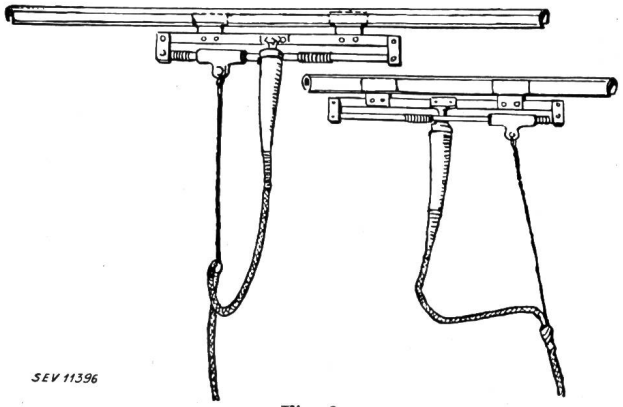


Fig. 3.
Ligne de contact en tube fendu, avec prise de courant à navette

s'appelait depuis fin 1886 la Fabrique d'Outils et de Machines d'Oerlikon). En 1888, ayant achevé ses études à l'Ecole Polytechnique Fédérale, le jeune homme était allé aux Etats-Unis, afin de compléter ses connaissances et observer ce qui se faisait à l'é-

[1]) Bull. ASE 1943, No. 17, p. 514.
[2]) Bull. ASE 1942, No. 9, p. 258.

tranger. Le jeune Huber fut enthousiasmé de voir les voitures motrices des tramways de Richmond gravir aisément les fortes pentes de la ville, qui ressemblait à ce point à Zurich. Dès lors, Huber s'attacha au domaine de la traction électrique, auquel il consacra toute son existence.

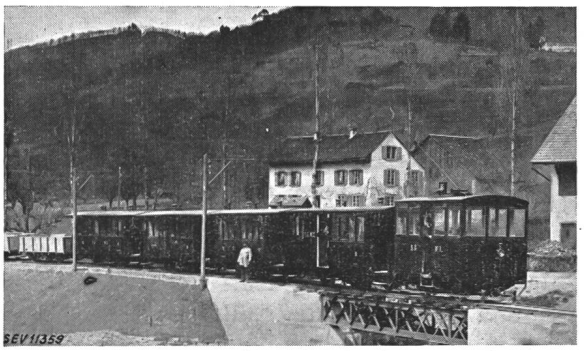


Fig. 4.
Chemin de fer électrique à voie étroite Sissach-Gelterkinden, inauguré en 1891, supprimé en 1916
(Courant continu 500 V)

En 1891, à la demande de son père, Huber rentra au pays et fit partie de la direction des Ateliers de Construction Oerlikon. Cette année-là, cette entreprise livra les équipements électriques de deux locomotives, qui furent les premières de notre pays, l'une pour le chemin de fer de *Sissach à Gelterkinden* (Fig. 4), l'autre pour celui de *Grütschalp* à *Mürren*. La première fut mise en service le 15 mai 1891, la seconde le 14 août. Le chemin de fer électrique Sissach-Gelterkinden fut inauguré avec grande pompe. La locomotive portait une inscription qui disait à peu près ce qui suit:

Je ne crache, ne fume, ni ne siffle,
et pourtant je marche vite!
Comment donc? — Je n'en sais rien.
Demandez-le à ces Messieurs d'Oerlikon.

Au début, tout marcha en effet fort bien, mais cela devint moins brillant en automne, lorsque le débit de l'Ergolz et de l'Homburgerbach, qui alimentaient l'usine du chemin de fer, diminua. Les trains allèrent de moins en moins vite et restèrent souvent en panne dans les montées. Il fallait alors que les voyageurs, le personnel et parfois même les écoliers joignent leurs forces pour faire démarrer le train. L'exploitation de ce chemin de fer ne pouvait pas se poursuivre dans de telles conditions, d'autant plus que rien ne laissait espérer une amélioration. Au début de l'hiver, les trains allaient de plus en plus lentement, demeuraient plus souvent en panne et les retards sur l'horaire étaient devenus chroniques. La direction dut remédier au plus vite à cette situation alarmante. Les défauts ne provenant pas des installations mécaniques, il fallut avoir recours, pendant l'hiver, à la traction à vapeur. Ce double service coûtait cher et les recettes laissaient rarement un bénéfice. Lorsque la construction de la nouvelle ligne du Hauenstein fut décidée, le sort du petit chemin de fer se trouva réglé. A la fin de l'été de 1915, la ligne de contact fut démontée et revendue à bon prix, en raison de la pénurie de cuivre. C'est ainsi que la traction électrique sur cette ligne fut supprimée. Au début de 1916, la ligne du Hauenstein ayant été inaugurée, l'exploitation du chemin de fer Sissach-Gelterkinden cessa complètement. Il est extrêmement regrettable que la locomotive électrique ait été démontée en vue d'en récupérer le métal, car c'était la première locomotive électrique suisse.

Dès 1891, la traction électrique se développa d'une façon remarquable en Suisse. La Cie de l'Industrie électrique et mécanique de Genève, qui devint par la suite la S. A. des Ateliers de Sécheron et était dirigée par notre *René Thury*, avait déjà construit en 1890 l'équipement électrique des voitures de tramway de *Clermont-Ferrand*, qui fut le premier tramway de France, puis en 1892 l'équipement électrique des voitures du *chemin de fer à crémaillère du Salève*, qui fut le premier du monde. En 1893, cette entreprise livra l'équipement électrique des voitures du chemin de fer *Stansstad-Stans* et, en 1894, celui de l'*Orbe-Chavornay* (Fig. 5), le premier chemin de fer électrique à voie normale de notre pays. En 1894, également, furent inaugurées les lignes Burgwies-Kreuzplatz-Bellevue, Bellevue-Römerhof et Pfauen-Kreuzplatz-Römerhof des *Tramways électrique zurichois*, dont les voitures étaient équipées par les Ateliers de Construction Oerlikon (Fig. 6).

Etant donné le grand succès remporté par les chemins de fer électriques, tous alimentés en courant continu à 500...600 V, il est naturel que les spécialistes aient songé dès lors à une électrification des chemins de fer à voie normale. La réalisation se heurtait toutefois à une difficulté quasi insur-

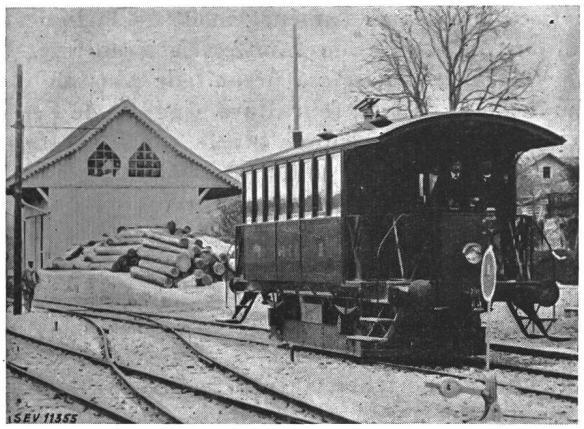


Fig. 5.
Automotrice du Chemin de fer Orbe-Chavornay, en 1894
(Courant continu 600 V)
Premier chemin de fer électrique suisse à voie normale.

montable, du fait que la grande longueur de ces lignes de chemin de fer aurait exigé une sensible élévation de la tension de la ligne de contact, élévation que les usines électriques auraient certainement pu réaliser, mais qui n'aurait pu être appliquée aux moteurs de traction. En outre, la coupure du courant continu à une tension relativement élevée aurait donné lieu à des arcs de grande longueur, de sorte que la mise au point d'un appareillage de commande pour locomotives posait un problème presque insoluble à cette époque. L'Alsacien *Jacques Heilmann* croyait avoir résolu ce problème avec une locomotive électrique à vapeur, qui devait réunir l'avantage de l'indépendance de la locomotive à vapeur avec celui de la finesse de réglage de la locomotive électrique. Quant au *courant alternatif monophasé*, qui aurait aisément permis d'atteindre des tensions élevées à la ligne de contact, il n'entrait pas en ligne de compte, car les moteurs monophasés n'étaient pas utilisables pour la traction. Or, depuis l'aménagement de la ligne de transport d'énergie de Lauffen à Francfort, en 1891, le *courant triphasé* prenait de plus en plus d'importance pour la fourniture générale de l'énergie électrique. Sa victoire sur le courant continu parut tout d'abord si nette, que maint spécialiste estimait possible, voir même nécessaire, de résoudre tous les problèmes de la technique du courant fort par le courant triphasé. C'est ainsi que *C. E. L. Brown* luttait personnellement en faveur du courant triphasé. Ce point de vue, nettement unilatéral et basé uniquement sur des considérations économiques, ne tenait aucun compte des désavantages du système à courant triphasé pour la traction, qui exigeait une ligne de contact bipolaire et dont le couple présentait une caractéristique défavorable, sauf dans quelques cas particuliers. C'est ce qui explique pourquoi Brown Boveri avait prévu, en 1896, pour les *Tramways de Lugano*, une ligne de contact bipolaire alimentée en courant triphasé, mais sous 350 V seulement. Ce système triphasé appliqué à une ligne de tramway était manifestement inadéquat et n'influença nullement l'électrification des tramways à courant continu, bien que cette même erreur eusse été renouvelée en 1900 pour le chemin de fer *Schwyz-Seewen*. En 1896, les premières lignes de tramways de *Genève* et de *Lausanne* furent équipées de voitures de la Cie de l'Industrie électrique, puis en 1897 les Ateliers de Construction Oerlikon équipèrent les voitures des tramways de *Zurich-Oerlikon-Seebach*, de *St-Gall* et de *Fribourg*.

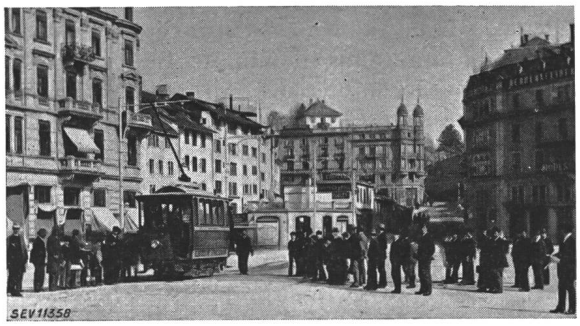
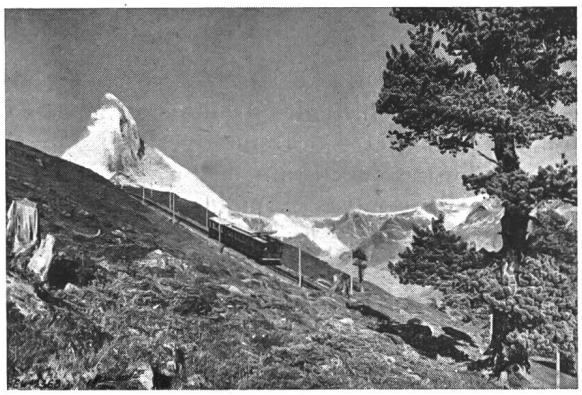


Fig. 6.
Voiture motrice des Tramways électriques zurichois, à la Place Bellevue, en 1894
(Courant continu 500 V)

Entre temps, les discussions relatives à l'électrification des chemins de fer par courant triphasé avaient dépassé le stade purement académique. En 1898, Siemens & Halske construisirent une locomotive à courant triphasé pour une tension de 10 000 V à la ligne de contact, constituée par trois fils latéraux disposés dans un plan vertical et sur lesquels frottaient trois prises de courant. En été et au début de l'automne de la même année, le chemin de fer du *Gornergrat* (Fig. 7) (Brown, Boveri et Winterthour), le premier tronçon du chemin de fer de la *Jungfrau* [3]) (Petite Scheidegg-Glacier de l'Eiger) (Brown Boveri, Oerlikon et Winterthour), ainsi que le chemin de fer *Stansstad-Engelberg* (Brown, Boveri et Winterthour) furent mis en exploitation. Ils étaient tous alimentés en courant triphasé, ce qui n'était certainement pas désavantageux pour ces lignes de montagne et présentait même, à cette époque du moins, quelques avantages par rapport au courant continu.

Avec ces locomotives à crémaillère, qui sont encore toutes en service, la Société suisse pour la construction de locomotives et de machines à Winterthour commença la construction de la partie mécanique des locomotives électriques. Rappelons à propos de cette entreprises la mémoire de *Jules Weber* (Fig. 8) (décédé en 1932, à l'âge de 84 ans), qui s'attacha tout particulièrement



(No. 4309 ACF 3. 10. 39)
Fig. 7.
Chemin de fer du Gornergrat, avec le Cervin
(Courant triphasé 725 V, 40 pér./s)

[3]) K. Liechti: Les chemins de fer de montagne de la région de la Jungfrau. Bull. ASE 1937, No. 26, p. 665...675.

à cette construction depuis ses débuts jusqu'à la première guerre mondiale. Son collaborateur, *Olaf Kjelsberg* (Fig. 9), puis dès 1924 *Jakob Buchli* [4]) furent ses dignes successeurs.

Le principal événement de l'année 1899 fut l'inauguration du chemin de fer à voie normale *Berthoud-Thoune*, prévu dès le début pour la traction électrique par courant triphasé à 750 V, 40 pér./s, sur l'initiative de la S. A. Brown, Boveri & Cie. Outre les automotrices, deux locomotives pour trains de marchandises (Fig. 10) avec réglage mécanique de la vitesse 1 : 2 par réducteur à engrenages, furent mises en service. Il s'agit là des premières locomotives électriques du monde pour chemins de fer à voie normale. Nous avons heureusement pu les conserver. Il est intéressant de noter, d'une part, la faible tension de 750 V appliquée à la ligne de contact. Sur la base d'un rapport des experts Gisbert Kapp, Silvanus Thompson et H. F. Weber, on estima qu'une tension plus élevée aurait mis en danger la sécurité des voyageurs. D'autre part, comme dans le cas des trois chemins de fer de montagne dont nous venons de parler, on n'avait pas prévu de fréquence spéciale, mais utilisé tout simplement le courant triphasé sous la même forme, c'est-à-dire à la même fréquence que pour la fourniture générale de l'énergie électrique.

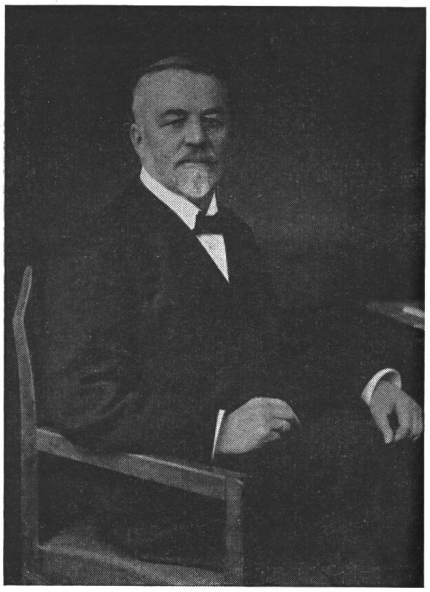
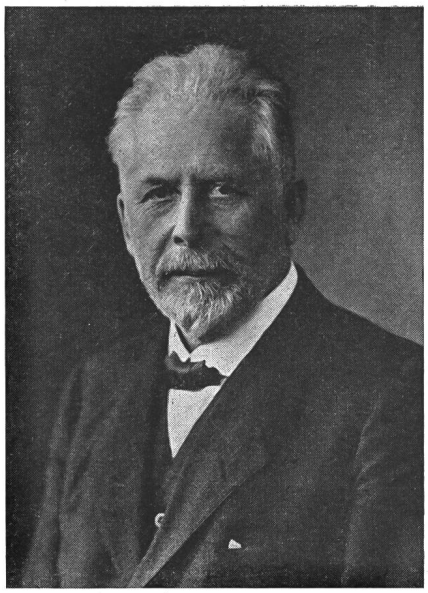


Fig. 8 (à gauche)
Jules Weber, Dr ès. sc. techn. h. c. (1848—1932), administrateur-délégué de la Société Suisse pour la Construction de Locomotives et de Machines à Winterthour

Fig. 9 (à droite)
Olaf Kjelsberg (1857—1924), directeur de la Société Suisse pour la construction de Locomotives et de Machines à Winterthour



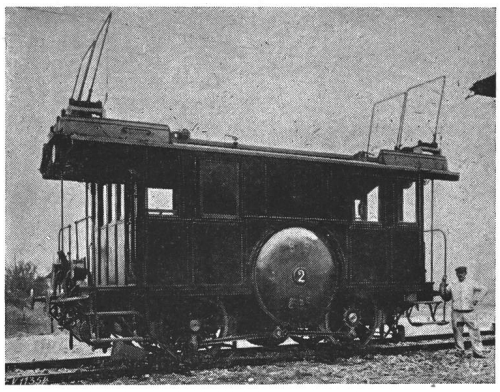


Fig. 10.
Locomotive pour trains de marchandises du Chemin de fer Berthoud-Thoune, en 1899
(Courant triphasé 750 V, 40 pér./s)

A l'étranger, l'électrification des chemins de fer à voie normale, surtout en courant triphasé, sembla prendre encore plus d'extension qu'en Suisse. Probablement en raison du succès obtenu par l'importante électrification de la ligne Berthoud-Thoune, l'AEG et Siemens & Halske fondèrent, à Berlin, en 1899, une «Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen», qui réalisa au début de ce siècle sur la ligne stratégique de Marienfelde à Zossen des vitesses sensationnelles atteignant jusqu'à 205 km/h avec des automotrices à courant triphasé alimentées par trois fils de contact à 10 000 V. Une décision beaucoup plus importante fut toutefois celle que prirent le «Rete Mediterranea» et le «Rete Adriatica», deux entreprises italiennes de chemins de fer, qui furent englobées en 1905 dans les «Ferrovie dello Stato». Celles-ci décidèrent en effet d'électrifier les lignes Milan-Varèse, Lecco-Colico-Chiavenna et Colico-Sondrio, la première en courant continu à 650 V par troisième rail et les deux autres en courant triphasé à 3000 V, 16 pér./s. En France, le Chemin de fer de Paris-Orléans électrifia en 1900 le tronçon de 3,8 km à très fort trafic reliant les gares du Quai d'Orsay et d'Austerlitz en courant continu à 600 V par troisième rail. De son côté, le Chemin de fer de l'Ouest décida l'élec-

[4]) K. Sachs: 25 Jahre Lokomotiv-Einzelachsantrieb Brown, Boveri-Buchli. Bull. ASE 1943, No. 13, p. 367...370.

trification de la ligne Paris-Invalides-Versailles. Bref, il semblait bien que l'étranger devait rattraper bientôt l'avance que la Suisse avait acquise par l'électrification de nombreux chemins de fer à adhérence à voie normale et à voie étroite, ainsi que de trois chemins de fer à crémaillère, auxquels vint s'ajouter en 1901 celui de *Bex-Gryon* (prolongé par la suite jusqu'à Villars et Chesières) (Fig. 11) alimenté par du courant continu à 650 V et dont les installations furent fournies par la Cie de l'Industrie électrique et mécanique de la Société suisse pour la construction de locomotives et de machines à Winerthour.

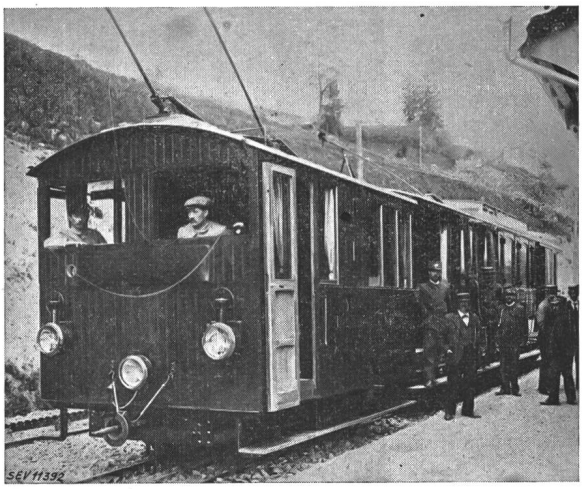


Fig. 11.
Locomotive à crémaillère du Chemin de fer Bex-Gryon-(Villars-Chesières), en 1901
(Courant continu 650 V)

Ce fut le professeur *Wyssling* qui, dans le rapport officiel de 1901 des membres suisses du jury de l'Exposition Universelle de Paris de 1900, attira l'attention du Département fédéral du commerce sur les progrès réalisés à l'étranger dans le domaine de la traction électrique et sur l'importance de celle-ci pour notre pays et notre industrie.

Lorsque nous nous réunîmes, en octobre 1901, à Montreux, à l'occasion de l'assemblée générale de l'ASE, M. *E. Tissot* donna une conférence sur ce même sujet. Il proposa à l'assemblée que l'Association recherche les moyens les mieux appropriés pour donner une impulsion nouvelle à l'étude et au développement de la traction électrique à voie normale en Suisse. Après avoir tenté, mais sans succès, de former une société d'études ayant son propre capital, on institua en 1904 une «*Commission d'étude pour l'introduction de la traction électrique sur les chemins de fer suisses*», présidée par le directeur général des CFF, M. Flury. A la mort de celui-ci, en 1911, le vice-président, M. Tissot, fut nommé président de cette commission. M. le professeur Wyssling fonctionna, dès le début, en qualité de secrétaire général. L'étude de diverses questions fut confiée à 5, puis à 4 sous-commissions.

Entre temps, dès les premières années de ce siècle, on aménagea en Suisse un grand nombre de chemins de fer électriques plus ou moins importants, dont plusieurs à crémaillère, qui furent presque tous alimentés par du courant continu, dont la tension s'éleva progressivement. Tous les constructeurs suisses participèrent à la fourniture des équipements électriques, mais plus particulièrement la Société d'électricité Alioth, qui s'était spécialisée dans le courant continu. Citons, entre autres, en *1901*, les chemins de fer électriques de la Gruyère et le *Montreux-Oberland bernois*, tous deux avec lignes de contact à 750...1000 V. C'est sur le Montreux-Oberland bernois que furent mises en service pour la première fois, en 1903, des automotrices équipées de quatre moteurs à suspension par le nez d'une puissance unihoraire de 48 kW chacun, ce qui était jusqu'alors considéré comme irréalisable pour les chemins de fer à voie d'un mètre. Lorsque l'exploitation directe jusqu'à Zweisimmen fut inaugurée en 1905, le MOB devint, avec ses 63 km, le plus long chemin de fer électrique de notre pays. Avec les locomotives de 880 kW (Fig. 12), à six essieux, mises en service en 1932/33, cette ligne est parcourue de nos jours par des trains de 85 à 100 t remorquées, qui franchissent des pentes allant jusqu'à 72 ‰. En *1901* également, le chemin de fer Aarau-Schöftland, à 650 V, fut mis en exploitation, puis en *1902* la ligne Vevey-Chamby des chemins de fer électriques veveysans, à 800 V, le chemin de fer de Birseck, à 650 V, celui de Bremgarten-Dietikon, à 850 V, celui de Wetzikon-Meilen, à 750 V, en *1903* le chemin de fer Fribourg-Morat-Anet, à 850 V par troisième rail, en *1906* le chemin de fer Martigny-Châtelard, à 750 V, en *1907* le chemin de fer Langenthal-Jura, à 1000 V, le chemin de fer Bellinzone-Mesocco, à 1500 V, et le chemin de fer Arth-Righi, à 1000 V ,en *1908*, le chemin der fer Monthey-Champéry et les premiers tronçons du chemin de

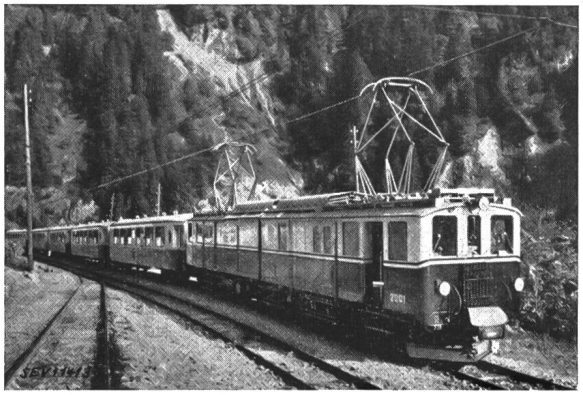


Fig. 12.
Train direct du Chemin de fer Montreux-Oberland bernois
(Courant continu 750...1000 V)

fer de la Bernina, en *1909* le chemin de fer de la Wengernalp, à 1500 V, et celui de Lugano-Tesserete, à 1000 V, en *1911* Biasca-Acquarossa, à 1200 V, Lugano-Cadro-Dino, à 1000 V, en *1912* Lugano-Ponte Tresa, à 1000 V, etc.

Mais revenons au développement de la traction électrique à voie normale. Malgré tous les succès de la traction en courant triphasé, M. *Emil Huber-Stockar* doutait de l'avenir de ce système. Il estimait en effet que la traction électrique à voie normale devait au moins remplir les mêmes prestations que la traction à vapeur et que cela n'était possible, notamment pour les chemins de fer à longs parcours et à fortes rampes, comme celui du Gothard, qu'en utilisant des lignes de contact unipolaires, c'est-à-dire qu'avec du courant alternatif à haute tension, du moins à cette époque. M. Huber-Stockar prétendait en outre que cette exigence était si impérieuse que, puisqu'il n'existait pas encore de moteur monophasé pouvant servir à la traction, il fallait alors avoir recours à une transformation du courant alternatif de la ligne de contact en courant continu dans la locomotive. Il exposa fermement ce point de vue dans une conférence donnée en février 1902 devant la Société zurichoise des ingénieurs et des architectes. Quelque temps auparavant, les Ateliers de Construction Oerlikon avaient, sur ses instances, demandé à la Direction générale des CFF l'autorisation d'électrifier à leurs propres frais et à leurs risques et périls la ligne peu fréquentée de Seebach à Wettingen, afin de pouvoir essayer pratiquement et étudier la traction électrique sur voie normale. En mai 1902, cette concession fut accordée aux ACO, qui entreprirent aussitôt avec la Société suisse pour la construction de locomotives et de machines à Winterthour la construction d'une locomotive No. 1, à convertisseur monophasé-continu, pour tension de 15 000 V, 50 pér./s à la ligne de contact. Cette locomotive servit aux premiers essais qui eurent lieu en 1904 sur l'embranchement de 700 m entre la fabrique des ACO et la gare de Seebach (Fig. 13).

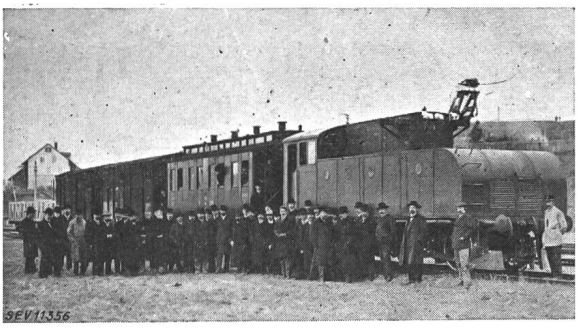


Fig. 13.
Course d'essais près de Seebach, le 12 mars 1904
Le courant monophasé de la ligne de contact (15 kV) était transformé en courant continu à 600 V dans la locomotive, par un groupe convertisseur.

Le Département des chemins de fer, sur préavis de la Commission fédérale des installations électriques, ayant également donné son approbation, la ligne put être équipée et, le 16 janvier 1905 commencèrent les courses d'essais régulières, tout d'abord indépendamment des trains prévus à l'horaire, entre Seebach et Affoltern.

Entre temps, M. *Hans Behn-Eschenburg* [5]) (Fig. 14), l'éminent collaborateur de Huber, avait travaillé activement à mettre au point un moteur monophasé série utilisable pour la traction. La chose avait été rendue possible depuis que M. *J. Fischer-Hinnen*, de la même entreprise, avait appliqué aux machines à courant continu les pôles auxiliaires et l'enroulement de compensation, vers 1899. Il s'agissait toutefois de résoudre le problème de la commutation des moteurs à courant alternatif à collecteur, problème rendu particulièrement difficile par la tension alternative induite par transformation dans les bobines d'induit court-circuitées par les balais. Les recherches de Behn-Eschenburg furent couronnées de succès. En 1903, celui-ci arriva en effet à résoudre le problème en décalant le champ de commutation contre le courant principal de phase. Il réalisa ce déphasage avec une simplicité géniale, en introduisant en parallèle avec l'enroulement auxiliaire inductif une résistance non inductive d'une valeur convenable. Durant les 15 premières années de ce siècle, il y eut d'innombrables brevets qui tendaient tous à opposer autre chose d'équivalent au brevet suisse No. 30388, désormais classique, du 29 février 1904, des Ateliers de Construction Oerlikon. Deux ou trois de ces couplages furent

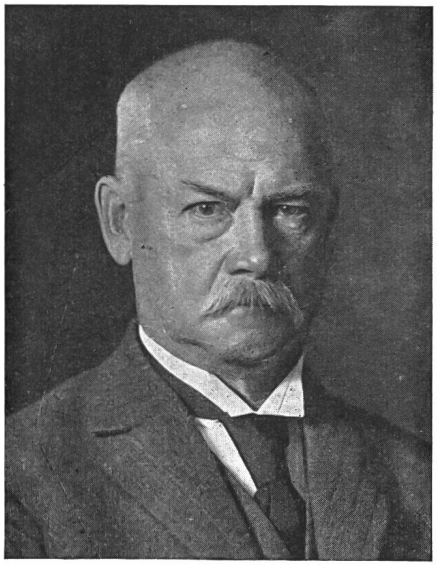


Fig. 14.
Hans Behn-Eschenburg, Dr phil. et Dr ès sc. techn. h. c. (1864—1938), directeur général des Ateliers de Construction Oerlikon

[5]) Bull. ASE 1938, No. 15, p. 420.

mis en pratique, mais sans grand succès. Aussi bien en Europe qu'en Amérique, toute la pratique électrotechnique a dû finalement adopter le simple moteur série compensé de Behn-Eschenburg. Actuellement, la traction en monophasé utilise partout ce genre de moteur. Behn-Eschenburg fut un ingénieur de grande classe.

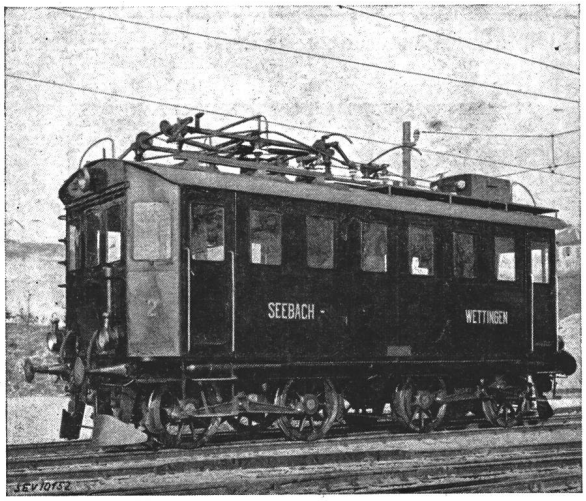


Fig. 15.
Locomotive No. 2 (B-B) sur la ligne d'essais Seebach-Wettingen
(Elle fonctionne actuellement sur la ligne du Chemin de fer du Sensetal)
(15 000 V, 15 pér./s)

M. Huber-Stockar fit alors immédiatement construire une seconde locomotive, ayant le même nombre d'essieux que la première, mais équipée des nouveaux moteurs série et de transformateurs à gradins. Cette locomotive No. 2, baptisée «Mariannli» (Fig. 15) fut mise en service en novembre 1905 sur la ligne d'essais transformée à 15 pér./s. Quant à la locomotive à convertisseur, qu'on appelait familièrement «Glätteisen» (fer à repasser!), elle fut transformée en locomotive à courant monophasé. Vers le milieu de mai 1906, la traction électrique fut prolongée jusqu'à Regensdorf et, le 1er décembre 1907, les trains électriques circulèrent conformément à l'horaire de Seebach à Wettingen. Une troisième locomotive à six essieux fut fournie par les usines Siemens-Schuckert, de Berlin, qui s'étaient jointes dans ce but aux Ateliers de Construction Oerlikon et avaient également installé la ligne de contact de Regensdorf à Wettingen.

A cette même époque, une autre électrification importante d'un chemin de fer à voie normale fut décidée. En vertu de la Convention du 25 novembre 1895 entre la Confédération Suisse et le Royaume d'Italie, ces deux pays avaient construit le tunnel du Simplon. La Suisse s'était engagée à assurer non seulement l'exploitation de la ligne dans tout le tunnel, mais aussi sur territoire italien, jusqu'à Domodossola. En été 1905, c'est-à-dire 9 mois à peine avant la date fixée pour l'inauguration de ce tunnel (1er mai 1906), M. *Thomann*, directeur de la S. A. Brown, Boveri & Cie, se demanda s'il serait vraiment possible d'utiliser des locomotives à vapeur dans ce tunnel à une seule voie de près de 20 km de longueur sans risquer une asphyxie, malgré l'aération artificielle. Des calculs basés sur des données plus ou moins précises paraissant plutôt confirmer ces craintes, la S. A. Brown, Boveri offrit à la Direction générale des CFF, à l'instigation de Thomann, d'électrifier à ses propres frais la ligne franchissant le tunnel et d'y faire circuler à titre d'essai des trains électriques. La S. A. Brown, Boveri et la Société suisse pour la construction de locomotives et de machines à Winterthour avaient précisement en construction deux locomotives à courant triphasé destinées à la ligne de la Valteline des «Ferrovie dello Stato». Ceux-ci étaient volontiers disposés à renoncer à cette livraison, en faveur d'une électrification éventuelle du Simplon (Fig. 16) et s'offraient même de prêter trois autres locomotives de la Valteline pour le début. A la suite d'un voyage d'études dans la Valteline, entrepris en octobre 1905 par quelques personnalités éminentes du Département des chemins de fer et des CFF sous la conduite du conseiller fédéral Zemp et auquel participèrent également MM. Eckinger et Thormann de la Commission d'études, un contrat fut passé le 19 décembre 1905 avec la S. A. Brown, Boveri qui s'engageait à procéder à l'électrification du tunnel et à l'exploitation du service moyennant une indemnité de 60 cts par km-locomotive effectivement parcouru. Les CFF se réservaient le droit de reprendre les installations et le matériel roulant au plus tôt dans une année et au plus tard dans deux ans, ou de renoncer à poursuivre l'exploitation électrique. Le tunnel du Simplon fut donc équipé d'une ligne de contact à courant triphasé de 3000 V, 16 pér./s, comme la ligne de la Valteline.

Cette ligne de contact fut projetée et installée en un temps record (Fig. 17). En avril 1906, les courses d'essais purent commencer et, le jour de l'inaugura-

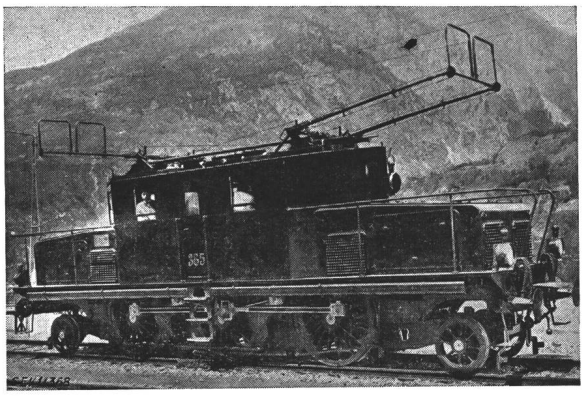


Fig. 16.
Locomotive à courant triphasé, série 364, des CFF, en 1906
(Ligne du Simplon, 3000 V, 16 pér./s)

tion (qui avait été reporté au 1er juin), tout était prêt. L'électrification du tunnel du Simplon a donné une impulsion considérable à l'électrification des chemins de fer à voie normale, sans toutefois que le

courant triphasé prévalut. C'était en effet la première fois qu'une partie d'un réseau servant à un trafic international était électrifiée, ce qui fit tomber les dernières oppositions à l'électrification des chemins de fer à voie normale. Les brillantes fêtes qui commencèrent à Genève et se poursuivirent jusqu'à Gênes, en l'honneur de cette nouvelle voie de communication et du tunnel le plus long de l'époque, furent aussi celles de la traction électrique. Deux ans plus tard, le 1er juin 1908, les installations du Simplon et les locomotives furent rachetées par les CFF.

L'électrification de la ligne Seebach-Wettingen n'eut malheureusement pas le même succès, du moins en apparence. Au point de vue purement économique, l'exploitation électrique de cette ligne secondaire peu fréquentée et qui constituait une partie du malencontreux Chemin de fer national, était de 70 000 francs plus coûteuse que l'exploitation à vapeur. Le faible trafic de cette ligne ne permettait pas, en effet, de faire ressortir aussi nettement les avantages particuliers de la traction électrique, que dans le cas du tunnel du Simplon où la traction à vapeur aurait été impossible. Cela tient au fait que ces avantages ne peuvent pas toujours être exprimés par des chiffres. Les CFF qui reconnurent d'ailleurs pleinement le succès technique de cette électrification et le travail remarquable des Ateliers de Construction Oerlikon, refusèrent cependant de racheter cette installation au prix de fr. 366 000.— demandé par Oerlikon, qui avait dépensé près de 1,3 million de francs. Au début de juillet 1909, la traction électrique fut supprimée, les locomotives furent retirées et les installations démontées. Ce fut, pour Huber, un gros crève-cœur. Mais il savait pertinemment que l'électrification de la ligne Seebach-Wettingen n'avait pas été inutile et que les résultats acquis serviraient un jour ou l'autre aux chechemins de fer fédéraux et privés. «Seebach-Wettingen» était en effet une pierre de touche du développement de la traction électrique. Pendant toute la durée de l'exploitation, cette ligne reçut la visite de spécialistes du monde entier et de précieuses relations furent nouées. «Seebach-Wettingen» a largement contribué à la mission de notre pays, qui est de servir aux échanges des connaissances techniques et économiques.

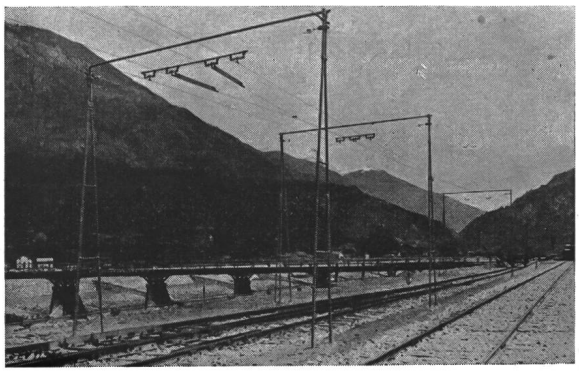


Fig. 17.
Ligne de contact triphasée de la ligne du Simplon près de Brigue
(9000 V, 16 pér./s)

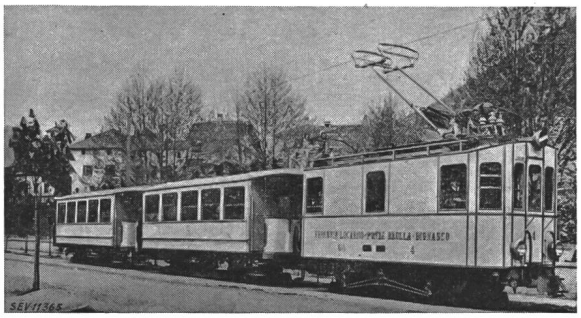


Fig. 18.
Train du Chemin de fer du Val Maggia (Locarno-Bignasco)
(Courant monophasé 5000 V, 20 pér./s)

En 1907 déjà, M. Huber-Stockar et son entreprise eurent la satisfaction de pouvoir appliquer au chemin de fer du *Val Maggia* (Locarno-Bignasco) (Fig. 18), alimenté en courant monophasé à 5000 V, 20 pér./s, les expériences acquises avec le Seebach-Wettingen.

De son côté, la Commission d'étude avait considérablement avancé ses travaux. Dès le printemps 1905, les membres reçurent successivement les communications élaborées sous le contrôle de M. le professeur Wyssling:

Communication No. 1, par L. Thormann, octobre 1906:
«L'énergie nécessaire pour l'exploitation électrique des chemins de fer suisses.»

Communication No. 2, par L. Thormann et W. Kummer, en 1908:
«Normes et principes d'un service de traction pour l'exploitation électrique des chemins de fer suisses.»

Communication No. 3, par W. Kummer, en 1908:
«Choix de la fréquence pour la traction par courant alternatif des chemins de fer suisses», avec recommandation de prévoir la fréquence de 15 à 16⅔ pér./s.

Communication No. 4, par W. Wyssling et W. Kummer, en 1912:
«Choix du système et devis pour la traction électrique des chemins de fer suisses.»

Cette dernière communication était à peu près identique au rapport que la Commission d'étude avait présenté à la Direction générale des CFF, à la demande de celle-ci, au mois de mai de cette même année. Ce rapport, dont l'essentiel était d'ailleurs tiré de la conférence que M. le prof. Wyssling avait faite en 1910 au Congrès International des Chemins de fer, à Berne, arrive à la conclusion que le système monophasé avec une tension de 15 000 V à la ligne de contact et une fréquence

d'environ 15 pér./s, est celui qui convient le mieux aux CFF, notamment pour la ligne du St-Gothard.

En juillet 1908 déjà, le Conseil d'administration du *Chemin de fer des Alpes bernoises Berne-Lötschberg-Simplon*, qui a le plus contribué à la traction électrique à voie normale, avait décidé, sur le conseil de *Ludwig Thormann*, d'électrifier la voie d'accès Spiez-Frutigen à 15 000 V, 15 pér./s, afin de réunir les expériences nécessaires en vue de la traction électrique sur la ligne de montagne en construction jusqu'à Brigue et qui comportait le grand tunnel du Lötschberg *). En mai 1911, à la suite de courses d'essais, la traction électrique fut mise en service. Outre les automotrices, la locomotive C-C No. 121 (Fig. 19) des ACO et de la Société suisse pour la construction de locomotives et de machines à Winterthour, qui fournissait une puissance unihoraire de 1500 kW, fut très remarquée. Les expériences furent si concluantes, que le Chemin de fer du Lötschberg décida immédiatement d'utiliser ce système sur le parcours de montagne et de commander 13 locomotives encore plus puissantes aux Ateliers de Construction Oerlikon et à la Fabrique de Locomotives de Winterthour.

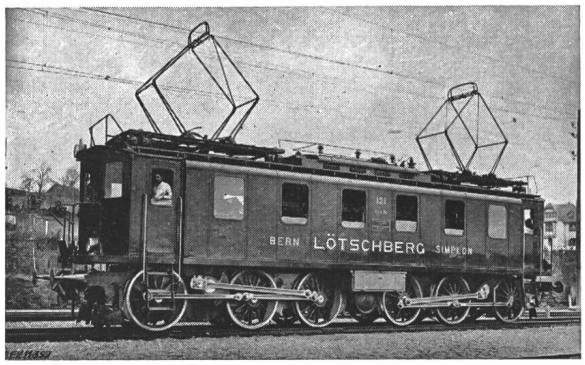


Fig. 19.
Locomotive No. 121 (C-C) du Chemin de fer des Alpes bernoises (Berne-Lötschberg-Simplon), en 1911
(Elle fonctionne actuellement sur la ligne Berne-Neuchâtel)
(15 000 V, 15 pér./s)

Peu auparavant, en 1910, le *Chemin de fer suisse du Seethal* avait électrifié ses lignes Wildegg-Emmenbrücke et Beinwil-Münster en courant monophasé à 5500 V, 25 pér./s, avec automotrices équipées par Brown Boveri. En 1910 également, les *Chemins de fer rhétiques* décidèrent eux aussi, sur le conseil de M. le professeur *Blattner*, d'appliquer la traction électrique sur leur ligne en construction Bevers—Schuls-Tarasp et d'électrifier en même temps les lignes Bevers-St.Moritz et Samaden-Pontresina, en système monophasé, mais à 11 000 V, $16^2/_3$ pér./s, à cause de l'étroitesse des tunnels.

En 1912, nos Chemins de fer fédéraux songèrent de plus en plus à adopter la traction électrique. Le trafic sur la ligne du St-Gothard, l'une de nos plus importantes voies de communication, avait augmenté dans de telles proportions, qu'il devenait indispensable d'utiliser des locomotives à vapeur plus puissantes, ce qui aurait nécessité un renforcement de la voie et des ponts, ou de procéder à une électrification. Auparavant, les CFF demandèrent à la Commission d'étude de leur remettre un rapport détaillé, ce qui fut fait au mois de mai. Il s'agissait, ainsi que nous l'avons dit, d'un texte analogue à la communication No. 4, de MM. Wyssling et Kummer, sur le «choix du système et devis pour la traction électrique des chemins de fer suisses», parue en octobre 1912. L'événement le plus important de cette année fut toutefois la création d'une «Commission pour l'électrification», le 1er octobre, et la transformation du bureau pour l'étude des questions d'électrification institué en 1907 déjà et rattaché au département des travaux, en une «Division de l'électrification» auprès de la Direction générale des CFF. Le directeur général des CFF, M. Haab (qui devint conseiller fédéral), avait pu mettre à la tête de ces deux nouvelles institutions M. Emil Huber-Stockar, qui était certainement l'homme le mieux qualifié pour un tel poste. M. Huber avait quitté les Ateliers de Construction Oerlikon à la fin d'avril 1911 et s'était dès lors consacré, par ses conférences et ses écrits, à la propagande en faveur de l'électrification des chemins de fer à voie normale. C'est ainsi qu'en janvier 1912, la Société zurichoise des ingénieurs et des architectes organisa, sous la direction de M. Huber, deux cours consacrés à la traction électrique. La communication No. 5 de la Commission d'étude «Recommandations pour l'établissement des installations destinées à la traction élec-

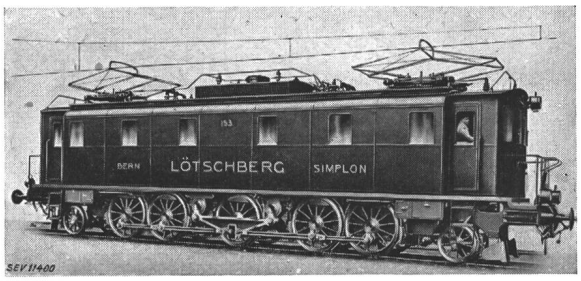


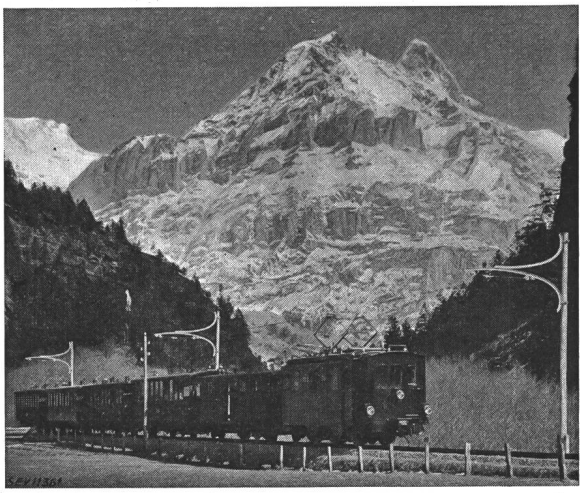
Fig. 20.
Locomotive, série 151 (1E1) du Chemin de fer des Alpes bernoises (Berne-Lötschberg-Simplon), en 1913
(15 000 V, 15 pér./s)

*) En 1906, dans un rapport d'expertise destiné au gouvernement bernois, MM. *R. Zehnder*, *E. Blattner* et *Ammann* proposèrent pour la future électrification du chemin de fer du Lötschberg le courant alternatif monophasé à 12 000 V et $16^2/_3$ pér./s, c'est-à-dire le système qui fut également adopté quelques années plus tard par les CFF, mais avec 15 000 V. Ces experts avaient intentionnellement proposé une tension de 12 000 V, afin de tenir compte des difficultés d'isolement dans ce long tunnel; avec la tension de 15 000 V, ces difficultés se sont en effet présentées et provoquèrent au début des perturbations.

triques par courant monophasé à haute tension sur les chemins de fer suisses» fut élaborée par M. Huber.

L'année 1913 fut certainement celle où la traction électrique à voie normale connut, dans notre pays, les plus grands succès de cette époque. Le 1er juillet, l'exploitation électrique fut mise en service dans l'Engadine. Deux semaines plus tard, le parcours Frutigen-Brigue du Chemin du fer du Lötschberg était inauguré et laissait loin derrière lui tout ce qui avait été fait jusqu'alors dans le domaine de la traction électrique en Suisse et à l'étranger. C'était en effet la première fois que la traction électrique était appliquée à une ligne à voie normale de grande longueur, servant au trafic international. Les locomotives du type 1E1, de la série 151, produisirent une profonde impression, car elles étaient avec leurs 1850 kW les plus puissantes du monde [6]) (Fig. 20). Pour qui sait observer et qui voit, dans un chemin de fer des Alpes, quelque chose de plus qu'un simple moyen de communication commode, cette première course par la ligne du Lötschberg, il y a 30 ans, fut inoubliable. Le massif imposant de la Blümlisalp occupe tout l'arrière-plan. Par une boucle hardie, le train monte vers les vertes prairies de Kandersteg. Puis c'est le grand tunnel, les rochers arides de Goppenstein et la grandiose descente vers la vallée du Rhône. Les ouvrages d'art se succèdent sans interruption, ponts, tunnels et protections de tous genres. La vue plonge dans la vallée où les villages pittoresques semblent accrochés aux rochers. On aperçoit Viège, à l'entrée du Val de Saint-Nicolas, flanqué du Brunegghorn et des Michabel. Enfin, c'est Brigue d'où l'on pouvait gagner l'Italie, par le tunnel du Simplon. Cette petite ville, célèbre par les travaux ferroviaires, ne chômait guère. Vers la vallée de Conches montaient et descendaient sans cesse des trains de matériaux: le chemin de fer de la Furka était en construction.

M. Huber-Stockar avait pris en main, avec la collaboration de MM. Eggenberger et Burlet, les travaux préparatoires pour l'électrification de la ligne Erstfeld-Bellinzone. En novembre 1913, le Comité d'administration des CFF avait accordé un crédit de 38,5 millions de francs à cet effet. Sur la base de calculs précis des besoins d'énergie, les projets des usines hydroélectriques de Ritom et d'Amsteg furent établis. C'était la belle époque, le travail ne manquait pas, le monde des affaires était optimiste, surtout depuis que les complications politiques semblaient être résolues après les deux guerres balcaniques. En Suisse, cet optimisme était encore renforcé par l'inauguration de la ligne du Lötschberg, qui donnait enfin à la ville et au canton de Berne la voie de communication internationale pour laquelle ils avaient si longtemps lutté et grâce à laquelle le Simplon prenait vraiment toute son importance. D'autre part, on travaillait ferme à la mise sur pied de la 4e Exposition Nationale Suisse, qui s'ouvrit à Berne le 15 mai 1914 et dont le hall des moyens de transport présentait toute une série de nouvelles locomotives électriques et d'automotrices. Les étrangers affluèrent de partout vers la ville fédérale, vers l'exposition, vers le Lötschberg et vers l'Oberland bernois, dont l'électrification des chemins de fer avait été achevé vers le milieu de mars (Fig. 21), ainsi que le chemin de fer de la Schynige Platte, alimenté en courant continu à 1500 V (début de mai). A la Division de l'électrification de la Direction générale des CFF, à Berne, les travaux étaient suffisamment avancés, de sorte que l'on pouvait procéder aux adjudications parmi les entreprises industrielles. Mais, la guerre ayant éclaté le 1er août, tous les travaux d'électrification des CFF furent suspendus pendant près d'une année. En sa qualité de colonel d'artillerie, M. Huber-Stockar avait été mobilisé.

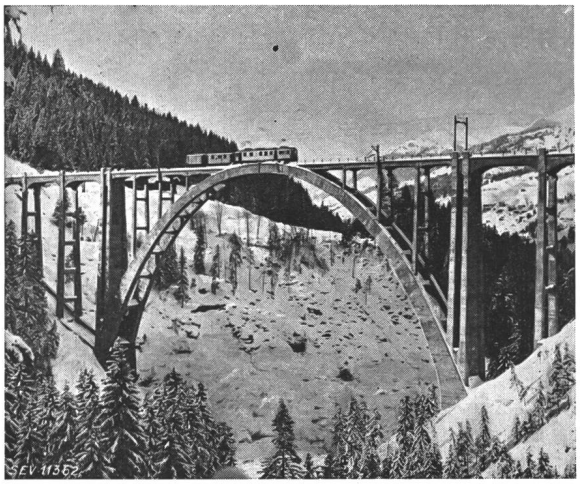


No. 4309 ACF 3. 10. 39.
Fig. 21.
Train des Chemins de fer de l'Oberland bernois
(Courant continu 1500 V)

En décembre 1914, sous l'experte direction de M. Gustav Bener, le chemin de fer *Coire-Arosa* fut cependant mis en service. Ce fut le premier chemin de fer de notre pays alimenté avec du courant continu à 2000 V (Fig. 22). Les hostilités prirent une telle ampleur, qu'il fallait s'attendre à une assez longue guerre. Pour cette raison, on estima que les travaux en vue de l'électrification de la ligne Erstfeld-Bellinzone devaient être poursuivis, sans attendre le retour de circonstances plus favorables, comme on l'avait songé tout d'abord. Après que le système du courant à adopter eut été discuté à nouveau, en été 1915, dans les journaux et les revues techniques, et qu'une assemblée de discussion fort mouvementée avait eu lieu vers le milieu de décembre 1915 dans la salle du Grand Conseil bernois, à l'instigation de l'ASE et de

[6]) Bull. ASE 1943, No. 6, p. 151.

l'Association suisse pour l'aménagement des eaux [7]), la Direction générale des CFF proposa à son Conseil d'administration, vers le milieu de janvier 1916, d'entreprendre l'électrification de la ligne Erstfeld-Bellinzone en courant monophasé et de construire les usines hydro-électriques de Ritom et d'Amsteg pour la production directe de courant monophasé.



No. 6031 ACF 3. 10. 39.
Fig. 22.
Train du Chemin de fer Coire-Arosa sur le viaduc de Langwies
(Courant continu 2000 V)

Le 16 février 1916, le Conseil d'administration des CFF adopta cette requête. Cette date est donc celle du commencement des travaux d'aménagement.

La Commission d'étude pour l'introduction de la traction électrique sur les chemins de fer suisses, qui avait pris naissance à Montreux, il y a maintenant 42 ans, pouvait alors considérer sa tâche comme achevée. Le 8 juillet 1916, cette Commission tint avec ses principaux collaborateurs sa dernière séance à Brigue (Fig. 23). Cette petite ville de la vallée du Rhône avait été choisie intentionnellement, car deux noms lui sont intimement rattachés: le Simplon et le Lötschberg, comme le lierre des deux tours du Château de Stockalper. Sur la photographie prise lors de cette dernière séance, nous reconnaissons maint cher ami, dont beaucoup ne sont plus!

Les travaux d'aménagement furent aussi activement menés que le permettait l'importation des matières premières, surtout le cuivre et le fer. Après que, le 7 juillet 1919, la ligne Berne-Scherzligen et, le 31 juillet, l'extension provisoire (qui fut maintenue jusqu'en 1927) de la traction en système triphasé du Simplon vers Sion, eurent été inaugurées, l'exploitation d'essai régulière de la traction électrique de Göschenen à Ambri-Piotta, via le tunnel du St-Gothard, débuta le 14 septembre 1920. Le 18 octobre 1920, le service fut prolongé vers le nord jusqu'à Erstfeld, le 12 décembre 1920 vers le sud jusqu'à Biasca, le 4 avril 1921 jusqu'à Castione et le 29 mai 1921 jusqu'à Bellinzone. Ainsi, le but si longtemps désiré était atteint: *l'électrification de tout le parcours de montagne de l'ancienne Compagnie du St-Gothard, entre Erstfeld et Bellinzone, était chose faite.*

Entre temps, les conditions s'étaient modifiées du tout au tout. Nos importations de charbon, qui avaient commencé à diminuer dès 1916, devinrent de plus en plus réduites en 1917 et 1918. En même temps, le prix augmenta et atteignit 6,5 fois celui d'avant-guerre. On ne pouvait même plus parler d'un prix, mais bien d'une sorte de tribut que nous devions verser à l'étranger. Les CFF durent réduire leurs prestations à un minimum presque insupportable pour notre économie publique, tout en élevant progressivement leurs tarifs. Il fallut même avoir partiellement recours à un chauffage des locomotives au bois (Fig. 24). Les dimanches, la circulation des trains fut presque complètement suspendue dans toute la Suisse. Ceux qui protestent, de nos jours contre l'introduction tardive ou la suppression plus avancée des billets du dimanche devraient songer aux conditions d'alors. M. Huber-Stockar avait nettement reconnu, en tant que soldat, la situation alarmante de notre pays et l'impuissance à laquelle nous aurions été réduits, au cas où notre trafic ferroviaire serait venu à cesser complètement par suite d'un manque de charbon. En 1917 déjà, il insista sur le fait que l'électrification ne devait pas se borner à la ligne du St-Gothard, mais s'étendre à toutes les lignes principales du réseau des CFF. Sur son initiative, le Conseil d'administration des CFF décida,

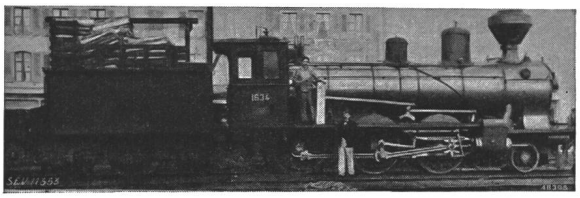


Fig. 24.
Locomotive à vapeur, série B 3/4, des CFF, chauffée au bois, en 1919

le 30 août 1918, de procéder en trois étapes décennales à l'électrification de tout le réseau. Ce programme fut remplacé, par décision du Conseil d'administration du 5 mai 1923, par le programme d'électrification accéléré, à la suite d'un postulat du conseiller aux Etats Wettstein. Conformément à ce nouveau programme, devaient être électrifiées jusqu'à fin 1928 non seulement toutes les lignes prévues par la première étape, mais également celles de la seconde étape qui devaient l'être jusqu'en 1933 selon le programme de 1918. Que M. l'ancien conseiller aux Etats *Wettstein*, dont nous saluons la présence parmi nous, soit chaudement remercié d'avoir été, sur le terrain parlementaire,

[7]) Bull. ASE 1916, No. 1, p. 1.

le plus brillant promoteur de l'électrification des Chemins de fer fédéraux.

Conformément au programme et grâce à l'appui très efficace du président de la Direction générale des Chemins de Fer Fédéraux, M. A. Schrafl, qui se trouve, parmi nous, la première grande étape de l'électrification du réseau des CFF fut réalisée par M. Huber-Stockar et ses quelques collaborateurs, qui ont résolu d'une façon impeccable ce vaste problème et l'infinité de détails, allant des questions d'économie hydraulique à la ligne de contact. Nulle part au monde, une tâche aussi importante n'avait été jusqu'alors exécutée avec une organisation aussi restreinte et dans des délais aussi brefs. Lorsque tous les travaux furent bien avancés et que, chaque année, sur une centaine de kilomètres de lignes la traction à vapeur était remplacée par la traction électrique, M. Huber-Stockar se démit en 1925 des fonctions d'ingénieur en chef de l'électrification, mais il demeura toutefois jusqu'en 1935 le conseiller permanent de la Direction générale. A part l'électrification de toute la ligne du St-Gothard, qui fut terminée le 28 mai 1922 par l'inauguration de la traction électrique sur les tronçons Arth-Goldau - Lucerne et Bellinzone - Chiasso, l'électrification des tronçons Palézieux -

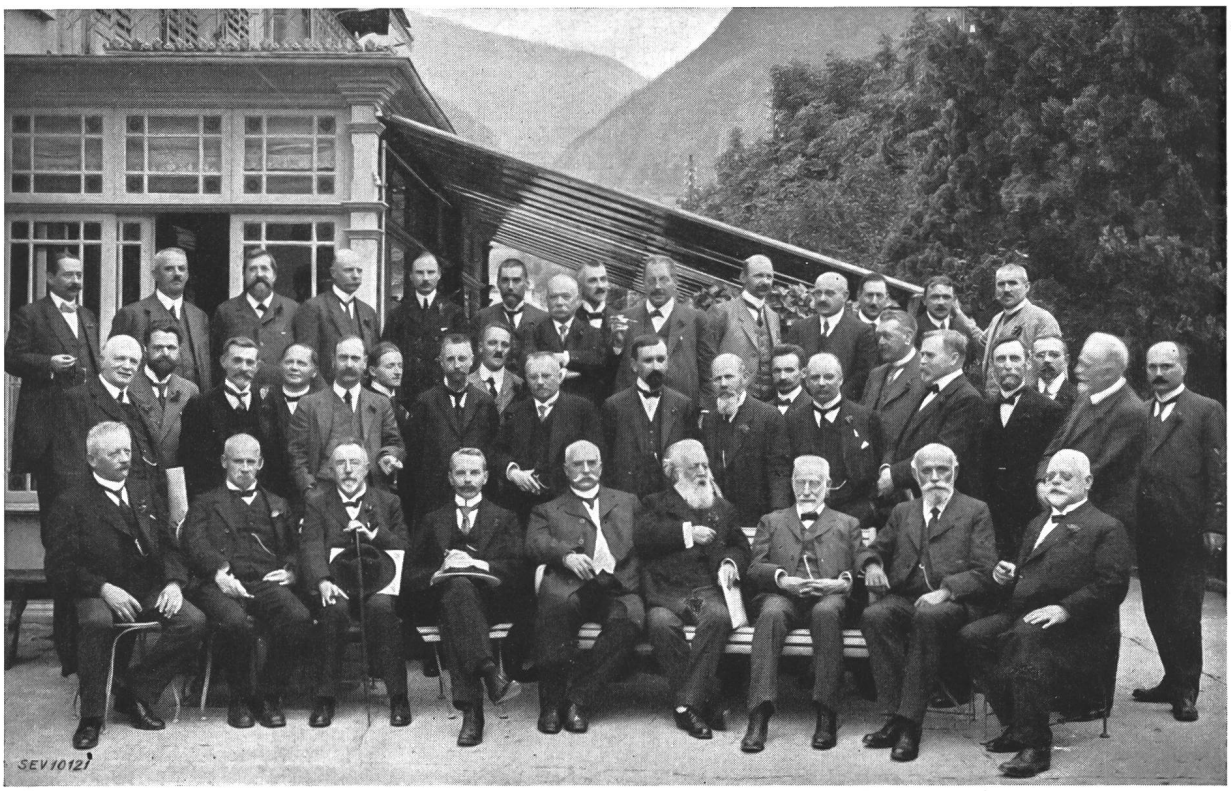


Fig. 23.
La Commission suisse d'étude pour la traction électrique
après la dernière séance qui eut lieu le 8 juillet à l'«Hôtel de la Couronne» à Brigue

De gauche à droite:

Obere Reihe: *A. Strelin* († 1938), Ingenieur, Mitarbeiter, Zürich; *H. Wagner*, († 1920), Direktor des EW Zürich, Mitarbeiter; *F. Eckinger*, Direktor der Elektra Birseck, Mitarbeiter, Dornach; Ing. *L. Thormann*, Mitarbeiter, Bern; *Ed. Thomann*, Direktor der Brown Boveri, Baden; Ing. *A. de Montmollin* († 1932), Vertreter des VSE; *A. Utinger* († 1936), Direktor der Glühlampenfabrik Zug, ehemaliger Vertreter des VSE; Ing. *A. Schaetz* († 1942), Vertreter des Schweiz. Sekundärbahnenverbandes, Mitarbeiter; Dir. *Th. Allemann* († 1931) Vertreter des VSE, Olten; *A. L. Caflisch*, Oberingenieur J. J. Rieter & Co., Winterthur; *Ch. Wirth* († 1921) Direktor der Berner-Oberland-Bahnen, Mitarbeiter; *Ed. Leibacher* († 1938), Direktor der Accumulatorenfabrik Oerlikon; Obering. *P. Thut*, Oberbetriebschef der BKW (Gast); Dir. *F. Marti* († 1943), Vertreter des VSE, Langenthal.

Mittlere Reihe: Ing. *A. Elskes*, Direktor der Portlandzementfabrik St.Sulpice, Mitarbeiter; Dir. *H. Egg*, Mitarbeiter, (ehemaliger Obering. Alioth); *S. Brütsch* († 1927), Maschinenmeister der BLS (Gast); Dr. *A. Denzler* († 1919), ehemaliger Vertreter des SEV; Dir. *Ch. Rochat*, Vertreter des Schweiz. Sekundärbahnenverbandes, Genf; Dr. *B. Bauer*, Mitarbeiter, Zürich; Prof. Dr. *W. Kummer*, Mitarbeiter, Zürich; *H. Haueter* († 1935), Ingenieur der BLS (Gast); *R. Winkler* († 1922), Direktor der techn. Abteilung des Eisenbahndepartements; Prof. *J. Landry* († 1940), Vertreter des SEV; Ing. *R. Thury* († 1938), Mitarbeiter, Genf; Ing. *A. Weber-Sahli*, Mitarbeiter, Biel; Dir. *E. Dubochet*, Vertreter des VSE; Reg.-Rat Oberst *R. von Erlach* († 1925), Vertreter der Eisenbahndirektion des Kantons Bern; Prof. *H. Studer* († 1931), Direktor der MFO; Ing. *F. Reverdin* († 1941), Mitarbeiter, Genf; Dr. R. Zehnder, Direktor der MOB, Montreux; *O. Kjelsberg* († 1924), Direktor der Lokomotivfabrik; *J. Ehrensperger*, Direktor der Motor A.-G., Baden.

Untere Reihe: Oberst-Korps-Kdt. *Ed. Will* († 1927), Direktor der BKW; Dr. *H. Behn-Eschenburg* († 1938), Direktor der MFO; SBB-Obertel.-Inspektor *P. Frei* († 1934), Mitarbeiter; Dr. *Ed. Tissot* († 1939), **Präsident**, Vertreter des SEV; *A. Keller* († 1925), Obermasch.-Ing. der SBB; Dr. *J. Epper* († 1924), Chef des hydrometrischen Bureaus, Bern, Mitarbeiter; Dr. *H. Dietler*, († 1924), a. Gotthardbahndirektor; Dr. *A. Schucan* († 1927), Direktor der Rhät. Bahn; Prof. Dr. *W. Wyssling*, **Generalsekretär**, Vertreter des SEV.

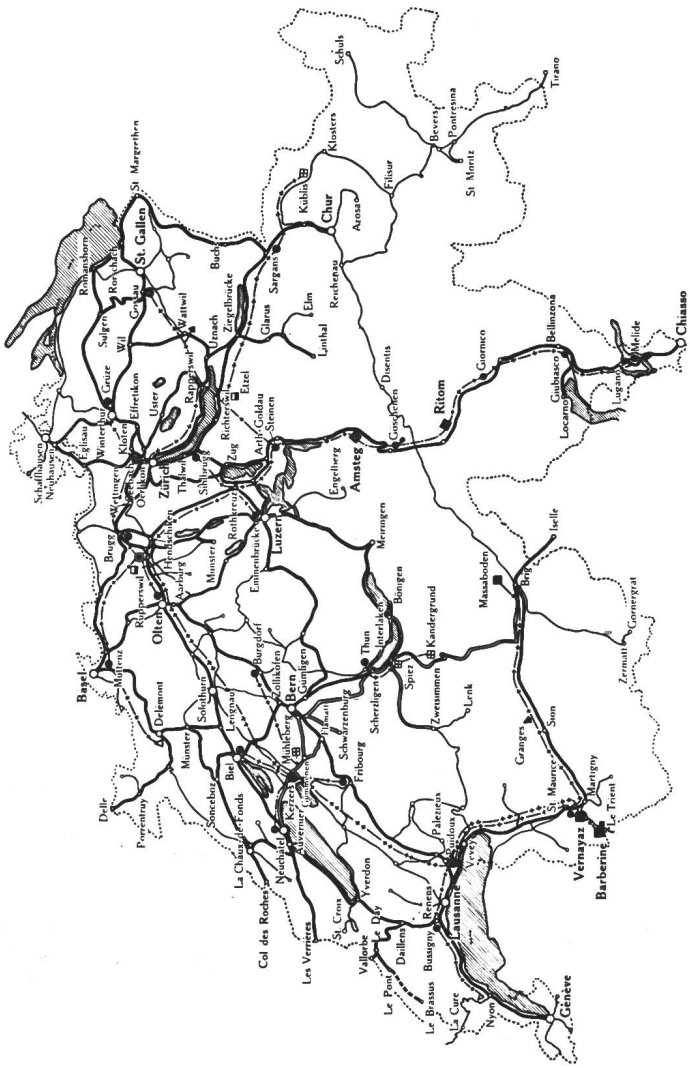
Auf der Photographie fehlen (u. a.): *W. Boveri*, Präs. d. Verw.-Rates der A.-G. Brown, Boveri & Cie.; *Emil Huber-Stockar*, Obering. für Elektrifikation SBB; *J. Büchi*, E.-G. Alioth; *Weber*, Direktor der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik; *Baldinger*, Oberbetriebschef der SBB; *Meier*, ehem. Obermaschinenmeister der Gotthardbahn; *F. Affeltranger*, Bureau für elektrischen Betrieb der SBB.

Berne et Winterthour - St-Gall - Rorschach, le 15 mai 1927 (Fig. 25), furent l'événement le plus considérable, car la transversale ouest-est, du Léman au lac de Constance, était ainsi électrifiée. La première étape du programme d'électrification des CFF se termina le 15 décembre 1928, par l'inauguration de la traction électrique entre Oerlikon et Schaffhouse. A cette date, 1578 km de lignes étaient électrifiés, c'est-à-dire le 54 % du réseau (sans compter le Simplon et les lignes du Chemin de fer suisse du Seetal). Au début de 1930, la traction en courant triphasé dans le tunnel du Simplon fut transformée en vue de l'exploitation en courant monophasé. Vers le milieu de mai 1930, cette transformation

Electrification des Chemins de fer fédéraux. Etat à la fin décembre 1943

Courant monophasé 15 000 V, 16⅔ Hz

Jahrgang	Linie bezw. Strecke	Baulänge km	Baulänge km
1919	Bern-Thun	32,164	
1920	Erstfeld-Airolo	44,604	
	Airolo-Biasca	45,585	
1921	Biasca-Bellinzona	19,106	
1922	Bellinzona-Chiasso	55,517	
	Erstfeld-Goldau	32,711	
	Goldau-Luzern	27,780	
	Goldau-Zug	16,433	
	Immensee-Rothkreuz	7,007	
	Sentimatt-Zug	26,056	306,937
	Ende 1922 elektrisch betrieben		306,937
1923	Zug-Zürich	28,213	
	Seiten-St. Maurice	40,889	69,102
	Ende 1923 elektrisch betrieben		376,039
1924	Flubmühle-Olten	52,300	
	St. Maurice-Lausanne	51,502	
	Olten-Basel	39,835	
	Thalwil-Richterswil	14,986	158,703
	Ende 1924 elektrisch betrieben		534,742
1925	Zürich-Olten	60,489	
	Lausanne-Yverdon	37,988	
	Daillens-Le Day	23,709	
	Le Day-Vallorbe	3,401	
	Zürich-Winterthur	40,633	
	via Kloten und Wallisellen	60,467	
	Aarburg-Wilerfeld	54,721	281,408
	Renens-Genève		816,150
	Ende 1925 elektrisch betrieben		
1926	Lausanne-Palezieux	20,074	
	Zürich-Meilen-Rapperswil	35,363	
	Brugg-Frutteln	47,989	103,426
	Ende 1926 elektrisch betrieben		919,576
1927	Brig-Sitten	53,094	
	Rothkreuz-Rapperswil und Hendschiken-Brugg	50,473	
	Rapperswil-Wattwil	26,146	
	Winterthur-St. Gallen-Rorschach	72,203	
	Palezieux-Bern	76,359	
	Richterswil-Sargans-Buchs	79,443	
	Yverdon-Olten	124,849	482,767
	Ende 1927 elektrisch betrieben		1402,343
1928	Sargans-Chur	26,714	
	Zofingen-Bad	25,331	
	Münster-Delsberg	11,213	
	Winterthur-Romanshorn-Rorschach	70,408	
	Oerlikon-Schaffhausen	42,206	175,862
	Ende 1928 elektrisch betrieben		1578,235
1930	Brig-Iselle	21,673	
	Wildegg-Emmenbrücke und Beinwil-Münster	54,629	
	Vauseyon-Col des Roches	38,060	
1931	Wattwil-Ebnat	4,570	
	Basel-Delsberg	37,057	
1932	Wallisellen-Rapperswil	32,923	
	Altstetten-Zug	35,490	
	Steinhausen-Cham	1,428	
1933	Delémont-Delle	39,930	
	Uznach-Ziegelbrücke-Linthal	38,801	
	Längenänderungen pro 1932/33 +	0,505	305,056
	Ende Mai 1933 elektrisch betrieben		1883,291
1934	Biel-Sonceboz	14,155	
	Rorschach-St. Margrethen	11,221	
	Sonceboz-La Chaux-de-Fonds	27,887	
	Günsligen-Fluhmühle	83,717	
	St. Margrethen-Buchs	37,951	174,931
	Ende 1934 elektrisch betrieben		2058,222
1936	Gossau-Sulgen	22,432	
	Giubasco-Locarno	17,862	
	Längenänderungen 1934-36	0,255	40,349
			2098,571
1937	Münster-Sonceboz	26	26
	Ende 1937 elektrisch betrieben		2124,571
1938	Le Day-Le Pont	8,5	
	Le Pont-Le Brassus	14,8	23,3
	Ende 1938 elektrisch betrieben		2147,871



Jahrgang	Linie bzw. Strecke	Baulänge km	Baulänge km
	Neuere Inbetriebsetzungen von elektrifizierten SBB-Linien		
1940	Pudoux-Vevey	7,8	2147,871
	Ende 1940 elektrisch betrieben		7,8
1941	Luzern-Meiringen (Brünig)	45 *)	2155,671
	Ende 1941 elektrisch betrieben		45
1942	Wettingen-Zürich-Oerlikon	20,1	2200,671
	Auvernier-Les Verrières	34,4	
	Meiringen-Interlaken Ost (Brünig)	29 *)	83,5
	Ende 1942 elektrisch betrieben		2284,171
1943	Winterthur-Neuhausen	27,7	
	Wil-Wattwil	20	47,7
	Ende 1943 elektrisch betrieben		2331,871

*) Brünig 1 m Spur

SBB Elektr. Betrieb Ende Dez. 1943. Einphasenstrom 15 000 V, 16⅔ Hz
Bis Ende 1943 elektrifizierte Strecken der Berner Dekretsbahnen (einschliesslich Lötschbergbahn). Einphasenstrom 15 000 V, 16⅔ Hz.
Privatbahn im Betrieb der SBB
SBB Uebertragungsleitung 135 kV 16⅔ Hz
SBB Uebertragungsleitung 66 kV 16⅔ Hz
SBB Kabelübertragungsleitungen 60 kV 16⅔ Hz
SBB Uebertragungsleitung 33 kV 16⅔ Hz

Gemeinschaftskraftwerk SBB-NOK
Kraftwerke in Betrieb

Privatwerke, welche den SBB Strom liefern.

SBB Unterwerke 66 kV in Betrieb
SBB Unterwerke 132 kV in Betrieb
SBB Speisepunkt 33 kV in Betrieb
SBB Speisepunkt 66 kV in Betrieb

Die Strecke Münster-Lengnau der BLS wird durch die SBB betrieben.

Fig. 26.

SEV 11397

fut achevée jusqu'à Domodossola, en vertu de la Convention du Simplon. Le 1er juin 1932, eut lieu le 50e anniversaire du tunnel du St-Gothard.

Le 19 novembre 1929, le Conseil d'administration des CFF décida d'entreprendre la seconde étape

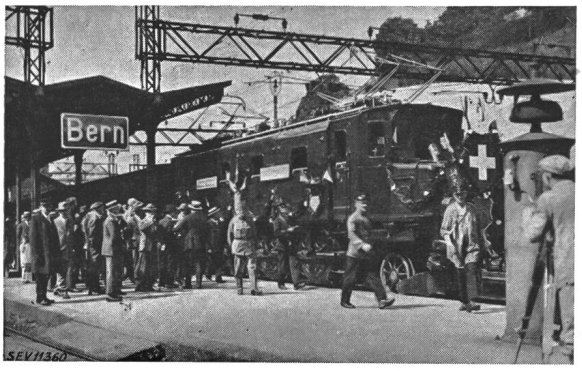


Fig. 25.
Train pavoisé des CFF en gare de Berne, le 15 mai 1927, lors de l'inauguration de l'exploitation électrique du Léman au Lac de Constance

du programme d'électrification. Actuellement, c'est la troisième étape qui est en voie d'achèvement. Cette dernière comportait notamment la réélectrification de la ligne Seebach-Wettingen, dont l'inauguration a eu lieu le 14 février 1942, en présence de M. le conseiller fédéral Celio, et qui fut un événement historique. A la fin de la présente année, 2332 km de lignes sur les 2917 km

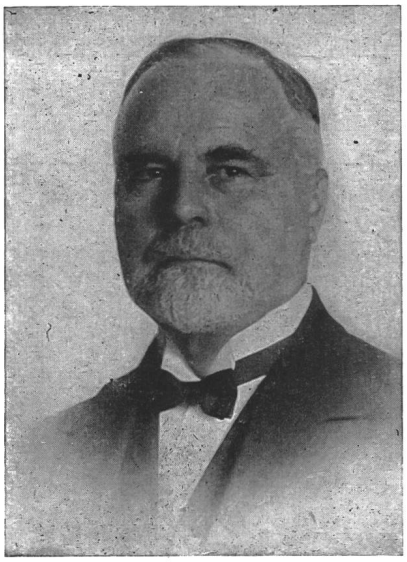


Fig. 27.
Emil Huber-Stockar, Dr ès sc. techn. h. c.
(1865—1939)

que comporte le réseau des CFF auront été électrifiés, soit le 80 %. Les lignes électrifiées assurent le 95 % du total du trafic annuel en tonnes-kilomètres (Fig. 26). Le peuple suisse n'oubliera jamais que c'est à M. *HuberStockar* [8]) (Fig. 27) que nous sommes redevables d'être actuellement le pays où l'électrification des chemins de fer a été la plus poussée et d'être devenus indépendants des importations de charbon pour notre trafic ferroviaire, qui est essentiel pour notre économie publique et notre défense nationale.

M. Huber-Stockar a également bien mérité de l'industrie mécanique et électrotechnique suisse, ainsi que des multiples entreprises petites et moyennes, auxquelles l'électrification des CFF a donné du travail. Durant la crise économique de 1920 à 1925, maintes entreprises et non des moindres auraient certainement périclité, si les Chemins de fer fédéraux n'avaient pas été, du fait de cette électrification, un client de première importance. Grâce à cette occasion exceptionnelle sous cette forme et

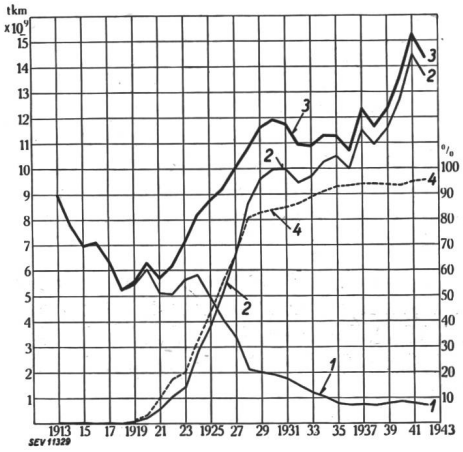


Fig. 28.
Travail de traction annuel sur le réseau des CFF en milliards de tonnes-kilomètres brutes
(non compris le poids des véhicules moteurs)
1 Traction à vapeur. *2* Traction électrique. *3* Total. *4* Proportion de la traction électrique.

cette envergure, notre industrie mécanique et électrotechnique a pu collaborer à une œuvre vraiment suisse, aussi bien par son origine que par son but, par son plan et par son exécution. Elle a pu en outre faire de précieuses expériences et prouver à nouveau ses capacités remarquables dans le domaine de la traction électrique, ce qui ne manquera pas d'avoir d'heureuses répercussions à l'étranger.

L'électrification des Chemins de fer fédéraux, exemple d'une splendide synthèse des sciences appliquées et de la technique, est l'œuvre durable de M. *Huber-Stockar.* Preuve en soit l'enthousiasme avec lequel les participants réunis au Bâtiment des Congrès, à Zurich, lors de la fête de l'inauguration de la réélectrification de la ligne Seebach-Wettingen, ont approuvé la proposition de M. le profes-

[8]) Bull. ASE 1939, No. 14, p. 381.

seur Wyssling, d'ériger un monument à la mémoire d'*Emile Huber-Stockar* [9]).

Les diagrammes suivants illustrent encore mieux le développement de cette électrification. La fig. 28, courbe 1, montre l'allure des prestations totales en tonnes-kilomètres de 1913 à fin 1942. On y remarque la brusque diminution durant les années de guerre et le relèvement après la cessation des hostilités. Le total de 1913 n'a toutefois été atteint qu'en 1926, probablement du fait de la concurrence du trafic routier, pour atteindre un premier maximum de 12 milliards de tkm en 1930. La crise économique de 1930 à 1936 n'a pas provoqué de réduction notable des prestations, sauf en 1936, où celles-ci atteignirent un peu moins de 11 milliards de tkm. Puis, en raison de la préparation à la guerre et de la guerre elle-même, ces prestations montèrent ensuite jusqu'à plus de 15 milliards de tkm en 1941, trafic qui n'aurait guère pu être assuré sans la traction électrique. Les courbes 2 et 4 montrent la participation de la traction électrique en valeur absolue et en pourcent, tandis que la courbe 1 montre la participation de la traction à vapeur. Jusqu'en 1919, la participation de la traction électrique est limitée au Simplon, puis elle augmente considérablement, à tel point qu'actuellement la courbe 2 rejoint presque la courbe 3, tandis que la participation de la traction à vapeur est extrêmement réduite. Le diagramme de la fig. 29 indique la consommation de charbon en t et celle de l'électricité en kWh pour les deux modes de traction, de 1913 à 1942. La première a diminué et la seconde augmenté dans de très fortes proportions. On peut se rendre compte des sommes que les Chemins de fer fédéraux durent payer annuellement pour le charbon importé. En 1920, alors que la consommation de charbon n'atteignait que le 75 % de celle de 1913, son coût s'est élevé à 90 millions de francs, du fait que le prix du charbon avait plus que sextuplé.

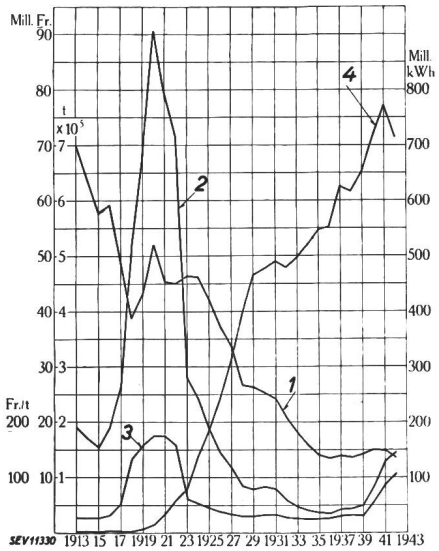


Fig. 29.
Consommation de charbon et d'énergie électrique sur le réseau des CFF

1 Consommation de charbon en t pour la traction à vapeur.
2 Coût du charbon en millions de fr.
3 Prix du charbon en fr./t.
4 Consommation d'énergie électrique en kWh au départ des usines pour la traction électrique (y compris le chauffage des trains).

Il est intéressant de comparer les estimations de la Commission d'étude au sujet de la future traction électrique avec les résultats constatés durant ces dernières années (tableau I). On doit toutefois tenir compte du fait que les données des deux réseaux comparés ne sont pas identiques et que les conditions se sont modifiées, à certains égards, d'une façon imprévisible.

Electrification des chemins de fer à vapeur suisses — Tableau I.

	Hypothèses de la commission relatives à la future exploitation électrique	Exploitation électrique des CFF (Chiffres effectives)							
		1938		1940		1941		1942	
Travail de traction annuel	(Rapport spécial de mai 1912)		%		%		%		%
10^9 tkm brutes remorquées	—	10,94		12,72		14,47		13,64	
10^9 tkm brutes totales	14,2[1]) 100 %	15,58	109,72	17,53	123,45	19,68	138,59	18,49	130,21
Puissance et énergie nécessaires									
Puissance installée disponible à l'arbre des turbines en kW	—	295 000		295 000		295 000		295 000	
Puissance à l'arbre des turbines en kW — maximum	340 000	183 000		179 000		172 000		149 000	
Puissance à l'arbre des turbines en kW — moyenne annuelle	107 000	76 000		88 000		94 700		87 500	
Facteur moyen de variation de charge	1 : 3,2	1 : 2,42		1 : 2,03		1 : 1,82		1 : 1,7	
Consommation annuelle d'énergie aux bornes des alternateurs en 10^6 kWh	809	615		718		772		714	
Consommation annuelle d'énergie au départ des sous-stations en 10^6 kWh	—	537		615		660		612	
Rendement de la transmission en %	—	87,2		85,5		85,9		85,7	
Consommation spécifique d'énergie par tkm brute totale, rapportée aux bornes des alternateurs	57,0	39,5		40,9		39,2		38,6	

[1]) Deux fois le trafic à vapeur de 1904 (CFF, y compris les chemins de fer privés).

[9]) Bull. ASE 1942, No. 6, p. 159 et 172.

Dans son rapport de mai 1912, la Commission d'étude avait basé ses calculs sur des prestations atteignant le double de celles de 1904, soit 14,2 milliards de tonnes-kilomètres brutes pour tout le réseau ferroviaire suisse. La dernière année d'avant-guerre, ces prestations atteignirent sur le réseau des CFF 15,58 t/km, soit 10 % de plus; en 1940, 17,53 t/km, soit 23,4 % et, en 1941 et 1942, 19,68 et 18,49 milliards de t/km, soit 38,6 et 30 % de plus. La moyenne annuelle de la puissance à l'arbre des turbines a été obtenue en divisant par 8760 la consommation d'énergie calculée, rapportée à l'arbre des turbines. Le facteur de variations, valeur moyenne annuelle, s'est beaucoup amélioré par rapport à l'estimation de la Commission d'étude, ce qui provient évidemment d'une plus grande augmentation des prestations. On ne pouvait pas prévoir, à cette époque, une interconnexion des usines aussi poussée. Le tableau II permet une comparaison dans le cas concret de l'électrification de l'ancienne Compagnie du St-Gothard. La Commission d'étude estimait que la future exploitation électrique aurait à faire face à un trafic net de 1,437 milliards de tkm, soit de 85 % plus élevé qu'avec la traction à vapeur en 1904. En 1938, le trafic atteignit 1,89 milliards de tkm, soit 32 % de plus, en 1940, 2,95 milliards de tkm, soit plus du double, et, en 1941, 3,54 milliards de tkm, soit près de 2,5 fois plus. En 1942, le trafic a toutefois baissé à 3,2 milliards de tkm. Un pareil trafic n'aurait pas pu être assuré avec la traction à vapeur, même si l'on avait disposé de tout le charbon nécessaire. Chaque citoyen suisse peut se rendre compte dans quelle situation économique et politique nous nous trouverions durant la guerre actuelle, si nos chemins de fer dépendaient de l'étranger pour la fourniture des formidables quantités de charbon qu'aurait nécessité la traction à vapeur (Fig. 30 et 31).

L'énorme trafic actuel a été surtout rendu possible par l'accroissement de la capacité des locomotives électriques en ce qui concerne la puissance

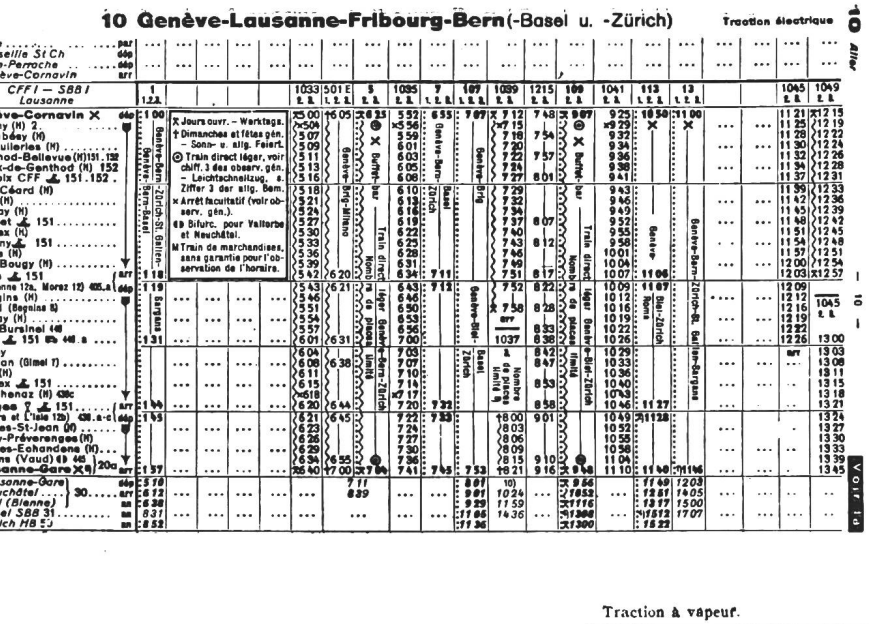
Electrification de l'ancienne ligne du Gothard

Tronçons: Lucerne—Chiasso, Zoug—Arth/Goldau, Bellinzona—Locarno et Bellinzona—Pino

Tableau II.

	Hypothèse de la commission d'études		Exploitation électrique des CFF (Chiffres effectives)			
	(Rapport spéc. de mai 1912)					
Travail de traction annuel	*Année 1904*	*Année 1907* (max.)				
a) *pour traction à vapeur*						
en 10^9 tkm brutes remorquées	0,776 100 %	1,103 100 %	—			
en 10^9 tkm brutes totales	1,105 143 %	1,623 147 %	—			
b) *pour traction électrique*			*Année 1938* (norm.)	*Année 1940*	*Année 1941* (max.)	*Année 1942*
en 10^9 tkm brutes remorquées	1,437[1]) 100 %		1,89[2]) 132 %	2,95[2]) 205 %	3,54[2]) 247 %	3,20[2]) 223 %
en 10^9 tkm brutes totales	1,824[1]) 127 %		—	—	—	—
Vitesses maxima en km/h Rampes en ‰	*Service à vapeur 1904*	*Service électrique futur*				
Trains rapides 0	85	90	100			
Trains rapides 26	40	50	65 ... 70			
Trains omnibus 0	55	75	75 ... 100			
Trains omnibus 26	26	50	65 ... 70			
Trains à marchandises 0	38	45	60			
Trains à marchandises 26	18	35	60			
Durée du parcours, y compris les arrêts Lucerne-Chiasso (225 km)						
Trains rapides	4 h 46 min	4 h 0 min	3 h 28 min			
Trains express	6 h 0 min	4 h 23 min	4 h 12 min			
Trains omnibus	7 h 52 min	5 h 33 min	5 h 25 min			
Trains à marchandises	13 h 0 min	9 h 10 min	7 h 5 min			
Locomotives						
Locomotives pour trains rapides (puissance/poids de service)	1030 kW/118t[3])	1620 kW/100 t	Ae 3/6 : 1550 kW/ 95 t Ae 4/7 : 2430 kW/123 t			
Locomotives pour trains à marchandises (puissance/poids de service)	1100 kW/117t[3])	1100 kW/ 80 t	Ae 8/14 : 8400 kW/236 t Ce 6/8 III: 1810 kW/131 t			
Consommation annuelle aux bornes des alternateurs en 10^6 kWh	—	106	—			
Dépenses totales annuelles spécifiques du service de traction en centime par tkm brute remorquée	0,88 cts 100 %	0,70 cts 79,5 %	—			

[1]) 185 % du trafic à vapeur de l'année 1904.
[2]) Sans le tronçon de Bellinzona-Pino exploité à la vapeur.
[3]) Y compris les tendres.



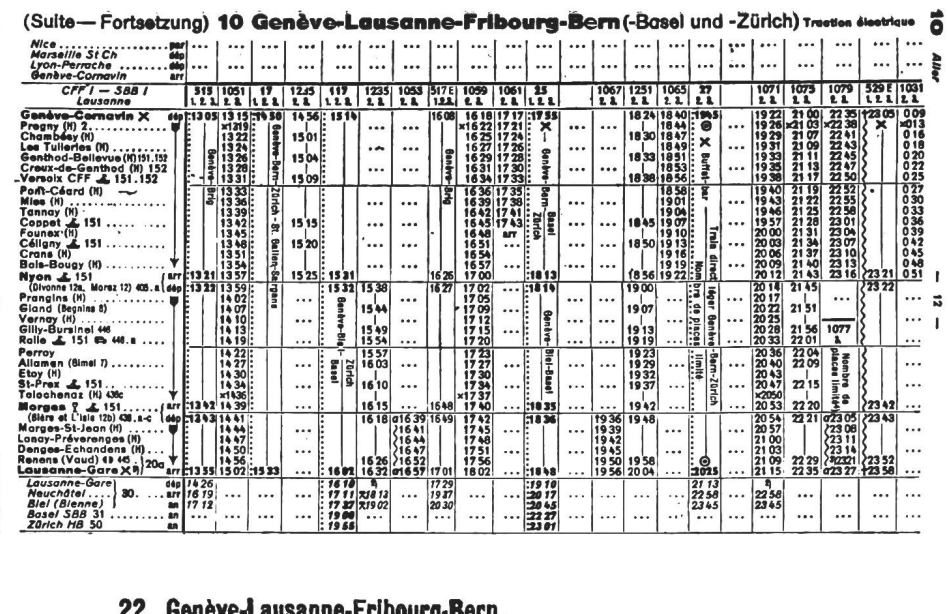


Fig. 30 (en haut).

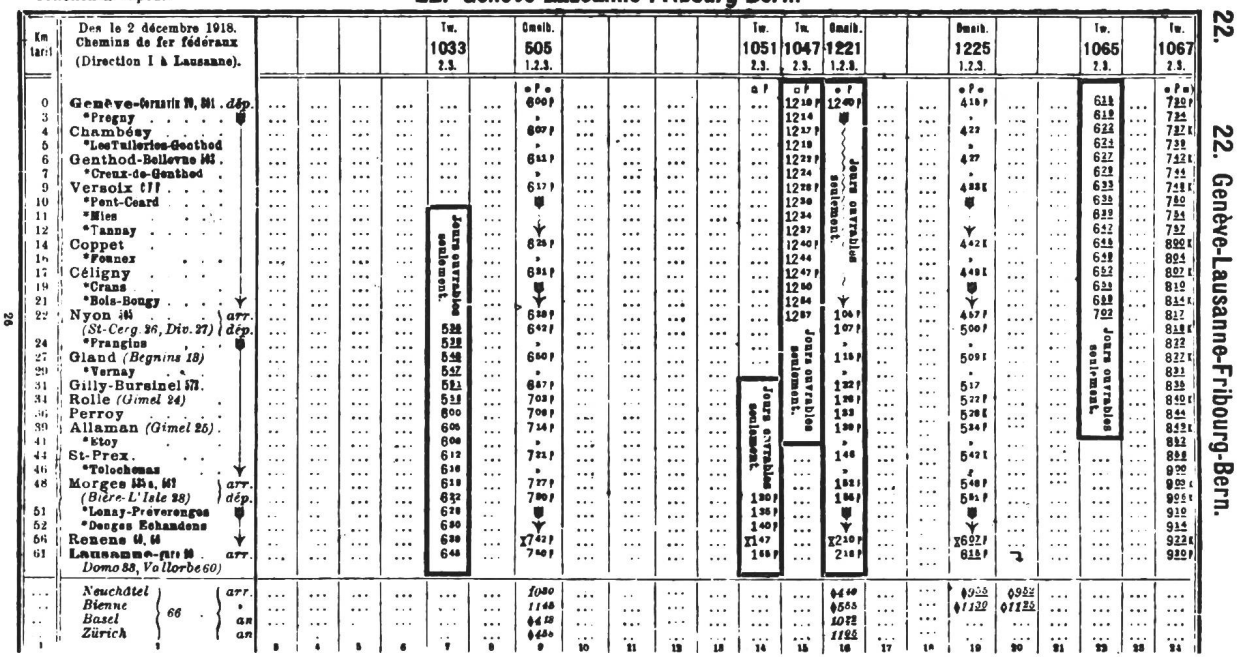
Horaire actuel Genève-Lausanne-Fribourg-Berne (traction électrique) après quatre années de guerre

Le parcours Genève-Zurich (283,3 km eff.) est franchi actuellement en 3 heures et 40 minutes par les trains légers rapides No. 5 et 27, soit à une vitesse commerciale de 78 km/h.

Fig. 31 (à droite).

Horaire d'il y a 25 ans Genève-Lausanne-Fribourg-Berne (traction à vapeur) après quatre années de guerre

Le trajet Genève-Zurich exigeait à cette époque 10 heures et 58 minutes, soit une vitesse commerciale d'à peine 26 km/h.



de traction et la vitesse de marche, comme le montrent les figures suivantes.

Les 4 premières locomotives d'essais des CFF (Fig. 32a...d) n'étaient encore prévues que pour une

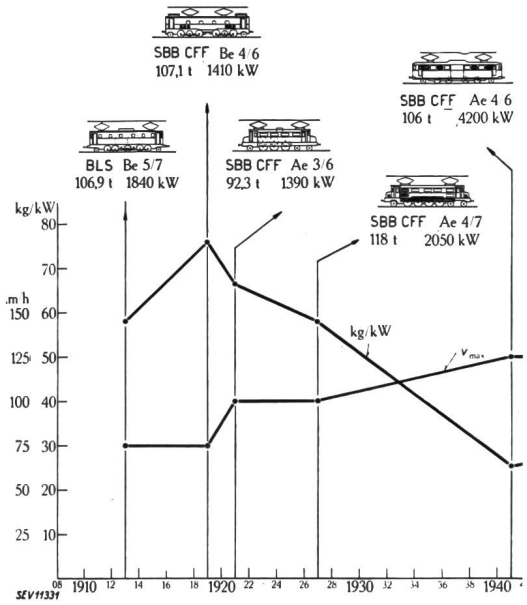


Fig. 33.
Caractéristiques de locomotives pour trains directs de chemins de fer à voie normale
(Poids par unité de puissance et vitesse maximum)
Désignation de type, poids et puissance unihoraire.

vitesse maximum de 75 km/h. Elles étaient en conséquence relativement lourdes et pesaient 63 à 79 kg/kW de puissance totale. Les premières locomotives pour trains directs, à 3 ou 4 essieux moteurs,

Fig. 36.
Train express de l'Engadine (Ligne Coire-St. Moritz) des Chemins de fer rhétiques
(Courant monophasé 11 000 V, 16⅔ pér./s)

pour une vitesse maximum de 100 km/h (Fig. 32e...k), était relativement plus légères, mais leur poids atteignait encore 60 à 70 kg/kW, étant donné que les grandes puissance obligeaient à prévoir 3 essieux porteurs. Une réduction notable du poids ne fut atteinte qu'avec les locomotives pour trains directs, à partir de 1931. Avec les locomotives Mammouth 8/14, cela était obtenu par une accumulation de puissance et par la commande à haute tension, dont c'était la première application[10]) (Fig. 32 l...o). Avec les nouvelles locomotives 4/6 de la série 10801, cet allègement provenait de la commande à haute tension et d'une réduction considérable du poids de l'équipement électrique, dû à une bien meilleure utilisation du matériel. Pour la première fois, les locomotives de trains directs de grande puissance des CFF ne furent munies que de 2 essieux porteurs et le poids put être ramené à 25,3 kg/kW. La fig. 33 montre graphiquement le développement de la vitesse maximum et du poids par kW de quelques types de locomotives des BLS et CFF de 1913 à 1940.

Le développement des automotrices a été analogue. Si nous ne considérons que celles des CFF, nous pouvons constater ce qui suit. Les fourgons automoteurs (Fig. 34) prévus pour une vitesse maximum de 75 à 85 km/h étaient extrêmement lourds, puisqu'ils pesaient 80 à 85 kg/kW. Les nouveaux fourgons automoteurs de la série 601, prévus pour une vitesse maximum de 125 km/h, ne pèsent que 50 kg/kW. Pour les automotrices (Fig. 35), c'est la tare par place assise, alors que la «flèche du Jura» (Fig. 35d) ne pèse que 625 kg et la «flèche rouge» (Fig. 35c) sans rémorque 465 kg.

De leur côté, les chemins de fer privés, qui étaient presque tous à traction à vapeur lors de la première guerre mondiale, se trouvèrent eux aussi dans une situation difficile lorsque les hostilités éclatèrent. Nous nous bornerons à mentionner les plus importants d'entre eux. En avril 1918 déjà, le Conseil d'administration des *Chemins de fer rhétiques* décida d'électrifier tout d'abord la ligne Bevers-Filisur, ce qui fut achevé l'année suivante. Puis la traction électrique fut prolongée par Thusis et par Davos vers le bas pays. Avec l'électrification de la ligne Reichenau-Disentis, le 1er juin 1922, l'ensemble du réseau des Chemins de fer rhétiques, soit 277 km, était électrifié. Le mérite en revient notamment à l'ingénieur en chef de cette compagnie, M. *Willy Dürler* [11]), décédé en 1940, qui réalisa cette vaste électrification en peu plus de 4 ans (Fig. 36).

En automne 1918, le Grand Conseil du Canton de Berne décida l'électrification des lignes Berne-Belp-Thoune-Spiez-Interlaken-Bönigen, Spiez-Erlenbach, Erlenbach-Zweisimmen et Berne-Schwarzenbourg, des *Chemins de fer bernois.* Cette électrification fut achevée deux ans plus tard, en 1920. Ce fut ensuite le tour de la ligne Berne-Schwarzenbourg, des *Chemins de fer bernois.* Cette électrification fut achevée deux ans plus tard, en

[10]) C. Bodmer: La locomotive à 8800 kW des Chemins de Fer Fédéraux suisses. Bull. ASE 1939, No. 15, p. 406.
[11]) Bull. ASE 1940, No. 5, p. 128.

1920. Ce fut ensuite le tour de la ligne Berne - Neuchâtel, en 1928, puis de la ligne du Sensetal en 1938 (Fig. 15). Le *Chemin de fer du Sihltal* avait été électrifié en 1924. De 1931 à 1932, les *Chemins de fer du Lac de Constance au Toggenbourg, de l'Emmental* et *de Soleure* à *Moutier* furent électrifiés. En 1933, la traction par courant triphasé du chemin de fer *Berthoud-Thoune* fut remplacée par la traction en courant monophasé. Enfin, vers le milieu de mai 1939, la traction électrique était inaugurée sur les lignes du *Chemin de fer du Sud-Est suisse.*

Excepté le Brienz-Rothorn et le chemin de fer du Monte Generoso, tous les chemins de fer à crémaillère à traction à vapeur ont été électrifiés. A

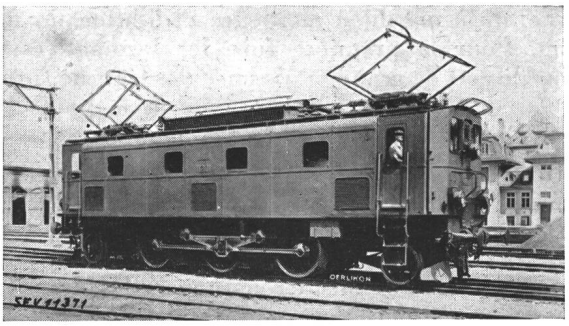


Fig. a Be $^{3}/_{5}$

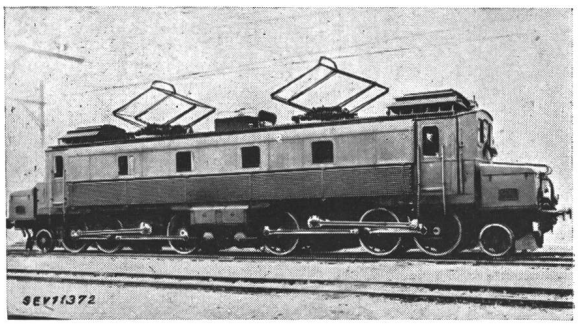


Fig. b Ce $^{6}/_{8}$ I

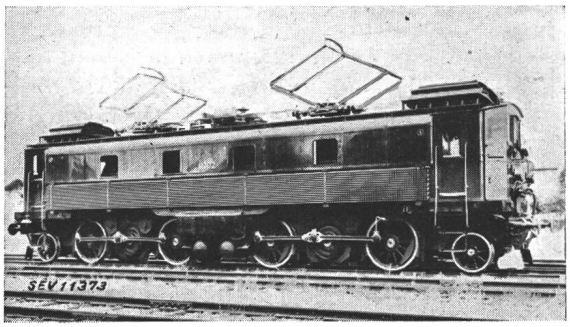


Fig. c Be $^{4}/_{6}$

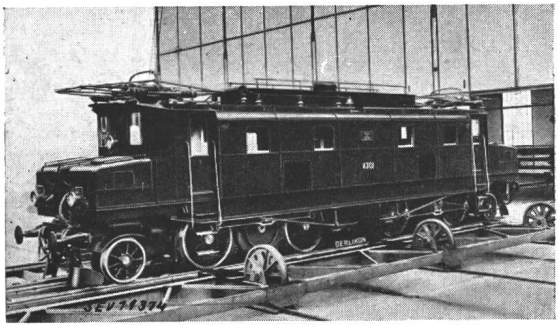


Fig. d Be $^{4}/_{6}$

Fig. 32.
Quelques types des locomotives des CFF

	Fig.	Type	Poids en service	Puissance unihoraire à l'arbre des moteurs totale	Vitesse correspondante	Vitesse maximum	Poids par kW (à la puissance unihoraire)
			t	kW	km/h	km/h	kg/kW
Les quatres „locomotives d'essai" des CFF (1919 ... 1920)	a	Be $^{3}/_{5}$	92,6	1175	50	75	79
	b	Ce $^{6}/_{8}$ I	117,6	1650	41,5	65	71,5
	c	Be $^{4}/_{6}$	107,1	1410	51	75	76
	d	Be $^{4}/_{6}$	107,2	1710	50	75	62,5
Les locomotives à grand vitesse des CFF (1921 ... 1934)	e	Ae $^{3}/_{6}$ II	98,5	1470	65	100	67
	f	Ae $^{3}/_{6}$ I	92,3	1390	61,5	100	66,5
	g	Ae $^{4}/_{7}$	118	2050	65	100	58
	h	Ae $^{3}/_{5}$	81,1	1320	63	90	61,5
	i	Ae $^{3}/_{6}$ III	89,4	1320	63	100	67,5
	k	Be $^{4}/_{7}$	110,5	1760	56	80	63
Les locomotives à grande vitesse des CFF, avec commande à haute tension (1931 ... 1944)	l	Ae $^{8}/_{14}$	246	5300	59	100	46,5
	m	Ae $^{8}/_{14}$	244,2	6050	62	100	40
	n	Ae $^{8}/_{14}$	235,7	8400	74	110	28,2
	o	Ae $^{4}/_{6}$	106	4200	84	125	25,3

Fig. e

Ae $^{3}/_{6}$ ^{II}

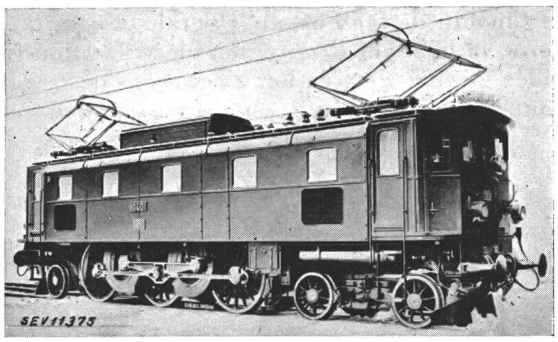


Fig. f

Ae $^{3}/_{6}$ ^{I}

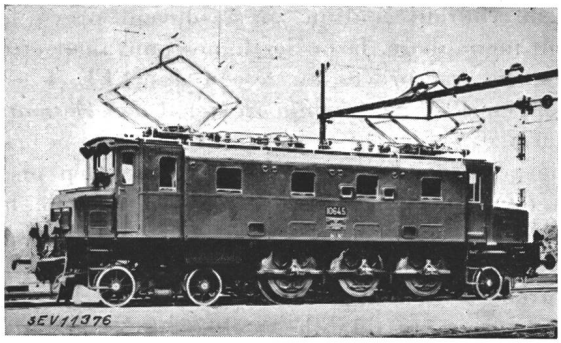


Fig. g

Ae $^{4}/_{7}$

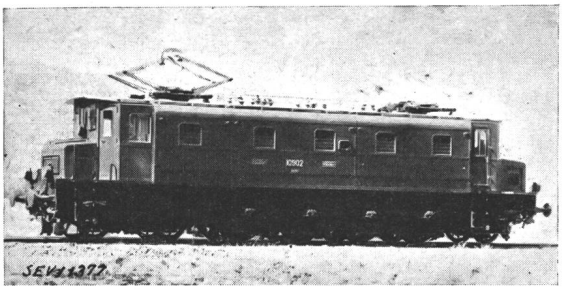


Fig. h

Ae $^{3}/_{5}$

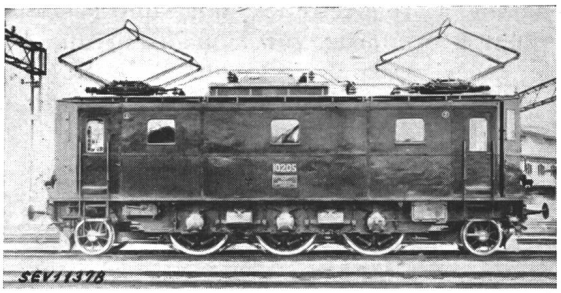


Fig. i

Ae $^{3}/_{6}$ ^{III}

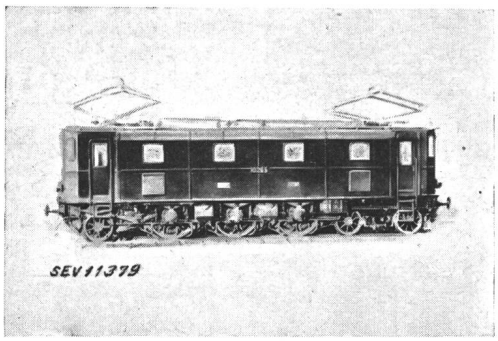


Fig. k

Be $^{4}/_{7}$

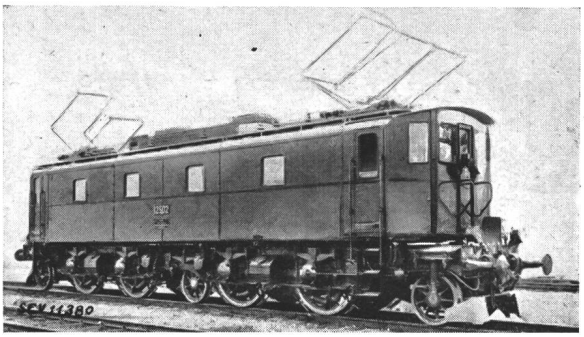


Fig. l

Ae $^{8}/_{14}$

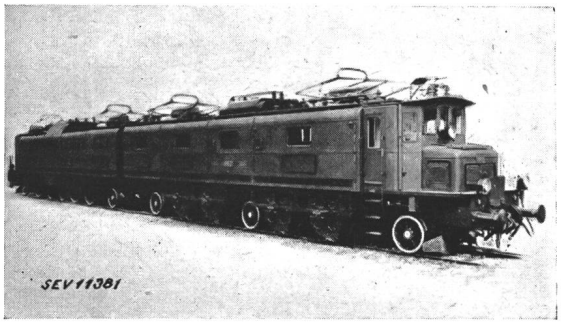


Fig. m

Ae $^{8}/_{14}$

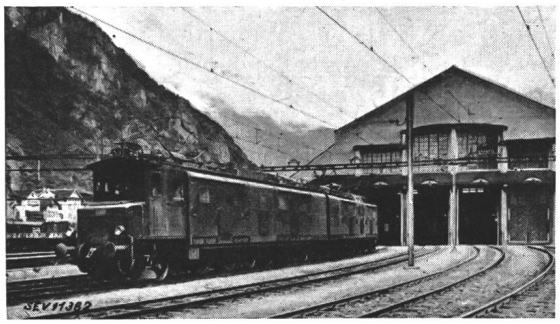


Fig. n

Ae $^{8}/_{14}$

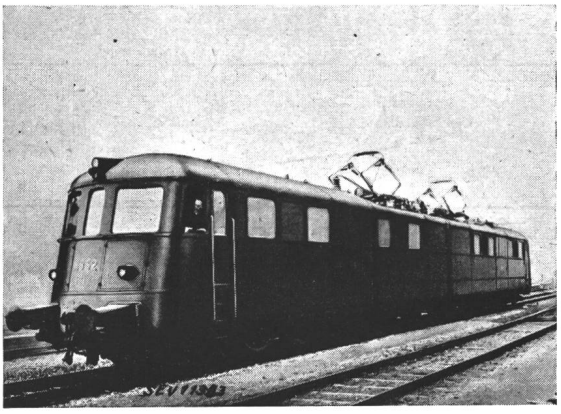
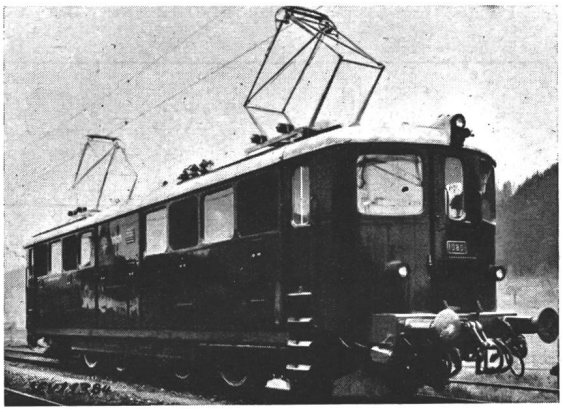


Fig. o

Ae $^{4}/_{6}$



côté du courant continu, on a souvent prévu le courant monophasé, là ou les lignes pouvaient être directement raccordées au réseau des CFF. C'est ainsi qu'en 1929 le *Chemin de fer Viège-Zermatt* (Fig. 37) fut électrifié à 11 000 V, 16²/₃ pér./s, comme pour les Chemins de fer rhétiques, en prévision d'un développement ultérieur. En 1930, la ligne de raccordement à voie étroite entre *Viège et Brigue*, ce qui assura la liaison avec la ligne de la Furka à Oberalp a été inaugurée. Cette dernière avait été rétablie en 1926, grâce à l'initiative de MM. *Auguste Marguerat* et *Gustav Bener*. Une liaison à voie étroite était ainsi établie, de Zermatt à St-Moritz, sur laquelle circula dès 1930 le «Glacier-Express». En 1930, la traction électrique fut introduite sur le Chemin de fer *Rorschach-Heiden* (Oerlikon et Winterthour) à 15000 V, 16²/₃ pér./s, en 1931 sur le Chemin de fer *St-Gall - Gais - Appenzell* (Brown Boveri et Winterthour), à 1500 V courant continu, en 1937 sur le Chemin de fer du *Pilate* (Fig. 38) (1500 V) et celui du *Rigi* (1500 V) et, en 1938, sur le *Montreux - Glion - Rochers de Naye* (Fig. 39) (800 V), tous trois en courant continu et équipés d'automotrices légères, appliquées pour la première fois à des chemins de fer à crémaillère. Deux grands chemins de fer, en partie à crémaillère, avaient conservé la traction à vapeur: la ligne du Brunig des CFF et le Chemin de fer Furka - Oberalp. En ce qui concerne la ligne du *Brunig*, son électrification fut décidée au titre de création d'occasions de travail durant les années de crise et réalisée en deux étapes,

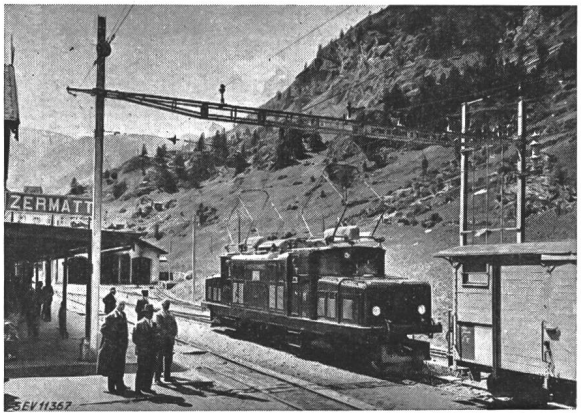


Fig. 37.
Locomotive du Chemin de fer Viège-Zermatt, à traction mixte par crémaillère et adhérence
(Courant monophasé 11 000 V, 16⅔ pér./s)

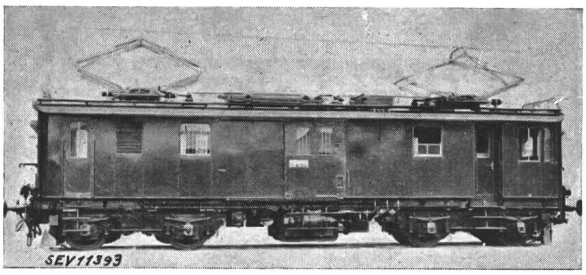


Fig. a Fe ⁴/₄

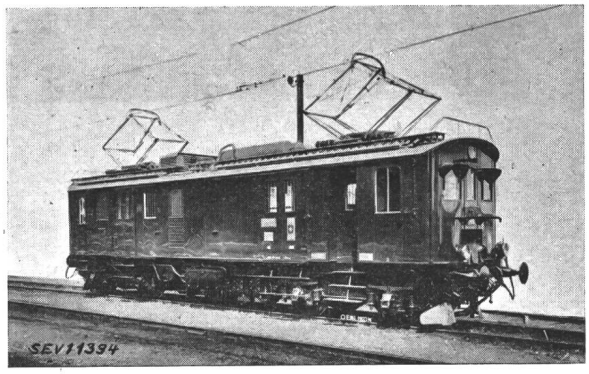


Fig. b Fe ⁴/₄

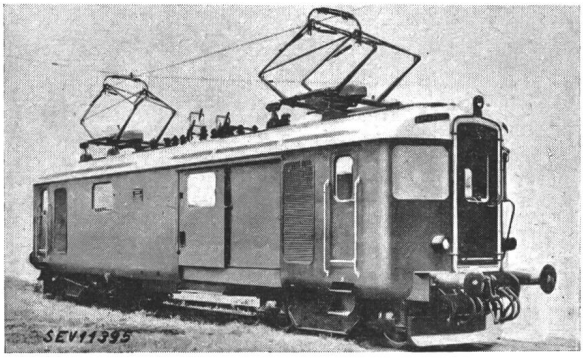


Fig. c RFe ⁴/₄

Fig. 34.
Les Fourgons automoteurs des CFF
(1927 ... 1940)

Fig.	Type et série	Poids en service	Puissance unihoraire à l'arbre des moteurs totale	Vitesse correspondante	Vitesse maximum	Poids par kW (à la puissance unihoraire)
		t	kW	km/h	km/h	kg/kW
a	Fe ⁴/₄ 18 501	62,2	736	43	75	85
b	Fe ⁴/₄ 18 561	58,6	736	51	85	80
c	RFe ⁴/₄ 601	48,5	986	91	125	49,5

jusqu'en 1942; elle est alimentée en courant monophasé à 15 000 V, 16²/₃ pér./s. Lorsqu'en 1938, les bouleversements politiques se produisirent à notre frontière de l'est, il devint indispensable de compléter la ligne des CFF conduisant aux Grisons par Sargans - Coire, stratégiquement fort exposée, par une seconde ligne pouvant être utilisée pendant toute l'année. On songea alors immédiatement au

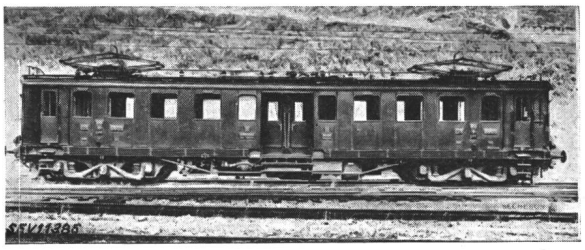


Fig. a Ce 4/6

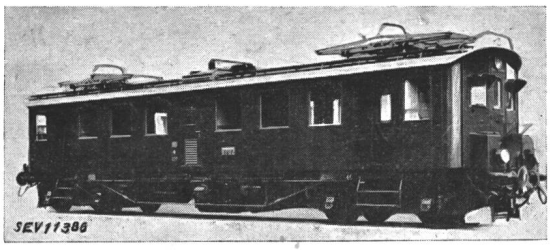


Fig. b Ce 4/4

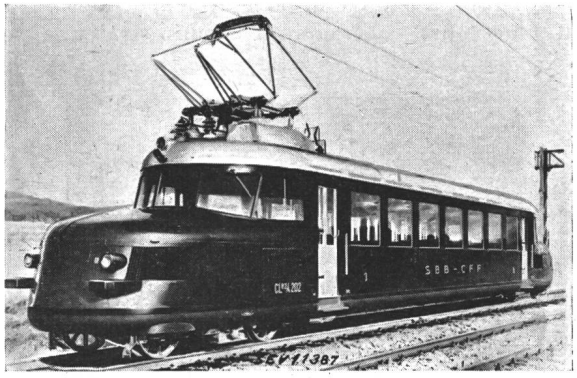


Fig. c Re 2/4

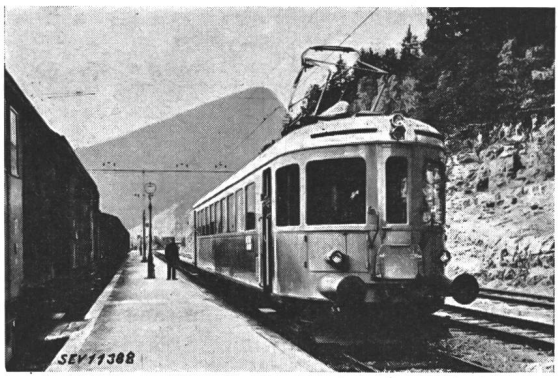


Fig. d Ce 2/4

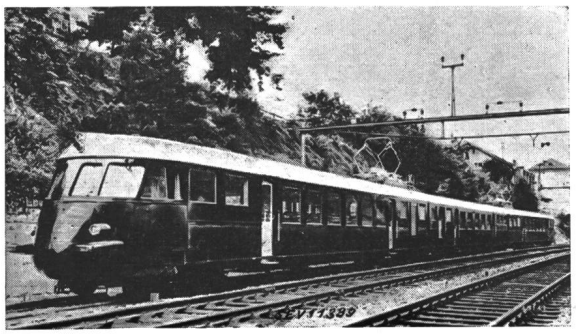


Fig. e Re 8/12

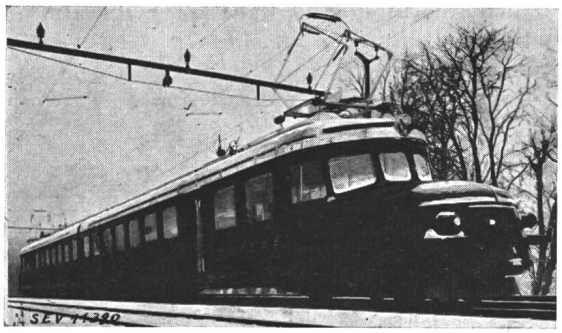


Fig. f Re 4/8

Fig. 35.
Les automotrices électriques des CFF
(1923 ... 1939)

Fig.	Type	Poids en service	Puissance unihoraire à l'arbre des moteurs totale	Vitesse correspondante	Vitesse maximum	Poids par kW (à la puissance unihoraire)	Places assises	Poids par place assise
		t	kW	km/h	km/h	kg/kW		kg
a	Ce 4/6	75,2	575	48	90	130	72	1040
b	Ce 4/4	54,8	440	45	90	125	58	945
c	Re 2/4	32,6	257	86	125	127	70	465
d	Ce 2/4	44,4	455	68,5	110	98	71	625
e	Re 8/12	127	1700	116	150	75	222	572
f	Re 4/8	92	850	116	150	108	134	685

Chemin de fer Furka - Oberalp [12]), c'est-à-dire surtout au tronçon Andermatt - Disentis. Il est fort heureux que, grâce à MM. Marguerat et Bener, cette ligne ait été remise en état. En octobre 1939, quelques semaines après le début des hostilités, il fut décidé d'électrifier la ligne Andermatt - Oberalp - Disentis, en courant monophasé à 11 000 V, 16²/₃ pér./s et de transformer en ce même système le Chemin de fer des Schoellenen. Il a fallu en outre déplacer en partie l'ancien tracé et procéder à d'importants ouvrages de protection contre les avalanches, afin que la ligne de l'Oberalp puisse fonctionner durant tout l'hiver. Cette électrification fut achevée le 31 mai 1941. Auparavant, M. Marguerat avait démontré que le Chemin de fer Furka - Oberalp n'était viable, à la longue, que si l'électrification s'étendait à toute la ligne. Le tronçon Brigue - Andermatt fut alors électrifié à son tour. Le 1er juillet 1942, la traction électrique fonctionnait sur toute la ligne de 97 km du Chemin de fer Furka - Oberalp (Fig. 40).

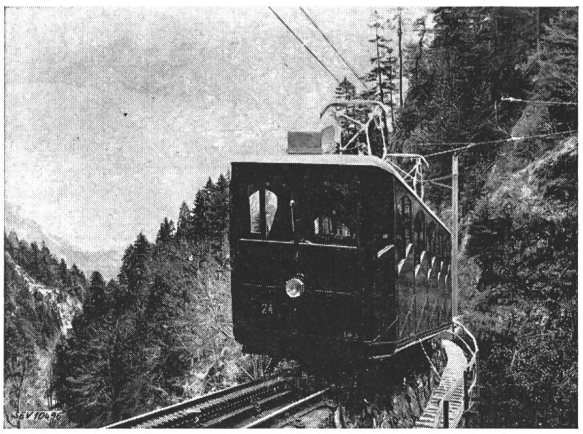
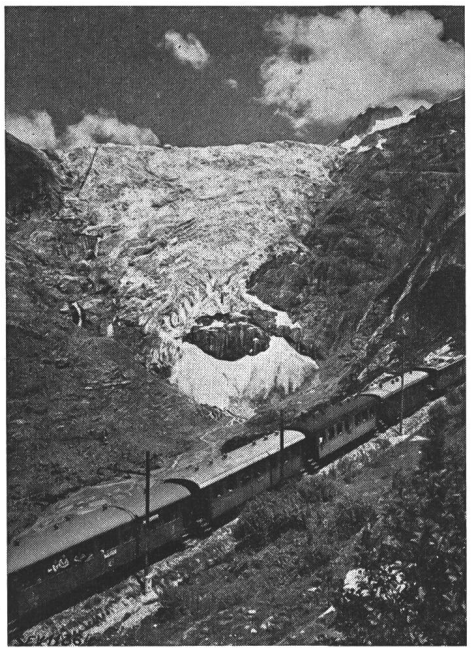


Fig. 38.
Voiture motrice à crémaillère du Chemin de fer du Pilate
(courant continu 1500 V)

(4309 BRB 3. 10. 1939.)
Fig. 39.
Voiture motrice du Chemin de fer à crémaillère Glion-Rochers de Naye
(Ecartement 800 mm, courant continu 800 V)

Quelle sera l'évolution de la traction électrique dans notre pays ou, en d'autres termes, quelles seront les tâches qui devront être remplies, à l'avenir, par ce mode de traction? Il est naturel qu'il ne peut s'agir, d'une part, que d'une période de temps plus ou moins nettement définissable, peut-être des dix années qui suivront la fin de la guerre et, d'autre part, d'hypothèse, d'idées purement personnelles et de supposition susceptibles d'être réalisées ou non. Ce sont là de simples propositions que je ne voudrais imposer à personne et moins encore aux dirigeants de nos entreprises de transport qui, comme l'a prouvé le développement de la traction électrique, soit comme administrateurs, soit comme techniciens, ont toujours choisi la bonne voie et surent en toutes circonstances judicieusement agir.



No. 1217 ACF 3. 10. 39.
Fig. 40.
Train du Chemin de fer Furka-Oberalp, près du Glacier du Rhône
(Courant monophasé 11 000 V, 16⅔ pér./s)

Quoi qu'il en soit, il me semble n'y avoir là-dessus aucun doute: la production d'huile lourde et d'essence, ainsi que des véhicules alimentés par ces carburants, aura pris, en raison de la guerre, un développement qu'il nous est impossible d'apprécier actuellement dans toute son importance, de sorte que la concurrence faite aux chemins de fer, et que l'on désignait jusqu'ici par «concurrence de la route», se fera sentir avec encore plus d'acuité et — je pense ici tout spécialement à la navigation aérienne — s'élargira. Cette augmentation de la concurrence se constatera partout. Il est impos-

[12]) Bull. ASE 1942, No. 13, p. 371.

sible de prévoir si, et dans quelle mesure, les chemins de fer réussiront, après la guerre, à se protéger contre la concurrence de la route par une réglementation du partage du trafic. Toutefois, même s'il était possible de coordonner dans une certaine mesure le trafic des marchandises entre le rail et la route, il n'en reste pas moins que, dans le trafic voyageur principalement, seule une amélioration qualitative des prestations pourra protéger les chemins de fer contre la menace d'une concurrence accrue de la part de nouveaux moyens de transport.

Quels sont les avantages que les chemins de fer peuvent offrir au public à l'aide de la traction électrique en dehors de ceux qui nous sont suffisamment connus? Tous les chemins de fer devraient augmenter *leur vitesse* et *leur confort*, ce qui, comme les développements effectuées jusqu'à ce jour le prouvent, peut être obtenu simultanément dans la plupart des cas. En particulier, les progrès réalisés dans la construction des automotrices permettent de remplir très largement ces deux conditions. Les chemins de fer à voie normale relèvent, avec raison, que les frais de transport par km place

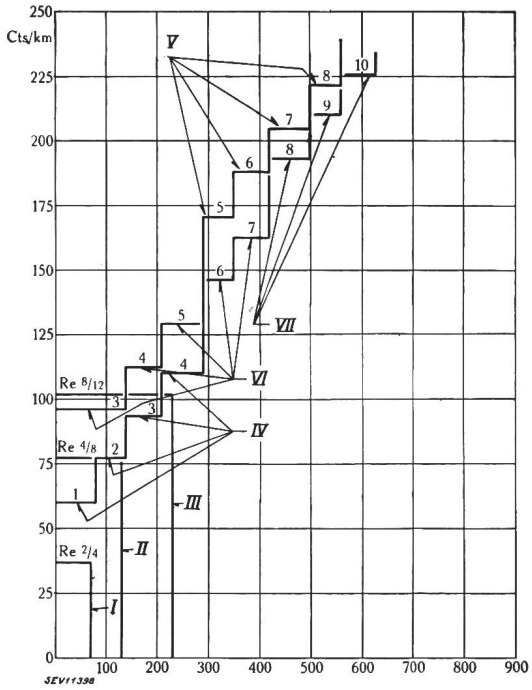


Fig. 41.

Frais d'exploitation en cts/km pour diverses compositions de trains, en fonction du nombre de places assises

(Intérêts, entretien, amortissement, énergie électrique)

I Automotrice légère Re 2/4 (Flèche Rouge sans remorque).
II Automotrice légère double Re 4/8.
III Automotrice légère triple Re 8/12.
IV Un fourgon automoteur rapide RFe 4/4 avec 1 à 4 voitures légères en acier.
V Deux fourgons automoteurs rapides RFe 4/4 avec 5 à 8 voitures légères en acer.
VI Locomotive Ae 3/6 avec 3 à 7 voitures légères en acier.
VII Locomotive Ae 4/7 avec 8 à 10 voitures légères en acier.

assise augmentent fortement avec l'offre de places assises, de sorte que l'automotrice marchant seule ou en rames n'est meilleur marché qu'un train remorqué par une locomotive que lorsque l'offre de places assises par train ou mieux encore par occasion de voyageur est faible. Le diagramme (Fig. 41) montre les conditions relevées par les chemins de fer fédéraux. Il me semble que ce diagramme fait ressortir exactement la nécessité d'utiliser, où cela est possible, des automotrices légères seules ou en rames. Cette forme d'exploitation peut être plus chère, mais je suis persuadé que les frais plus élevés seront compensés rapidement par une très forte augmentation du trafic, c'est-à-dire par un accroissement du nombre des voyageurs. Lorsque celui-ci aura atteint une importance telle qu'il sera nécessaire d'augmenter le nombre des voies dans les limites du trafic banlieue proprement dit, une partie importante des idées de l'Association suisse du plan d'aménagement national selon les thèses de M. le conseiller national *A. Meili* sera réalisée. En effet, le dégorgement des villes dans le cadre de ce plan entraînera une forte intensification du trafic de banlieue qui en sera peut-être la condition primaire. Même les trains de voyageurs remorqués par des locomotives, dont la tare par place assise occupée est très élevée par suite de leur occupation très faible, pourraient être remplacés avantageusement par des automotrices seules ou en rames, dont la vitesse commerciale peut être considérablement accrue, par une augmentation de l'accélération, du ralentissement et de la vitesse maximum, sans réduire le nombre des arrêts. Ceci permettrait sûrement de ramener au rail une partie importante du trafic entre nos villes, qui avait passé à la route avant la guerre. Bref, il s'agira d'un changement assez radical des principes qui servent actuellement à l'établissement des horaires pour tenir compte des capacités particulières de la forme d'exploitation électrique et qui permettra de les utiliser pleinement. Seuls le service interurbain par trains rapides et le service des trains de marchandises directs ne seraient pas touchés par ces transformations.

En outre, les services de transport public à l'intérieur de nos villes ont aussi besoin d'être modernisés rapidement, d'une part, par l'acquisition de véhicules plus puissants et plus comfortables, à grand pouvoir d'accélération et de ralentissement, — les Tramways de la ville de Zurich ont déjà fait un grands pas en avant dans ce sens avec leurs nouvelles motrices à 4 essieux[13]) — et, d'autre part, en accroissant le nombre des lignes de trolleybus, qui seront prévues de telle façon qu'elles se complètent mutuellement avec les lignes de tramways. Le remplacement des lignes de tramways par des lignes de trolleybus ne devrait être possible, cependant, que dans des cas tout à fait spéciaux, où les conditions locales particulières l'imposent, comme par exemple à Lausanne. Par contre, il semble que le remplacement de chemins de fer d'intérêt local, à trafic relativement faible, par des lignes de trolleybus est certainement avantageux, comme l'a prouvé la substitution des tramways du Rheintal par des trolleybus Sécheron pour une tension de 1000 V à la ligne de contact (Fig. 42). Dans cette ordre d'idées,

[13]) Bull. ASE 1942, No. 24, p. 705, fig. 17, et p. 707, fig. 5.

on pourrait également envisager la conversion en lignes de trolleybus de différentes lignes d'autobus exploitées par le PTT, en augmentant la tension à la ligne de contact jusqu'à 1500 V.

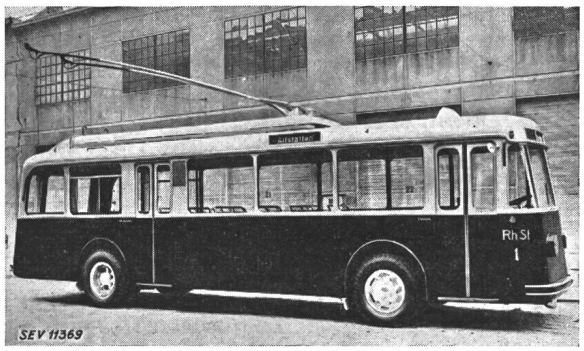


Fig. 42.
Trolleybus des Tramways du Rheintal
(Courant continu 1000 V)

Depuis longtemps déjà, notre pays a la réputation d'être la plaque tournante de l'Europe. Par là, en dépit de la petitesse de notre réseau ferroviaire, on a caractérisé l'importance de notre position centrale dans le système des voies ferrées européennes et la tâche toute particulière qui nous incombe au point de vue technique. Comme techniciens, nous avons eu particulièrement à cœur de mener à bien cette tâche. L'électrification de nos chemins de fer, dont nous venons de parler, en est une preuve éclatante.

Mais, si les apparences ne sont pas trompeuses, le moment paraît proche, où notre plaque tournante se trouvera devoir répondre à une toute autre mission et cela sur une échelle et à un degré d'importance encore inconnus jusqu'à ce jour. Cette tâche nouvelle relève d'un tout autre domaine, de nature morale et éthique. De même que les rails venus des quatre points cardinaux de l'Europe se rapprochent sur notre sol et s'y unissent, de même, dans un temps peut-être très proche, il nous sera donné, au cœur de notre continent si terriblement terrassé par l'épreuve, de rassembler et d'unir ce que séparent aujourd'hui l'hostilité et la haine. Mais cette tâche là ne dépendra pas seulement de nous autres techniciens, car il ne s'agit, ici, de rien moins que de la plus haute mission de la Suisse, le message sublime que notre patrie peut apporter au monde.

[14]) Bull. ASE 1941, No. 4, p. 66.

Ist das Nachimprägnieren von Leitungsstangen wirtschaftlich?

Von *F. Wecker-Frey*, Zürich

621.315.668.1.0044

Der Artikel behandelt die Kostenfrage beim Nachimprägnieren von Leitungsstangen. Der Autor geht von einer früher im Bulletin SEV veröffentlichten Kostengleichung aus, die er richtigstellt. Er betrachtet dabei nur die im Zeitpunkt der Imprägnierung auftretenden Kosten und stellt sie den Ausgaben für eine neue Leitungsstange, bezogen auf eine mittlere Lebensdauer, gegenüber. Bei der sogenannten mittleren Lebensdauer handelt es sich um eine durchschnittliche Zahl von Jahren, die eine neue Stange im Betrieb (ohne Nachimprägnierung) aushält. Je nach der Qualität der Stangen und den Witterungsverhältnissen am Verwendungsort kann die mittlere Lebensdauer von Werk zu Werk verschieden sein. Der Autor zeigt an einem Zahlenbeispiel, dass die Nachimprägnierung wirtschaftlich ist, wenn durch sie die Lebensdauer der Stange um rund 1 Jahr verlängert wird.

Eine Behandlung der Frage, wie weit sich die durchschnittlichen Jahreskosten einer Stange reduzieren lassen, unter Berücksichtigung der durch Anschaffung, Aufstellung und periodische Nachimprägnierung entstehenden Kosten, ist heute noch nicht möglich, da die Erfahrungen darüber, wie oft die Nachimprägnierung an einer Stange periodisch wiederholt werden kann, erst in einigen Jahrzehnten vorliegen werden. Immerhin hat die Praxis gezeigt, dass die Jahreskosten einer Stange durch eine einmalige Nachimprägnierung eine Reduktion erfahren.

Cet article est consacré à la question du coût des poteaux en bois réimprégnés. L'auteur se base sur un calcul publié dans le Bulletin ASE et qu'il rectifie. Il ne considère que les frais au moment de l'imprégnation et les compare au coût d'un nouveau poteau, compte tenu d'une durée d'utilisation moyenne. Cette durée est celle du nombre d'années que le poteau peut être employé sans imprégnation. Elle peut varier d'un réseau à l'autre, suivant la qualité du bois et les conditions atmosphériques. L'auteur prouve, par des exemples numériques, qu'une réimprégnation est économique lorsqu'elle prolonge d'environ une année la durée du poteau.

Il n'est toutefois pas encore possible de préciser la réduction des frais annuels moyens d'un poteau, en tenant compte du prix d'achat, des frais de montage et du coût des réimprégnations périodiques, car l'on ne saura guère que dans quelques dizaines d'années quel est le nombre des réimprégnations périodiques nécessaires. On sait néanmoins déjà que les frais annuels d'un poteau sont réduits par une seule imprégnation.

In seinem interessanten, an der Betriebsleiterkonferenz des VSE vom 16. Dezember 1932 in Olten gehaltenen Referat über «Betrieb und Unterhalt von Hochspannungsleitungen und Verteileranlagen» [1]) machte W. Köchli, Bern, u. a. Angaben über das Nachimprägnieren von Leitungsstangen. Bei dieser Gelegenheit hatte der Referent den verdankenswerten Versuch unternommen, zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Nachimprägnierungen eine Formel aufzustellen. Das Resultat dieser Formel steht jedoch mit den vom Referenten selbst genannten und für die BKW, als Beispiel, angeführten Zahlen im Widerspruch. Dies zeigt folgende Rechnung:

K Kosten des Ersatzes einer Leitungsstange
k Kosten der einmaligen Nachimprägnierung
n Zahl der Jahre zwischen 2 Nachimprägnierungen
T Lebensdauer der Stange ohne Nachimprägnierung
t Verlängerung der Lebensdauer durch die Nachimprägnierung (vom Referenten auf Grund gemachter Beobachtungen angenommen).

[1]) Bull. SEV 1933, Nr. 9, S. 185.