

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 30 (1904)
Heft: 3

Artikel: Chemins de fer électriques de la Gruyère
Autor: Schenk, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-24110>

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: 26.01.2026

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

Bulletin technique de la Suisse romande

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES. — Paraissant deux fois par mois.

Rédacteur en chef: M. P. HOFFET, professeur à l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

Secrétaire de la Rédaction : M. F. GILLIARD, ingénieur.

SOMMAIRE : *Chemins de fer électriques de la Gruyère* (suite et fin), par M. P. Schenk, ingénieur, à Lausanne. Planches 4 et 5. — *Application de la statique graphique aux systèmes de l'espace* (suite), par M. B. Mayor, professeur, à Lausanne. — *La responsabilité contractuelle de l'architecte* (suite), par M. J. Spiro, avocat et professeur, à Lausanne. — **Divers:** Pont Chauderon-Montbenon, à Lausanne. — Tunnel du Simplon. Etat des travaux au mois de janvier 1904. — Congrès international des électriciens, à St-Louis, 1904. — II^e Congrès international de l'enseignement du dessin, à Berne. — *Bibliographie*. — *Sociétés*.

Chemins de fer électriques de la Gruyère.

par M. P. SCHENK,
Ingénieur.

(Suite et fin)¹.

EXÉCUTION DES TRAVAUX

Pose de la voie.

Le *transport* et le *coltinage* de tout le matériel de voie approvisionné à *Palézieux* et à *Bulle* ont donné lieu, à cause du manque de communication par *Bulle*, à de grandes difficultés. Il a fallu charrier le matériel jusqu'à *Enney* d'un côté, à *Vuadens* et à *Semsales* de l'autre côté, pour le faire prendre là par la locomotive, qui le répartissait au fur et à mesure de l'avancement. Entre *Montbovon* et *Semsales*, les trains de matériel et ceux de ballast ont été formés par les propres wagons-plateformes de la Compagnie et par la locomotive à vapeur. Cette locomotive, de 60 chevaux, d'un poids de 18 tonnes environ, doit servir plus tard aux trains de travaux, aux trains spéciaux de marchandises, aux courses de chasse-neige, et de réserve sur des tronçons mis hors circuit pour réparations.

Coût de la voie par mètre, ballast compris, sans main-d'œuvre = fr. 21,30.

Coût de la pose de voie et ballastage, transports y compris, = fr. 3,70 environ le mètre.

Prix élevé, en raison des conditions défavorables où le travail a dû être effectué.

Les courbes ont été posées avec raccordements paraboliques et des dévers et surécartements modérés :

Dévers limite en courbe de $R = 100$ m. — $D = 8$ cm.

Surécartement limite » » » $E = 2$ cm.

Les pentes et rampes sont raccordées également par paraboles, selon les règles ordinaires. — Aucun rail *Vignole* n'a été cintré à l'avance, mais bien les rails *Phoenix*. Toutes les traverses ont été munies de *selles* à 3 trous aux joints et contre-joints, à 2 trous aux traverses intermédiaires. Les lames d'aiguille des branchements sont cintrées et posées sur plaques de tôle, fixées aux traverses spéciales en chêne. Les angles courants des croisements sont : 1 : 5,5 et 1 : 7,5, et les rayons de courbure respectivement de 50 et 90 m.

L'on s'est appliqué de toutes façons à obtenir une forte superstructure ; c'était exigé par les vitesses projetées.

L'établissement, par places, de la plateforme de la voie à côté et en partie sur la route, tout en rélargissant celle-ci, a causé, en pratique, de sérieux embarras à la circulation, une assez forte dépense et n'a, au fond, pas été aussi commode, pour tout le monde, que d'établir la voie partout en dehors de la route. Il ne faudrait recourir à cet « accolement » des tracés que si l'escarpement de la pente transversale l'exigeait absolument.

Corrections fluviales : La construction du chemin de fer de la Gruyère a entraîné un certain nombre de corrections ou de déviations de cours d'eau dont quelques-unes avec l'aide des subsides ordinaires de la Confédération et du canton, par exemple les torrents d'*Enney*, du *Pâquier* et de la *Martivue* à *Semsales*. La *Trème* exigera encore une correction sérieuse aux abords du pont métallique de 23 m. qui est destiné au chemin de fer.

Ouvrages d'art : Sur tout le parcours *Palézieux-Châtel-Montbovon*, il y aura 31 ponts et pontceaux, et 2 tunnels, le tout représentant une longueur de 539 m. ; il n'existe aucun ouvrage remarquable par des dimensions ou dispositions exceptionnelles : le plus grand pont métallique (*Villars s/Mont*) n'a que 23 m. d'ouverture ; les ponts de la route à *Montbovon*, à *Albeuve*, à *Neirivue*, à *Enney* ont été rélargis.

Les planches 1 et 4 et la figure 15 représentent le pont-causeau avec passage superposé du chemin des *Colombettes*, ainsi que le pont sur l'*Hongrin*. Le percement d'un des tunnels a été ralenti à un moment donné par une roche extrêmement dure où le burin n'avancait que de 0^m,50 par jour. C'était dû à l'apparition du silex.

Bâtiments : Le projet primitif prévoyait de simples haltes sans logements, du modèle que l'on voit à la *Verrerie*. Tout bien pesé, préférence a été donnée à des bâtiments avec étage, construits dans le genre des chalets du pays. Bien des gares sont éloignées des villages qu'elles desservent ; on voulait avoir le personnel sous la main, il fallait

¹ Voir N° du 25 janvier 1904, page 49. — Article publié à l'occasion du cinquantième anniversaire de la fondation de l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne. (Voir *Note de la Rédaction*, page 104.)

donc le loger, et le public, qui ne voit des chemins de fer que les bâtiments et les wagons, devient de jour en jour plus exigeant pour le confort de ceux-ci.

Le chalet est plus facile à chauffer, plus propre, d'un entretien économique, il est plus esthétique et n'est guère plus cher dans ces régions que la « carrée » en maçonnerie. Un concours d'esquisses a été ouvert en juillet 1901 et ses résultats sont relatés au *Bulletin* d'août comme suit :

1^{re} prime pour les gares, genre chalet, II^e et III^e classes : M. H. Flügel, à Bâle ;

2^e prime pour les gares principales, MM. Broillet et Wulffleff, à Fribourg ;

3^e prime pour les divers types : M. Ody et fils, à Genève.

MM. Broillet et Wulffleff ont été les architectes chargés des études définitives et de la construction, et MM. Ody,

15 m. de superficie, avec fosses et chariots électriques de 40 tonnes.

3 sous-stations électriques, la 4^{me} se fera à Bulle.

5 halles à marchandises séparées des bâtiments à voyageurs, et divers accessoires, ce qui représente en tout 35 bâtiments et 21 logements. Les planches et les photographies annexées représentent les bâtiments des stations de Châtel, Vaulruz, Grandvillard, Lessoc et Montbovon. Le nom de chacune se lit sur la photographie.

Eclairage, chauffage et installations mécaniques des gares.

L'éclairage électrique a, naturellement, été adopté partout ; le courant est dérivé de la ligne d'alimentation des voitures avec les précautions exigées pour l'introduction

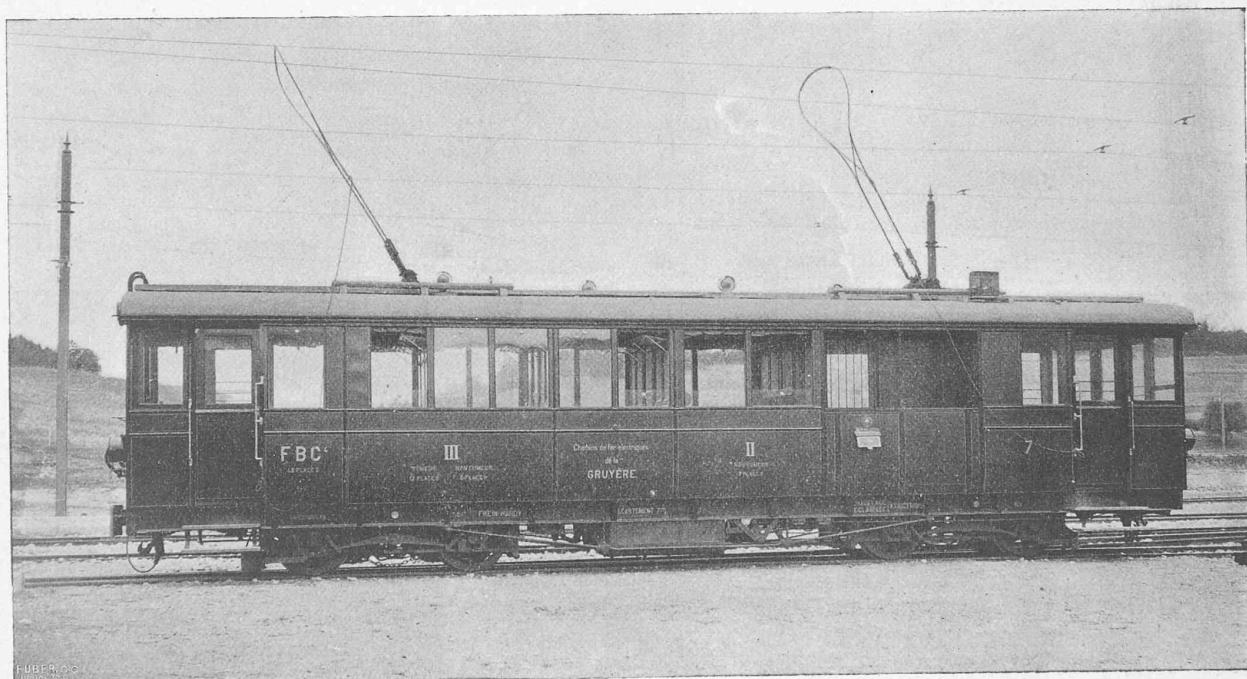


Fig. 49. — Voiture automotrice, type F B C4.

Gillard et Gurtner, les entrepreneurs des bâtiments. La partie *chalet* est spécialement l'œuvre de MM. Ody et fils, à Genève et Vaulruz. Les fondations se faisaient en même temps que l'infrastructure de la ligne. Les marchés ont été passés à *forfait*, sur la base de plans et de devis détaillés. Un chalet ordinaire a coûté 15 000 fr. sans les fondations.

Il a été construit de cette manière :

2 bâtiments de 1^{re} classe à Montbovon et Châtel-St-Denis ;

1 bâtiment de 2^e classe à Grandvillard (un 2^e était prévu à Gruyères) ;

9 bâtiments de 3^e classe pour le Châtel-Bulle-Montbovon et 2 pour le Châtel-Palézieux ;

2 maisons de garde-halte, du type de la Compagnie Jura-Simplon agrandi et modifié ;

8 haltes-abris ;

3 remises à voitures, qui mesurent environ 33 m. sur

d'une tension de 750 volts dans des immeubles. N'eût été le prix plus élevé, on aurait admis aussi le *chauffage électrique* ; momentanément du moins, le chauffage ordinaire a été préféré.

Téléphone de service : Au lieu du télégraphe, le téléphone est employé de gare en gare, et des gares aux sous-stations et aux dépôts, pour toutes transmissions de service. Toute l'installation est revenue à 430 fr. le kilomètre. Elle comprend 25 postes téléphoniques.

Chariots : Un chariot transbordeur de 10^m, 80, pouvant transporter un véhicule de 40 tonnes à une vitesse de 0^m, 50 par seconde, mû par un moteur électrique de 6 à 8 chevaux, existe à Châtel ainsi qu'à Montbovon, pour l'entrée et la sortie des dépôts. Ces engins ont été fournis par MM. Kern et Brulhardt, à Fribourg.

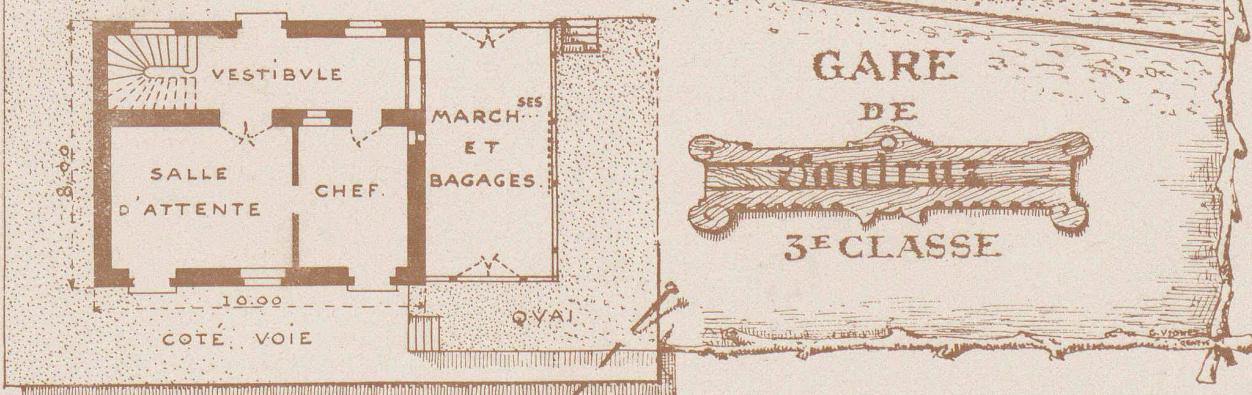
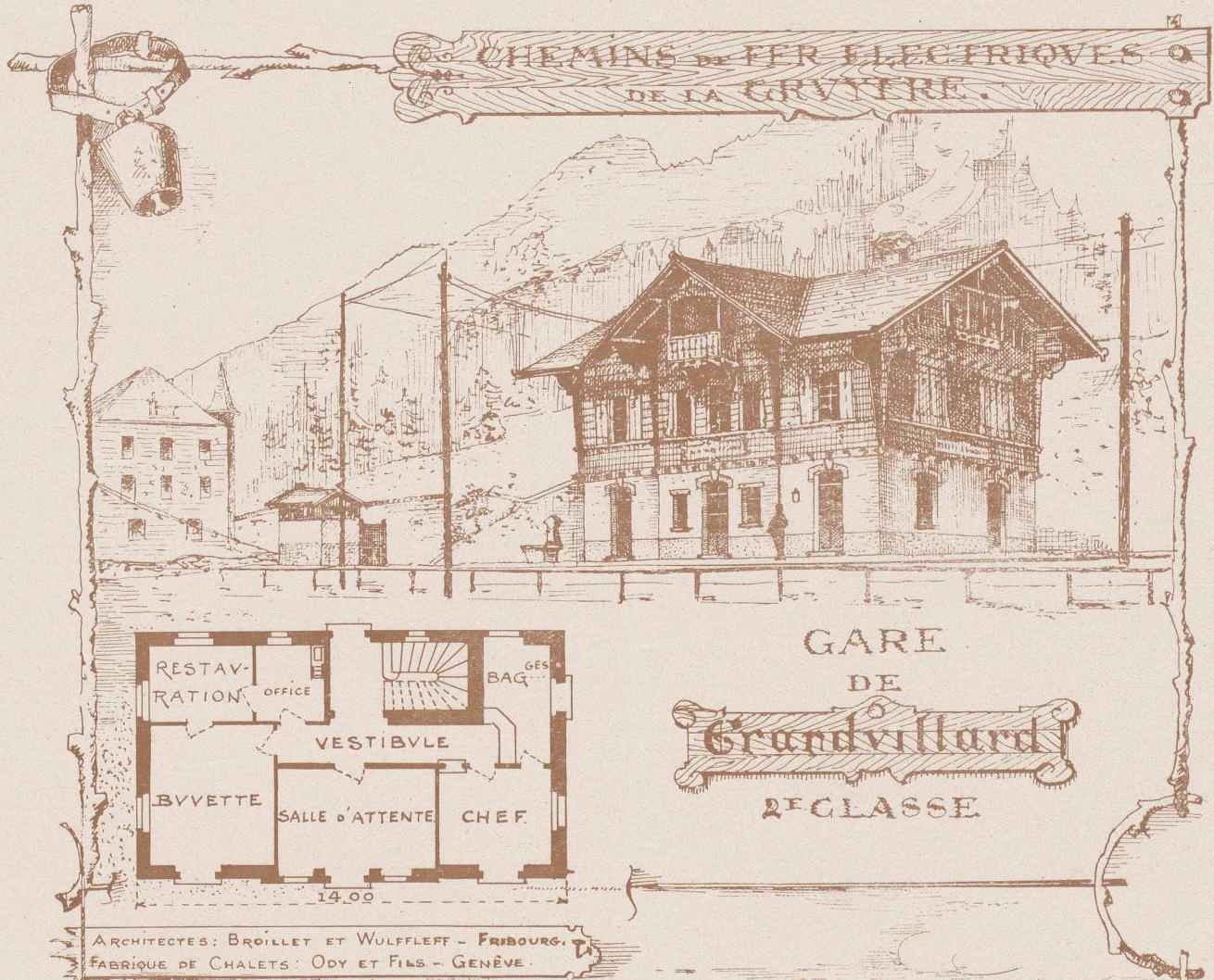
Signaux : La loi de 1899 sur les chemins de fer secondaires, voulant rendre à ces derniers la vie plus facile, leur



CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES DE LA GRUYÈRE. — PONT SUR L'HONGRIN.

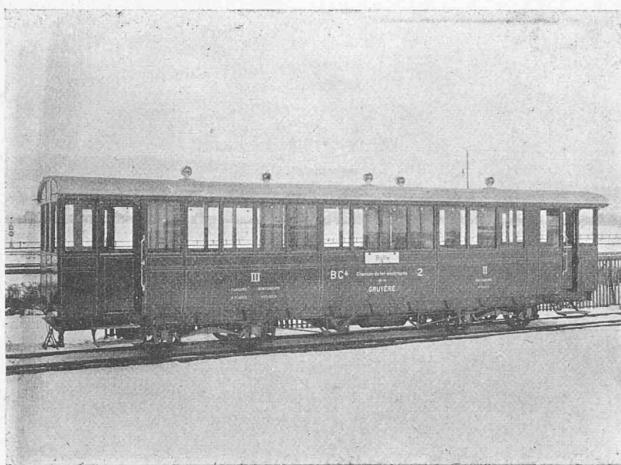
Seite / page

leer / vide /
blank



Seite / page

leer / vide /
blank

Fig. 20. — Voiture automotrice type B C⁴.

a accordé le droit de s'en tenir à des installations rudimentaires pour leur signaux. A part le téléphone employé pour obtenir la voie libre et communiquer d'une station quelconque à l'usine et aux autres stations, il ne paraît pas que d'autres signaux aient encore été placés. Il faudra pourtant des disques de protection aux *gares de jonction*, lorsqu'elles seront reliées à toutes les branches du réseau.

Les *clôtures* ont donné lieu à de réelles difficultés pour pouvoir appliquer à la fois les lois fédérale et cantonale sur les expropriations et celle sur les chemins de fer secondaires du 23 décembre 1899. Ces lois étaient difficiles à concilier, de plus, la population agricole de la Gruyère a la coutume de laisser *pâtruer* le bétail dans des enclos, sans employer de gardiens, et l'on clôture ainsi partout. La loi sur les chemins de fer secondaires permet de limiter les clôtures au cas où la sécurité de la ligne ou de la circulation sur les routes voisines l'exige, mais, en définitive, il a fallu clôturer presque partout. On a adopté la clôture à 3 fils avec pieux en chêne ou en branches de sapin. Sauf une seule exception (Estavannens), aucun passage à niveau n'est encore gardé et muni de barrières ; cependant les traversées de la route cantonale au sein des localités, à Bulle par exemple, en seront sans doute pourvues.

Matériel roulant. Les voitures vertes qui circulent aujourd'hui dans la *Gruyère* proviennent des ateliers de *Schlieren* ; toutefois la Compagnie a étudié et arrêté elle-même les

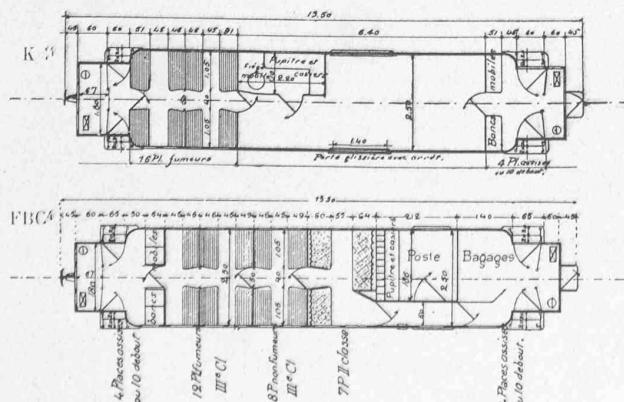
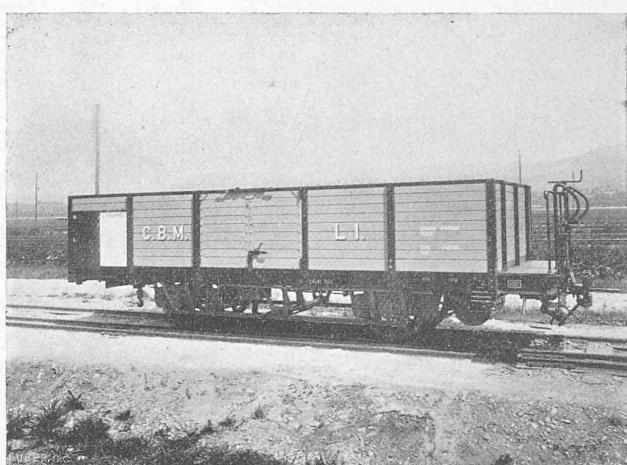
Fig. 21. — Plan de distribution d'une automotrice à marchandises, type K C⁴, et d'une automotrice à voyageurs, type F B C⁴.

Fig. 22. — Wagon à caisse, type L.

divers types de véhicules, dans leur disposition générale et leur distribution, tels qu'on les voit aujourd'hui. Elle a recherché la solidité, le confort, l'espace et beaucoup de lumière. Les photographies représentent deux genres différents de voitures automotrices : l'un (type F B C⁴) (fig. 19), avec compartiments pour la poste et les bagages, comprend 36 places de III^e classe et 7 de II^e, 1 postier et 2 employés. Le wagon a un couloir allant d'une extrémité à l'autre et aux wagons voisins. Tare du wagon : 21 tonnes. Puissance motrice : 4 moteurs de 35 chev. en marche normale, ou 50 au maximum chacun. Une autre photographie représente une voiture (type B C⁴) pour 58 voyageurs (fig. 20). Les voitures de remorque comprennent 40 places, en sorte qu'un train ordinaire peut transporter 138 voyageurs. Des fourgons à poste et bagages accompagnent les trains-poste directs. Le service à marchandises dispose de voitures automotrices (KC⁴) (fig. 21) transportant 5 tonnes de marchandises et 26 voyageurs de III^e classe, et de wagons type couvert (K), à caisses (L) (fig. 22) et à plateforme (M), à 10 tonnes de charge chacun. Il va sans dire que le parc du matériel a été d'abord limité aux premiers besoins du trafic, afin de profiter des expériences faites sur ce matériel et les conditions du trafic, avant de commander une plus grande quantité de véhicules.

La Compagnie a commencé avec un parc de 53 véhicules, dont 32 wagons à marchandises. Elle possède encore des petites voitures à 2 essieux, dont 2 sont équipées électriquement, fort utiles comme réserves ou comme renfort ou encore pour organiser un service local. Elle a prévu aussi des chasse-neige de 2 sortes : l'un adaptable à une des grandes automotrices ou à la locomotive à vapeur, l'autre fixé sur wagon-moteur à 2 essieux.

Les wagons à voyageurs sont chauffés et éclairés à l'électricité : le chauffage a deux radiateurs que l'on peut combiner de façon à faire 3 degrés ; l'éclairage comprend 4 groupes de 5 lampes, 150 volts en tension, plus une lampe tampon à fort ampérage pour parer aux à-coups de la tension, en particulier lorsque l'on charge la batterie.

Dans chaque cloison transversale se trouve une lampe de sûreté avec une bougie éclairant les deux compartiments.

Installations électriques.

1. L'énergie électrique.

L'énergie électrique nécessaire à la traction et aux services auxiliaires (ateliers, éclairage, chauffage, etc.) est fournie par l'usine hydro-électrique de *Montbovon* sous forme de courant triphasé à 8000 volts et 50 périodes par seconde, à l'entrée des trois usines transformatrices de *Semsales*, *Bulle* et *Albeuve*, ainsi réparties de manière à alimenter chacune sensiblement le tiers du parcours total.

Il y a deux lignes primaires formant boucle, de façon à pouvoir se suppléer au besoin et calculées pour fournir une puissance simultanée de 800 chev. L'une de ces lignes suit la Sarine et traverse la vallée, l'autre franchit le col de Lys et passe à *Semsales*; les deux se soudent à *Vuisternens* près de Romont.

L'Usine hydro-électrique de *Thusy-Hauterive* est reliée à ce réseau, à titre de réserve et pour parer à toute éventualité. De *Semsales* se détache la ligne qui alimente, à *Mézières*, les Chemins de fer du Jorat.

La sous-station de *Châtel-St-Denis*, réservée à la ligne *Palézieux-Châtel-St-Denis*, est alimentée par l'usine *Genoud frères*, comme on l'a vu précédemment. La mesure de l'énergie électrique absorbée est déterminée à l'aide de wattmètres placés à chaque sous-station sur le courant se-

condeaire continu, et par des lectures effectuées toutes les demi-heures, en tenant compte d'un coefficient de transformation entre les courants primaire et secondaire qu'on a évalué à 81 %. La Compagnie paie, d'après ces lectures, la *moyenne des maxima*, en attendant de pouvoir fixer un forfait annuel.

2. Usines transformatrices ou sous-stations.

Ces usines, de gais bâtiments, bien éclairés et bien aérés, renferment :

a) Deux groupes complets comportant chacun :

1 transformateur triphasé de 100 kw., 8000 : 500 volts;

1 moteur asynchrone pour courant alternatif: 110 amp. pour 500 volts;

1 dynamo pour courant continu (90 à 67 amp., 750 à 1000 volts), marchant à 750 volts normalement, pour atteindre 1000 volts lors de la charge de la batterie d'accumulateurs.

b) Dans un local ad-hoc, une batterie-tampon de 375 éléments de la Fabrique d'accumulateurs de Marly; sa capacité est de 115 ampères-heures.

c) Deux tableaux, l'un pour le courant secondaire alternatif, l'autre pour le continu, munis de tous les appareils de mesure, de contrôle et de sûreté nécessaires.

L'organisation du tableau permet aisément de grouper les deux groupes asynchrones entr'eux ou avec la batterie

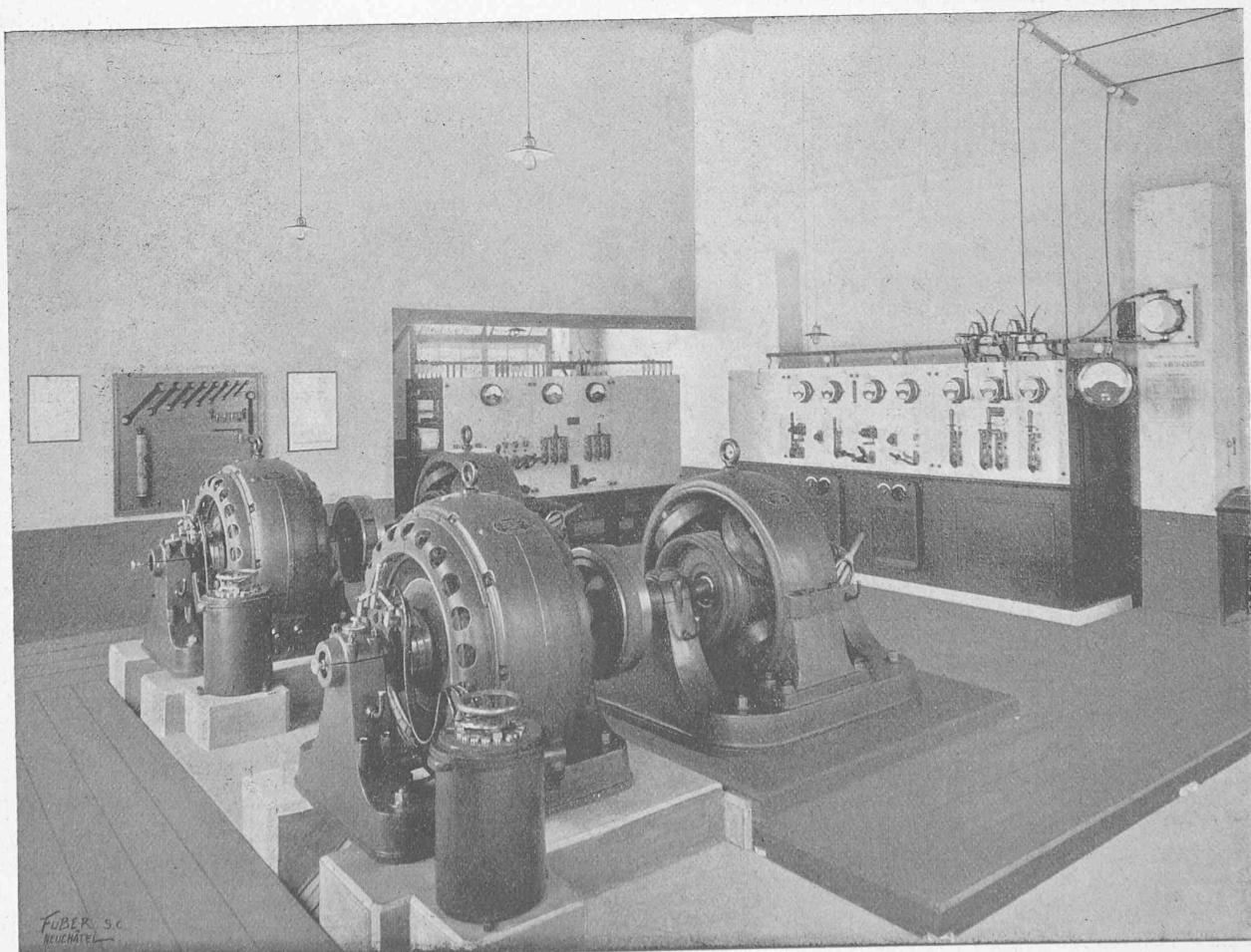


Fig. 23. — Intérieur d'usine transformatrice ou sous-station.

séparément, en observant attentivement le voltage au moment donné.

Aux essais, chaque groupe a prouvé qu'il remplissait les conditions du cahier des charges et fournissait les 70 kw. effectifs ainsi que les coefficients requis :

A pleine charge : Coefficient de rendement des transformateurs, 97 %;
Coefficient de rendement du moteur 90 %;
Coefficient de décalage du moteur $\cos \varphi = 0,88$;
Coefficient de rendement de la dynamo 90 %.

L'essai prévu de la surcharge au 33 %, pendant 1 heure au moins, n'a pas échauffé anormalement les groupes.

Les sous-stations de Bulle et de Semsales recevront plus tard, à la place réservée pour cela, un troisième groupe destiné : le premier au Bulle-Fribourg, le deuxième à renforcer la ligne de Châtel.

3. Conduites d'alimentation, de contact et de retour par les rails.

Bases du calcul : La détermination des dimensions des groupes, comme de la ligne en général, procède des conditions posées au cahier des charges et que voici, en résumé.

Le courant consommé par un train se calcule pour un convoi de 8 essieux, pesant 47 tonnes et gravissant à 20 km. à l'heure une rampe de 32 %, ou pour un train de 60 t. à une allure réduite (train de marchandises).

$$47 \text{ t. } (10 \text{ kg. } + 32) \cdot \frac{20}{270} = 146 \text{ chevaux.}$$

La résistance en palier et en courbe est évaluée, en moyenne, à 10 kg. par tonne. Égale à 15 kg. au début des essais, elle est descendue à 8 kg. environ après un certain temps de roulement. Elle est essentiellement variable.

L'horaire-type compte 7 trains réguliers dans chaque sens. Ce chiffre nous paraît un *minimum* en été.

La perte totale dans le circuit complet du secondaire ne doit pas excéder le 12 % en supposant trois trains chargés placés respectivement, par rapport à chacune des sous-stations, dans la position la plus défavorable, qui est la suivante : Deux trains s'approchent en sens inverse de la sous-station, sur les rampes les plus fortes, et le troisième train monte la plus forte rampe allant à la sous-station voisine.

A l'aide du profil en long, de l'horaire-type, du tracé de la caractéristique des moteurs de l'automotrice et des bases ci-dessus, l'on a déterminé les sections de cuivre et adopté les fils d'*alimentation* comme suit :

Entre Châtel et Semsales, distance 7,3 km. environ, 2 fils de 11 mm., $S = 253 \text{ mm}^2$.
» Semsales et Bulle, distance 13 km. environ, 1 fil de 9 mm., $S = 127 \text{ mm}^2$.
» Bulle et Albeuve, 13 km. environ, 1 fil de 8 mm., $S = 147 \text{ mm}^2$ et un fil de 6,7 mm.
» Albeuve et Montbovon, distance 4,7 km. environ, 1 fil de 6,7 mm., $S = 99 \text{ mm}^2$.

Les sections comprennent le fil de contact de 63 mm².

La ligne d'*alimentation* est en cuivre de haute conductibilité, fixé aux mêmes supports que la ligne aérienne.

La ligne de contact est en cuivre durci de 9 mm. de diamètre, présentant une résistance à la rupture de 40 kg. par mm². La suspension est élastique et partout isolée à double et même à triple de la terre : par les isolateurs de la suspension, par les isolateurs à boule des tendeurs et par les mâts de bois, relativement.

Les supports de la ligne aérienne : mâts avec consoles, doubles mâts avec haubans et tendeurs dans les courbes, tendeurs entre rosaces munies de sourdines dans les villages, soutiennent tout ensemble la ligne de contact, les fils d'alimentation et les deux fils du téléphone de service. (Voir fig. 3 la position relative de tous ces fils). Par contre, la ligne primaire ne suit qu'à grande distance celle du courant continu ou bien elle la traverse cinq fois avec les précautions d'usage.

Ligne de retour : La section des deux rails d'acier correspond à une section de cuivre 6 1/2 fois plus petite, pour la conductibilité, soit à 960 mm² environ. Tous les 200 m. les deux files de rails sont liées par un fil de cuivre soudé. L'éclissage électrique a été réalisé par le système dit du *Solid Copper bond*, représenté par les figures 6 et 7, et qui nous avait donné déjà de bons résultats au Châtel-Palézieux. Il comporte d'abord le rodage à l'émeri et l'amalgame des deux parties de rails à mettre en contact, puis une plaque de cuivre portant l'amalgame spécial, une feuille de tôle mince, et deux ressorts qui appliquent les surfaces amalgamées en s'épaulant contre l'éclisse du joint. La surface de contact est d'au moins 100 mm². Le système est bon, mais coûte assez cher et exige une exécution très soignée. On n'est pas encore fixé sur le coût d'entretien en grand.

Il n'y a pas eu lieu de prendre de précautions contre les effets d'électrolyse sur des canalisations voisines à eau ou à gaz.

Toutes choses étant prévues ainsi, la perte maximum par la ligne, retour compris, n'excède pas le 12 %.

Sectionnement de la ligne. L'alimentation est soudée tous les 400 m. au fil de contact. A chaque longueur de rouleau (1600 m. environ) devait être placé un poste de sectionnement permettant d'interrompre le courant dans les feeders et le fil de contact ou dans ce dernier seulement.

Archets. Chaque automotrice porte deux archets en aluminium, à ressorts antagonistes, permettant de changer la marche sans manœuvre spéciale. Cette disposition se prête le mieux aux vitesses assez considérables auxquelles l'on tend et elle évite les étincelles à la prise et au rail.

Charge des accumulateurs. Les trois batteries de 375 éléments, de Marly, ne servent pas de réserve, mais de batteries-tampon ; la tension moyenne de décharge étant de 750 volts, celle de la charge monte à 1050 volts ; il faut alors pousser le voltage des génératrices, ce qui ne laisse pas que d'avoir des inconvénients sur les moteurs et les lampes insérés dans le circuit. L'emploi d'un survolteur serait peut-être préférable.

Tableau N° 2.

ESSAIS DE TRACTION

Date de l'essai.	Composition des trains.		Nombre d'essieux.	Tonnage	Rampes %	Vitesses en km. à l'heure.	Automotrice.		HP à l'ar- chet.	OBSERVATIONS
	Auto- motrices	Remor- quées					Volts.	Ampè- res.		
1 ^{er} mai 1901 sur le Châtel-Palézieux, avec son matériel.	4	3	10	38.400	0	Démarrage	640	60	—	Dans une courbe de 100 m. de rayon. Parcours entre Palézieux et Châtel-St-Denis, soit 7 km., en 21 minutes. Vitesse moyenne: 20 km. à l'heure.
	"	"	"	"	27.8	20.4	600	90	—	
	"	"	"	"	25.4	15.—	560	120	—	
	"	"	"	"	5.0	23.4	620	90	—	
	"	"	"	"	23.3	20.4	595	115	—	
	"	"	"	"	9.0	26.4	660	80	—	
	"	"	"	"	4.9	"	670	80	—	
13 mars 1901.	4	2	8	37.000	0	Démarrage	730	60	59	Matériel du Châtel-Palézieux ayant peu roulé. Coefficient $R = 14$ à 15 kg. en palier. Parcours Palézieux-Châtel en 30 minutes. Vitesse moyenne: 14 km. à l'heure.
	"	"	"	"	0	19.00	750	40	41	
	"	"	"	"	25.4	8.40	660	95	85	
	"	"	"	"	24.5	20.5	640	140	121	
	"	"	"	"	9.7	28.—	720	94	92	
	"	"	"	"	32.0	15.—	705	160	153	
	"	"	"	"	30.5	21.—	700	150	143	
13 mars 1901.	4	—	4	26.5	0	Démarrage	675	60	55	Matériel du Châtel-Palézieux. Parcours Châtel-Palézieux en 22 minutes. Vitesse moyenne: 19,9 km. à l'heure.
	"	"	"	"	0	14.0	690	32	30	
	"	"	"	"	9.7	28.—	665	85	77	
	"	"	"	"	32.0	20.5	650	140	122	
15 mai 1901.	4	1	6	43.00	0	22.00	700	80	76	Matériel Châtel-Palézieux. Parcours Châtel-Palézieux en 22 minutes. Vitesse moyenne: 19,9 km. à l'heure.
	"	"	"	"	29.5	21.—	596	127	103	
	"	"	"	"	0	Démarrage	700	85	81	
	"	"	"	"	4.0	33.—	682	105	97	
	"	"	"	"	32.0	24.—	665	165	149	
27 février 1903.	4	—	4	22.5	—	36.200	—	—	—	Matériel de la Gruyère. Parcours Châtel-Semsales, 6150 m., en 10 min. et 10 sec.; vit. moy. 36,3 km. à l'h.
27 février 1903.	1	3	10	61.55	32.0	19.100	730	485	180	Matériel de la Gruyère.
28 février 1903.	4	3	10	59.00	32.0	20.55	770	485	193	Matériel de la Gruyère. Parcours Châtel-Verrerie, 7800 m., en 19 minutes. Vit. moy. 24,8 km. à l'h. Retour en 17 min. 30 sec. Vit. moy. 26,8 km. à l'h.
28 février 1903.	4	2	8	49.7	32.0	25.—	735	198	198	Matériel de la Gruyère. Parcours Châtel-Verrerie en 16 1/2 min. Vitesse moyenne 28,4 km. à l'heure. Retour 15 min. Vit. moy. 31,2 km. à l'h.
17 mars 1903.	3	—	12	59.5	30.0	45	680	195	—	Matériel de la Gruyère. Deux automotrices remorquées. Parcours Châtel-Verrerie en 22 minutes. Vitesse moyenne 21,3 km.
	"	"	"	"	21.0	46	680	190	—	
	"	"	"	"	32.0	45	680	195	—	
	"	"	"	"	Démarrage en série.	710	470	—	—	

Equipement électrique d'automotrice. Il comprend quatre moteurs, système *Alioth*, à carcasse fermée, d'une puissance normale de 35-40 chevaux, pouvant aller au delà pour un instant; ceux-ci sont logés dans un écartement de 1^m,80 entre essieux, deux par deux, roulés à 375 volts; les controllers série-parallèle, les connexions, les appareils de sûreté et de mesure sont disposés pour conduire la voiture depuis chaque extrémité.

L'équipement comporte enfin l'installation d'éclairage et de chauffage électrique de tous les véhicules, les disques ou lanternes signaux y compris. Chaque groupe de cinq lampes à 150 volts est relié à une lampe-tampon, comme on l'a vu plus haut.

Freins. L'électricité sert de deux manières. D'abord par les trois touches du controller, qui ferment le circuit des moteurs fonctionnant comme dynamos sur des résistances: c'est le frein d'usage courant sur l'automotrice. Ensuite une pompe mue électriquement par un petit moteur Siemens met en action les freins *Hardy*, sur tout

le convoi simultanément. Ce mécanisme est malheureusement cause d'un bruit qui a été souvent critiqué, mais il réalise parfaitement son office: le freinage, en imprimant aux sabots une pression atteignant le 50 % du poids du train chargé ou le 90 %, au moins, du train vide.

L'installation électrique tout entière a été adjugée, à *forfait*, par le Comité de la Compagnie, à la Société *Alioth*. Nous sommes redevable à cette dernière de quelques-unes des photographies qui agrémentent ce texte aride.

CAPITAL DE CONSTRUCTION

La constitution de la Compagnie du Châtel-Palézieux a eu lieu à l'Assemblée générale de ses actionnaires, le 6 novembre 1899, avec un *capital-actions* de 420 000 fr., dont la presque totalité fut souscrite par l'Etat et les communes intéressées; la Banque d'Etat avançait l'emprunt nécessaire pour parfaire la dépense. Selon la statistique, celle-ci s'élève à 778 065 fr., le matériel roulant compris, soit, *par kilomètre*, 111 152 fr.

Tableau N° 3.

CONDITIONS D'EXPLOITATION

LIGNES	Distances en kilomètres.	Nombre de transborde- ments.	Déclivité maximum.	Durée de parcours.	COUT DES TRANSPORTS				OBSERVATIONS
					pour un voyage en II ^e classe.	pour un voyage en III ^e classe.	pour un wagon de 10 t. Sciages.	Vin.	
1. Trajet Vevey-Bulle-Montbovon :									
Vevey-Châtel	41.—	1	50 %/oo	0 h. 40 m. 0 h. 40 m.	1.80	4.10	22.—	44.—	On a prévu, en règle générale, une durée de 40 minutes pour chaque transbordement.
Châtel-Bulle-Montbovon	37.—	—	32 %/oo	1 h. 36 m.	4.40	2.95	29.—	56.—	
2. Trajet Vevey-Jaman-Montbovon :									
Vevey-Chamby	9.—	1	50 %/oo	0 h. 37 m. 0 h. 10 m.	4.45	0.90	18.—	36.—	† 57 selon le tarif général. Tarifs selon la concession.
Chamby-Montbovon (direct)	16.—	—	67 %/oo	0 h. 49 m.	4.90	2.80	—.—	—.—	
3. Trajet Montreux-Jaman-Spiez :									
Montreux-Montbovon	23.—	—	67 %/oo	1 h. 36 m.	6.35	3.70	—.—	—.—	Tarif général.
Montbovon-Zweisimmen	38.—	—	40 %/oo	1 h. 43 m. 1 h. 54 m. 0 h. 10 m.	6.40	3.50	35.— †	93.—	
Zweisimmen-Spiez	36.—	1	25 %/oo	1 h. 24 m.	7.60	3.80	76.—	152.—	Tarif général.
4. Trajet Vevey-Bulle-Spiez :									
Vevey-Bulle-Montbovon	48.—	1	50 %/oo	2 h. 26 m.	5.90	4.05	51.—	100.—	Tarif général.
Montbovon-Zweisimmen	38.—	4	40 %/oo	2 h. 04 m.	7.60	3.80	76.—	152.—	
Zweisimmen-Spiez	36.—	—	25 %/oo	1 h. 24 m.	3.60	2.55	37.—	83.—	Tarif général.
5. Trajet Montreux-Lausanne-Spiez :									
Tout à voie normale	122.—	2	—	5 h. 54 m.	17.10	10.40	164.—	335.—	Tarif général.
6. Trajet Montreux-Chexbres-Spiez :									
Par le Vevey-Chexbres	168.—	2	20 %/oo	4 h. 36 m.	12.15	8.65	94.—	225.—	Tarif général.
7. Trajet Palézieux-Montbovon :									
Par les électriques, Ch. d. f. de la Gruyère .	44.—	—	32 %/oo	1 h. 55 m.	4.85	3.55	32.—	66.—	Tarif général.
8. Trajet Palézieux-Montbovon :									
Palézieux-Bulle, via Romont	39.—	2	—	1 h. 09 m. 0 h. 28 m.	3.10	2.30	52.—	108.—	Tarif général.
Bulle-Montbovon, Ch. de fer de la Gruyère .	17.—	—	30 %/oo	0 h. 45 m.	1.90	1.40	14.—	27.—	
	56.—	2	—	2 h. 22 m.	5.—	3.70	66.—	135.—	

La constitution financière de la *Compagnie Châtel-Bulle-Montbovon* a eu lieu par gradation successive, allant du *routier* (novembre 1888) au chemin de fer indépendant, (juillet 1899) et au dit augmenté de diverses améliorations et extensions décidées en cours d'exécution (10 juillet 1902). A cette dernière date, le *capital-actions* était de Fr. 2 610 000 et l'emprunt par obligations prévu à . . . » 1 800 000

Soit au total Fr. 4 410 000 sur lesquels figurent : l'Etat pour 1 300 000 fr., et les Communes pour 800 000 fr. environ.

Le compte de construction étant encore ouvert et le tronçon de Bulle inexécuté, il n'est pas possible de fixer le montant de la dépense réelle. Notre devis, augmenté des extensions décidées en cours d'exécution, portait au 1^{er} mars 1902 :

Frais généraux et intérêts.	Fr. 227 370
Expropriations	371 130
Etablissement de la ligne (par km. 62 225 fr.)	2 489 000
Traction électrique	856 200
Matériel roulant	355 450
Mobilier et ustensiles	55 000
Imprévu (ne portant plus sur l'ensemble)	35 850
	Fr. 4 390 000
ou par kilomètre.	115 230

La ligne Châtel-Bulle-Montbovon comporte, il ne faut pas l'oublier, trois gares terminus très coûteuses : *Châtel*, *Bulle* et *Montbovon*, dont toute la dépense figure à ce devis.

Au point de vue administratif, la haute main appartient dès le début aux organes de l'Etat ; l'éloquence des chiffres est là pour l'expliquer, et c'est sous la haute direction des Conseils de la Compagnie, comprenant notamment MM. les Conseillers d'Etat *Théraulaz*, *Python* et *Cardinaux*, qu'ont eu lieu la constitution des deux Compagnies et la réalisation pratique de leurs projets.

Exploitation. Ouvert le 29 avril 1901, le tronçon *Châtel-Palézieux* a « vivoté » jusqu'au jour où il a reçu le trafic assez important dont nous avons parlé, de la *Verrerie de Semsales*. Dès l'ouverture du tronçon *Châtel-Vuadens* (23 juillet 1903) et la fusion, l'amélioration a continué ; elle fera encore un *crescendo* sensible le jour où l'automotrice ira librement de Palézieux ou de Vevey à Montbovon, et où l'on aura organisé un service *direct* avec le grand réseau, brisant ainsi toutes les entraves dont le commerce souffre aujourd'hui.

Nous terminons par un tableau comparatif des conditions d'exploitation où vont se trouver les lignes fusionnées de la Gruyère avec leurs voisines concurrentes ou abouissantes.

Il ressort assez clairement de ce tableau que, si l'afflux des touristes, notamment le courant Brünig-Oberland-Montreux, sera certainement acquis aux voies électriques tendant au Léman, en revanche le trafic commercial en transit restera au grand réseau des Chemins de fer fédéraux.

MM. les ingénieurs *Pazziani*, *Jambé*, *Junod*, anciens élèves de l'Ecole d'Ingénieurs de Lausanne, et MM. *Chav*

vannes, *Andrey* et *Cretton*, conducteurs de travaux, ont collaboré principalement aux études, au piquetage et à la conduite des travaux de toute nature ; plusieurs élèves de l'Ecole d'Ingénieurs ont trouvé là l'occasion de faire leurs débuts de techniciens durant leurs vacances.

Application de la statique graphique aux systèmes de l'espace.

Par M. B. MAYOR,
ingénieur et professeur.

*(Suite)*¹.

CHAPITRE V

Les chaînes funiculaires.

69. Dans une note déjà citée et nécessairement très résumée, j'ai montré qu'il était possible d'étendre, à l'espace, la notion de polygone funiculaire dont l'extrême importance en statique graphique n'est plus à démontrer. Il suffit, pour atteindre ce but, d'envisager simultanément un ensemble de systèmes de forces, puis de faire jouer à chacun de ces systèmes, considéré comme formant un élément bien déterminé, un rôle analogue à celui que joue toute force faisant partie d'un ensemble plan. On est conduit ainsi à une configuration géométrique qu'il est naturel de désigner sous le nom de *chaîne funiculaire* et dont nous allons indiquer le mode de formation et les propriétés essentielles.

70. Deux résultats préliminaires et d'ailleurs très simples nous seront indispensables.

Nous avons vu qu'un système de forces (*F*) est entièrement défini lorsqu'on connaît son complexe d'action (Γ), ainsi que le sens et l'intensité de sa résultante générale *R*. En faisant donc usage du procédé général de la statique graphique, on pourra le représenter dans l'espace à l'aide de deux figures constituées, l'une par ce complexe (Γ), l'autre par un vecteur d'origine arbitraire, mais ayant même intensité, même direction et même sens que *R*.

Imaginons alors que, le système (*F*) étant ainsi représenté, on veuille le décomposer en deux systèmes (F_1) et (F_2) admettant des complexes d'action choisis à l'avance (Γ_1) et (Γ_2). Il résulte d'un théorème général, démontré au paragraphe 2, que, pour que cette décomposition soit possible, il faut et il suffit que les trois complexes (Γ), (Γ_1) et (Γ_2) appartiennent à un même système à deux termes, ou, ce qui revient au même, qu'ils aient en commun une même congruence linéaire (*C*). Si, d'ailleurs, cette condition est vérifiée, la décomposition n'est possible que d'une seule manière et on peut toujours l'opérer à l'aide d'un procédé très simple que nous allons indiquer.

¹ Voir N° du 25 janvier 1904, page 75. — Article publié à l'occasion du cinquantième anniversaire de la fondation de l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne. (Voir la *Note de la Rédaction*, page 104.)