

Titre : Les chemins de fer de montagne de la Suisse jusqu'en 1900. I. Chemins de fer funiculaires avec tous les profils en long, les tableaux des renseignements principaux et des résultats de l'exploitation

Auteur : Strub, Emile

Mots-clés : Chemins de fer de montagne*Suisse*19e siècle

Description : 1 vol. (77 p.-[2 pl. depl. ; 8 pl.]) ; 30 cm

Adresse : Paris : Liège : Ch. Béranger, 1901

Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 4 Le 282

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?4LE282>

4° Le 282

LES CHEMINS DE FER DE MONTAGNE DE LA SUISSE

jusqu'en 1900.

I. CHEMINS DE FER FUNICULAIRES

PAR

E. STRUB

INGÉNIEUR à CLARENS-MONTRÉUX.

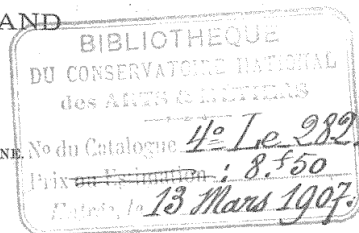
AVEC TOUS LES PROFILS EN LONG, LES TABLEAUX DES RENSEIGNEMENTS PRINCIPAUX
ET DES RÉSULTATS DE L'EXPLOITATION; 61 FIGURES DANS LE TEXTE ET 8 PLANCHES EN AUTOTYPÉ.

TRADUIT DE L'ALLEMAND

PAR

F. SCHÜLE

INGÉNIEUR ET PROFESSEUR À LAUSANNE.



PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE
CH. BÉRANGER, ÉDITEUR
SUCCESSEUR DE BAUDRY ET C^{ie}
15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE
CH. BÉRANGER, ÉDITEUR
SUCCESSEUR DE BAUDRY ET C^{ie}
21, RUE DE LA REGENCE, 21

1901.

Imprimerie de Charles Ritter à Wiesbaden.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Préface du traducteur.

Les hommes très occupés ont rarement les loisirs et éprouvent peu le besoin de faire connaître par une publication, les fruits de leur longue et précieuse expérience. M. l'Ingénieur Strub fait exception à cette règle; ayant dès les débuts pris une part active à la construction des chemins de fer de montagne en Suisse, ainsi qu'à leur contrôle et à leur entretien, il est heureux qu'il ait bien voulu condenser dans le présent ouvrage les résultats et les conseils de sa longue pratique, décrire et comparer de nombreuses installations qu'il connaît dans tous leurs détails. L'ingénieur trouvera donc dans cet ouvrage, non seulement le renseignement ou le détail qu'il cherche, mais encore l'appréciation d'un ingénieur expérimenté. A ce titre l'ouvrage de M. Strub méritait de n'être pas seulement mis à la portée des lecteurs connaissant l'allemand; il rendra aussi, nous l'espérons, d'excellents services au public technique de langue française.

F. Schüle, prof.

Table des matières.

	Page
Préface du traducteur	3
Introduction	7
I. Chemins de fer funiculaires.	
Développement historique	9
Système de traction	14
Tracé et profil en long	23
Infrastructure	31
Voie	34
Câbles	41
Ordonnance concernant les câbles	45
Instruction pour l'attache des câbles	48
Description et résultats des essais d'un câble métallique	49
Voitures	53
Freins des lignes à traction par contrepoids d'eau	54
Freins des voitures des lignes à traction par moteurs	58
Installations mécaniques	65
Installation des signaux	73
Bâtiments des stations	75
Tableaux des renseignements principaux	
des lignes à traction par contrepoids d'eau	16
des lignes à traction par moteurs	20
Tableau statistique des résultats de l'exploitation	76

Introduction.

Le présent travail est destiné en premier lieu aux spécialistes; son but est de leur présenter, sous une forme concise, tous les éléments essentiels du développement des chemins de fer de montagne en Suisse et de leur faciliter l'étude de leur construction par une vue d'ensemble des progrès réalisés depuis les débuts jusqu'à ce jour.

Avec les perfectionnements incessants et d'une succession rapide qui concernent ce domaine, il devient toujours plus difficile de le dominer; les renseignements qui sont sous la main sont insuffisants et les ouvrages spéciaux qui guideraient dans les recherches font défaut. C'est pour ces motifs que cet ouvrage a vu le jour; il condense des données et des résultats, en vue de fournir dans chaque cas, si possible, le renseignement désiré.

Toutefois il ne sera peut être pas sans intérêt, même pour celui qui n'est pas spécialiste, d'apprendre à connaître le travail intellectuel, d'un genre particulier, qu'ont provoqué le développement des grandes lignes de chemins de fer et celui moins important il est vrai, des lignes locales ou de luxe, dus à la transformation de notre culture et des conditions économiques de la vie sociale. Les nations y ont gagné un immense accroissement de richesse, d'agrément de la vie, de sécurité, de ressources pour les relations industrielles et sociales, ainsi que de puissance politique; l'essor d'une nouvelle vie intellectuelle pénètre des villes trop peuplées dans la campagne et atteint les régions alpestres vouées auparavant à l'isolement complet. Si la technique, science purement pratique, ne produit pas une vie intellectuelle plus élevée, elle est un facteur de celle-ci. Cette science a facilité à l'industriel son travail primitif et monotone, par des machines aux mille formes diverses; elle a offert à l'agriculteur qui en était réduit à ses propres produits, un choix varié d'articles de l'industrie; en échange, elle alimente les villes toujours nécessiteuses, du superflu de l'agriculteur et crée de cette façon un bien-être plus stable et les loisirs qui en dérivent, pour des recherches plus idéales. Un but plus élevé de cette science a été d'offrir à l'homme le moyen de satisfaire sa soif de savoir; en perçant les montagnes il réunit des nations, prend une part plus intime à leur genre de vie particulier ou est à même d'exercer une saine critique comparative; en pénétrant dans les profondeurs du sol, il met au jour sa richesse en minéraux et complète la connaissance des conditions d'existence de notre planète. C'est à la vitesse de l'éclair que les événements importants sont propagés autour de la terre et les sciences d'application, fondées sur une base solide exerceront, par leur extension, une action tranquillissante et éducatrice sur les hommes, parce qu'elles seront intimement liées à tous leurs intérêts; elles contribueront à supprimer les périodes troublées d'engourdissement et de réaction politique ou religieuse.

C'est à un domaine plus restreint que s'applique la technique des chemins de fer de montagne, branche modeste des sciences appliquées, peu influencée par les besoins d'un trafic intense et d'un but bien différent.

La création d'un réseau très étendu de lignes alpestres, absorbant des sommes considérables, a exercé dans les régions desservies une influence modificatrice indéniable; toutefois il faut reconnaître que cette création n'est pas due à la considération des intérêts de populations clairsemées. Les chemins de fer de montagne ont leur origine dans le

besoin profondément ressenti en notre temps, d'augmenter les aises de l'individu et de le délasser. Les conditions actuelles de l'existence de l'homme font mieux comprendre l'énorme migration des peuples qui chaque année a lieu des villes à la campagne, que la recherche artistique des beautés de la nature. Les lignes de montagne facilitent la marche de ce courant; du printemps à l'automne une foule grandissante de gens fatigués par les affaires et par les devoirs de société, éprouve, pendant ses vacances, les bienfaits d'une vie simple et naturelle. Pénétré de la beauté de la nature qu'il peut contempler dans ses multiples aspects, maint voyageur apprendra à ne pas se considérer lui-même comme un problème trop important et cette pensée contribuera à dissiper son malaise. Il reprendra des forces et se sentira encouragé à se vouer avec plus d'activité à ses devoirs. Quant à l'artisan des lignes de montagne, pionnier pénétrant dans les vallées des Alpes les plus reculées, jusqu'aux régions arides du silence perpétuel où la glace et la neige se jouent du changement des saisons et où l'isolement s'harmonise avec les gigantesques formations de montagnes, il éprouvera la satisfaction élevée de lutter avec les dangers de cette nature sauvage; il apprendra à la connaître belle et grandiose, mais aussi terrible et dangereuse et à en saisir l'ensemble par ses effets.

Une conquête de notre siècle a été de capter les forces de la terre; la chaleur accumulée a été transformée en travail mécanique; la houille a rendu sa chaleur primitive pour qu'elle soit de nouveau active comme force et comme travail; la vapeur disciplinée a permis de distribuer la force et d'améliorer les moyens de transport; vers quel but conduira cette utilisation toujours plus intense des forces de la terre? Comme tout progrès humain, celui-ci aussi aura son terme. Les exigences du développement futur des chemins de fer absorberont les capacités de l'ingénieur dans une mesure plus grande encore que jusqu'ici, car la multiplicité des intérêts dont les voies ferrées sont le lien ne cesse d'augmenter. C'est là une pensée qui doit rester présente à l'esprit de tous ceux qui veulent leur activité aux chemins de fer.

A la création du réseau des voies ferrées, les lignes importantes suivirent les grandes vallées qui ont toujours attiré le courant du commerce, soit par la régularité de leur disposition, soit par d'autres causes favorables. Avec le développement de ce réseau, d'autres lignes se ramifièrent autour de ces artères principales, s'élevant dans les vallées latérales aux nombreux contours, gravissant des sommets, traversant des cols ou perçant les remparts des montagnes. L'adhérence entre les roues motrices des locomotives et les rails, c'est à dire le frottement nécessaire à la traction du train, ne suffit bientôt plus sur les fortes rampes, en sorte que les machines usuelles se montrèrent hors d'état de faire avancer la charge à laquelle elles se trouvaient attelées. Les ingénieurs cherchèrent à vaincre cette difficulté en augmentant le poids de la locomotive, en l'appropriant mieux aux conditions de tracé de la ligne, ou par l'emploi d'un rail intermédiaire lisse. Il restait un pas à faire pour passer de ce rail médian au rail muni de dents; ce pas conduisit à la solution seule pratique aujourd'hui, à la crémaillère.

Les lignes funiculaires furent employées pour gravir des hauteurs relativement petites; les grandes différences d'altitude furent franchies à l'aide des chemins de fer à crémaillère; dans certains cas, pour la traversée de chaînes de montagne, de parties élevées séparées par des côtes ou des terrains plutôt plats, c'est à un système mixte à adhérence et à crémaillère que l'on eût recours. C'est cette division des chemins de fer de montagnes que nous allons suivre.

I. Chemins de fer funiculaires.

Développement historique.

Dans la plupart des cas où il s'agit d'innover, on voit au début les genres de construction les plus divers; c'est aussi ce qui s'est produit pour les chemins de fer funiculaires qui diffèrent notablement entr'eux. En utilisant par un travail incessant les expériences acquises, en perfectionnant les systèmes connus, en tirant un bon parti des faits anormaux survenus dans l'exploitation, on arriva de proche en proche aux constructions actuelles qui sont presque sans défaut. Accompagnés des prescriptions précises et des inspections de l'autorité de contrôle, ces types garantissent une sécurité d'exploitation dépassant certainement celle des lignes à adhérence, pour autant qu'une comparaison est possible.

Ce degré exceptionnel de sécurité est dû essentiellement à la résistance éprouvée du câble, à la faible vitesse de marche, à des freins de confiance, à une exploitation simple, enfin à l'installation de la voie: de faible longueur, d'une construction robuste et d'un entretien facile. Ces conditions favorables et la facilité d'obtenir des concessions ont été pour une large part dans la grande extension des lignes funiculaires. Il faut mentionner en outre leur rendement économique favorable, les minimes dépenses de construction et d'exploitation et les avantages particuliers des modes de traction adoptés: ni funée, ni vapeur, une marche tranquille et sans bruit. Nous citerons comme preuve de ce qui précède le fait que, depuis 23 ans, époque où fut construit le premier funiculaire, à Lausanne, 27 lignes ont été créées en Suisse; aucun accident grave n'est survenu sur ces chemins de fer et quatre d'entr'eux seulement ne donnent pas un rendement satisfaisant. Les funiculaires se laissent relativement bien adapter au terrain; en Suisse ils franchissent des hauteurs de 30 à 1400 m et relient des localités, des stations de chemin de fer et de bateaux à vapeur à des stations d'été plus élevées ou à des points de vue ou bien aussi les quartiers d'une ville montueuse; presque chaque fois une partie de la ligne a exigé une construction spéciale. Dans tous les cas, les chemins de fer funiculaires ont le système de traction le plus simple, celui de l'action directe du câble; la voiture descendante tire la voiture montante; la force motrice est un contrepoids d'eau ou un moteur actionnant le câble dans un sens et dans l'autre, par l'intermédiaire d'une ou plusieurs poulies motrices sur lesquelles le câble est convenablement enroulé. A l'étranger les installations destinées à franchir de fortes rampes par des chemins de fer funiculaires sont plus anciennes qu'en Suisse; il y a plus de 30 ans que ce système fut appliqué à des lignes à voie normale, sur des tronçons à forte rampe, ainsi à Elberfeld, à Liège etc. Peu à peu la traction par câble fut remplacée par celle de la locomotive; toutefois plus tard on introduisit un mode différent de traction par câble, ainsi à Madère et près de Turin (système Agudio). Citons parmi les lignes étrangères: le funiculaire d'Ofen, datant de 1869, à rampe de 62% et de 80 m de longueur horizontale; le chemin de fer funiculaire du

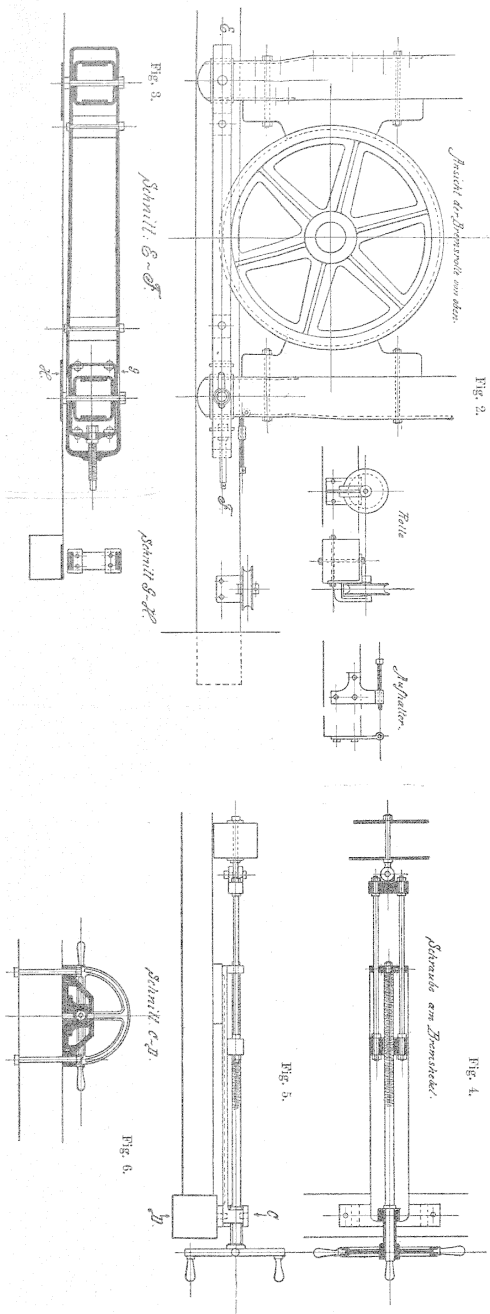
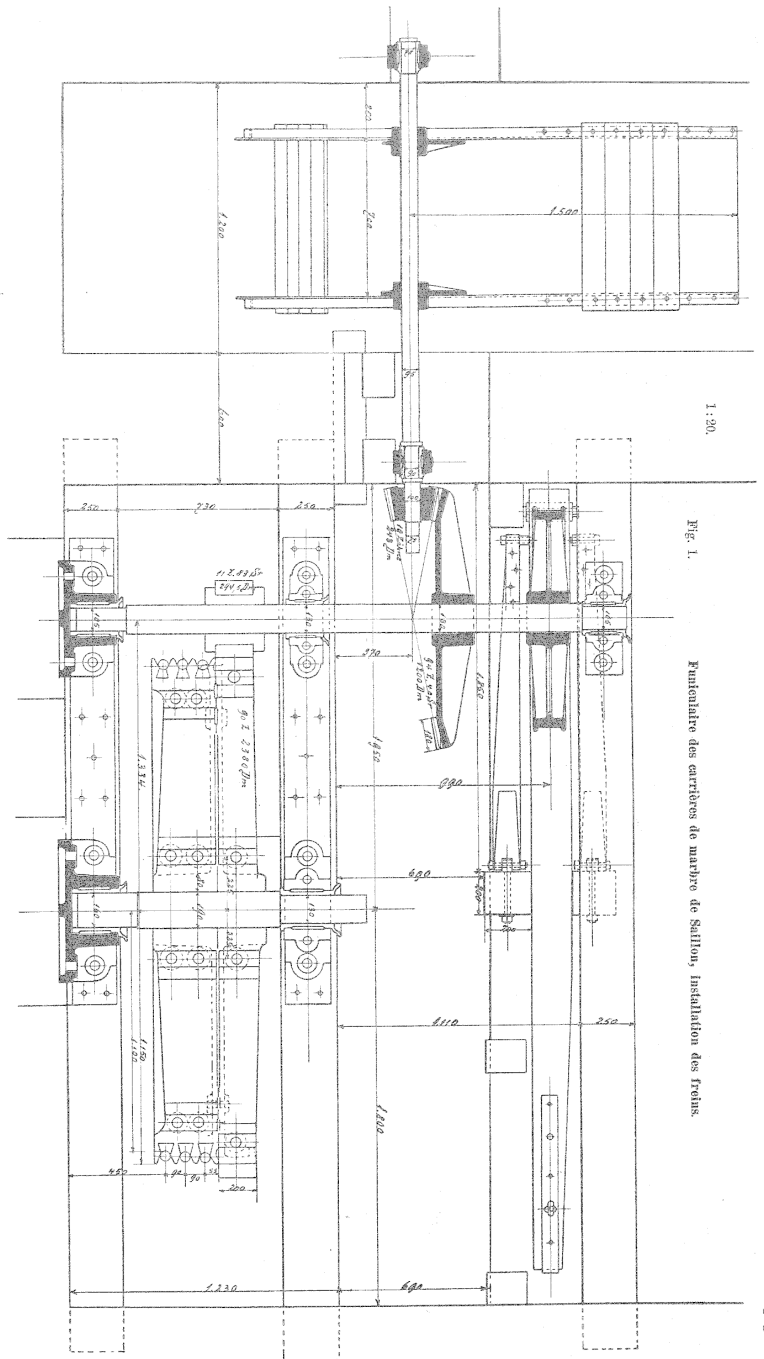
Leopoldsberg près de Vienne construit en 1873, de 725 m de longueur et à rampe de 34 %; le funiculaire de la Croix-Rousse à Lyon ouvert en 1876, de 489 m de longueur et de 16 % de rampe; le funiculaire de Pittsburg en Amérique ouvert en 1879, de 192 m de longueur et de 58 % de rampe; enfin la ligne du Vésuve, datant de 1880, de 820 m de longueur et de 66 % de rampe. Ces cinq chemins de fer n'ont pas de crémaillère; la traction se fait par des moteurs à vapeur; à Ofen et au Vésuve le moteur est à la station inférieure, dans les autres lignes il est à la station supérieure; le câble s'enroule et se déroule sur les tambours alors qu'en Suisse il court sur les poulies. Le câble a trouvé un nouvel emploi à l'étranger pour la traction des tramways dans les villes et en quelques cas pour la traction de lignes aériennes.

En Suisse les chemins de fer funiculaires ont atteint un développement plus complet que dans tout autre pays. Leurs constructions éprouvées sont toujours mieux appréciées à l'étranger. Nous comptons aujourd'hui plus de 40 installations dans les différents pays, livrées par les établissements suivants, tous trois remarquablement dirigés: la fabrique de machines, aujourd'hui Fonderie de Berne, la fabrique de machines Bell et Cie à Kriens et la Fabriques de locomotives de Winterthur; chacun d'eux a produit et fournit encore du nouveau et de l'excellent dans ce domaine.

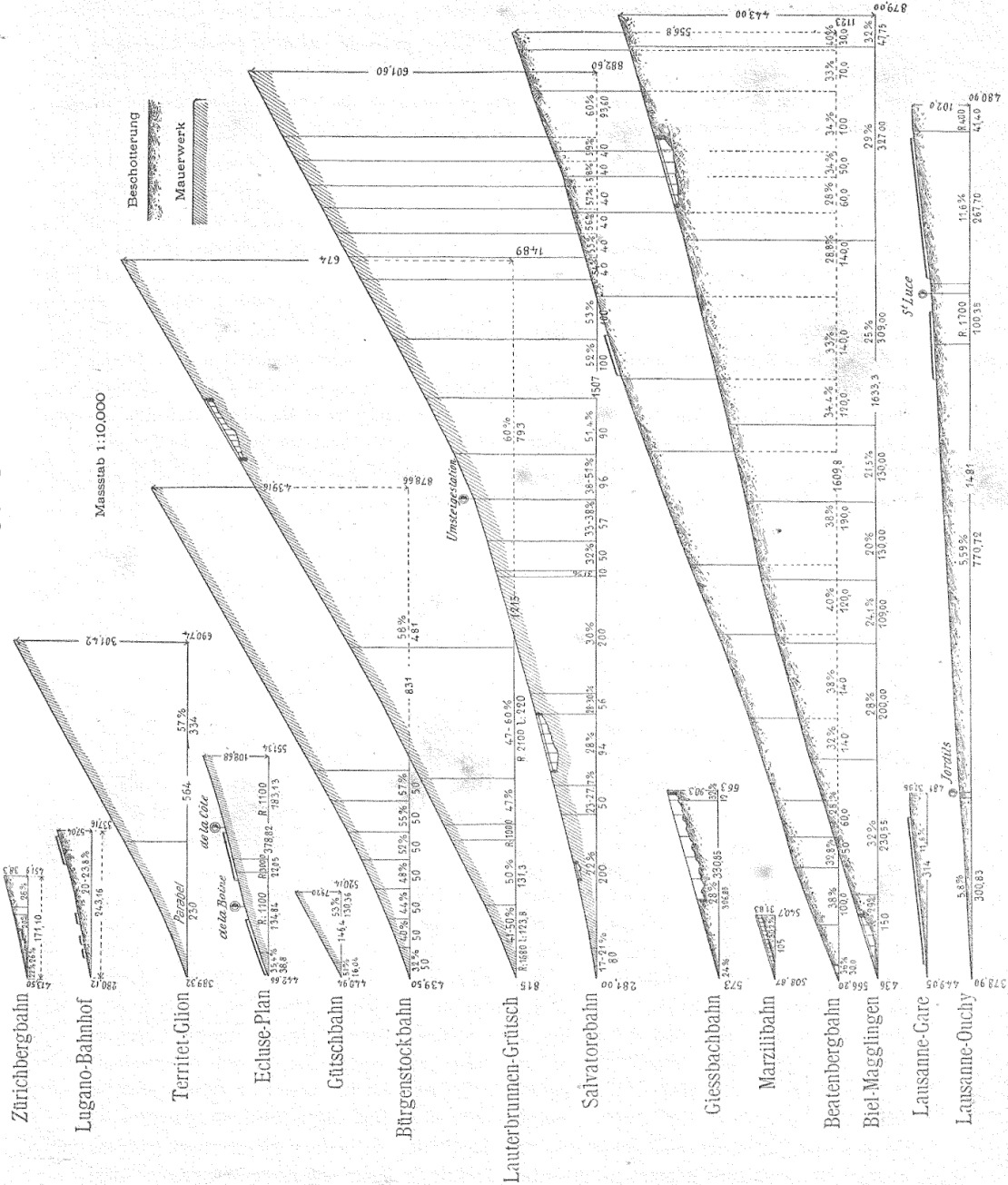
Le funiculaire Lausanne-Ouchy, le plus ancien, diffère de toutes les autres lignes de la Suisse par sa construction et son mode de traction; il a eu pour modèle le funiculaire de la Croix-Rousse à Lyon, construit à 4 rails avec traction par moteur à vapeur. La maison Bell et Cie à Kriens livra l'installation mécanique de ce premier chemin de fer funiculaire suisse; les voitures munies de freins automatiques à patins, furent livrées par la fabrique de machines d'Aarau, dirigée par Riggenschach. Le succès extraordinaire du chemin de fer du Rigi avait provoqué à cette époque, une telle affluence de commandes qu'en 1873 se constitua la société internationale des chemins de fer de montagne avec siège à Aarau. Riggenschach et Zschokke prirent la direction de la fabrique de machines installée suivant les plus récents progrès et d'où sortirent les lignes d'Arth-Rigi, de Rorschach-Heiden, de Rigi-Scheidegg, de Lausanne-Ouchy et du Giessbach. Ces nouvelles lignes ne réalisèrent pas les espérances qu'elles avaient fait naître et seul le chemin de fer de Vitznau au Rigi donna alors un rendement suffisant. Une crise commerciale retarda aussi le succès attendu; d'autre part, l'extension et l'adaptation de ces nouveaux systèmes ne furent pas assez rapides pour alimenter d'une façon durable une fabrique de quelques centaines d'ouvriers. En 1880 la société des chemins de fer de montagne fut dissoute et dès lors, ce sont les fabriques suisses déjà mentionnées qui fournissent le matériel des chemins des fer de montagne.

Le funiculaire des carrières de marbre de Saillon (Valais) fut livré par Bell et Cie presque en même temps que le Lausanne-Ouchy. D'une longueur de 920 m, avec un écartement de voie de 80 cm et l'énorme rampe de 80 %, le funiculaire de Saillon permet de descendre dans la vallée des blocs pesant jusqu'à 15 000 kg. L'installation comporte deux rails; elle est sans crémaillère; l'évitement se fait automatiquement, le tout est convenablement exécuté. La voie repose sur un mur en pierres sèches de 2 m de largeur en couronne dans lequel les traverses en bois sont encastrées. A la station supérieure se trouve la grande poulie de renvoi à trois gorges et à couronne dentée de 2,2 m de diamètre; elle est reliée par des engrenages au frein et à une roue à palettes permettant, grâce à la résistance de l'air, d'obtenir le réglage uniforme de la marche, (fig. 1 à 6).

Le funiculaire du Giessbach construit peu après celui de Lausanne-Ouchy fut la première ligne suisse à contrepoids d'eau; les conditions favorables de son établissement,



Ensemble des profils en long jusqu'en 1890.



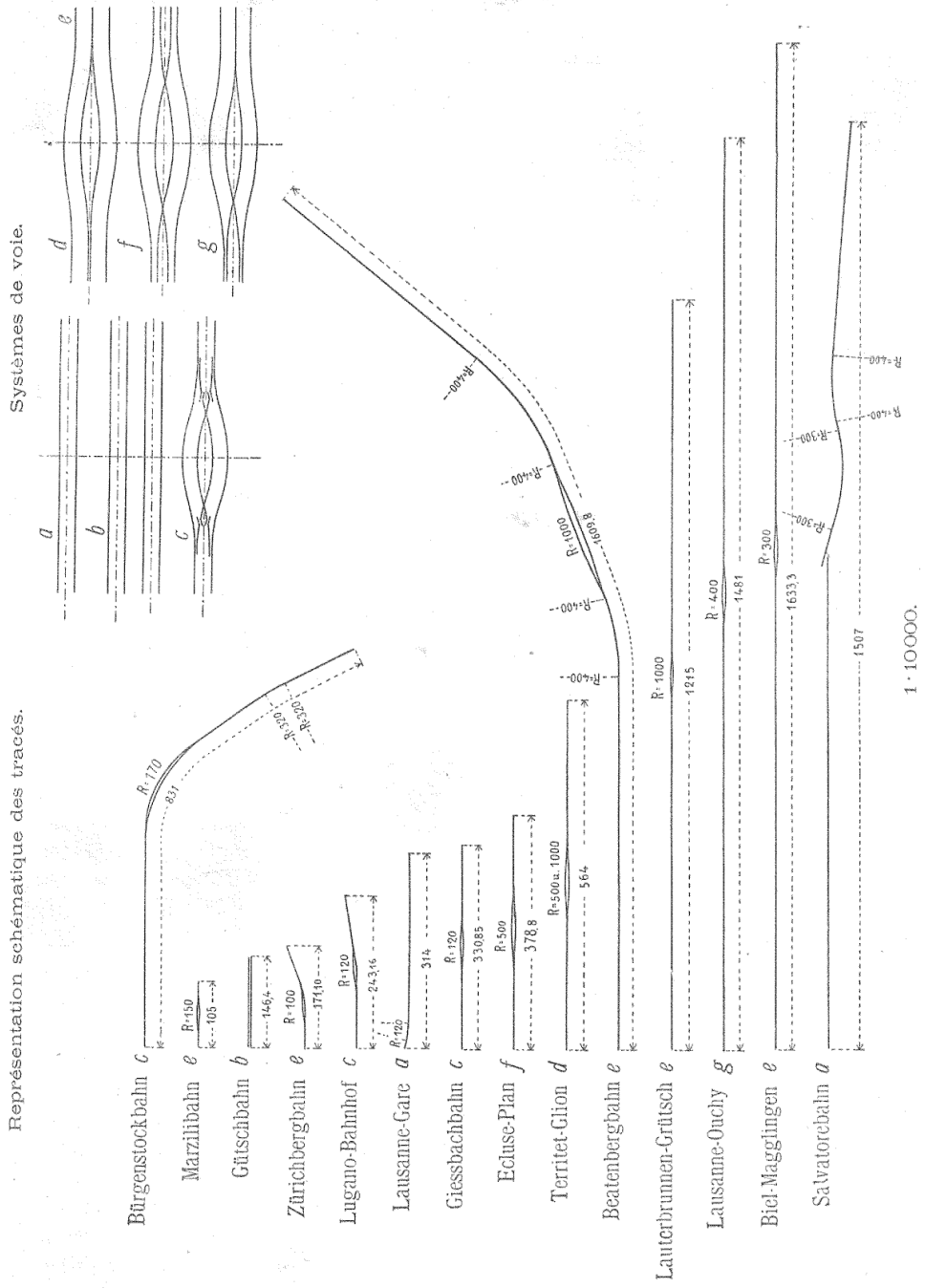
Clichés de la „Schweizerische Bauzeitung“.

sous réserve de la voie d'évitement défectueuse au début et des freins automatiques insuffisants, encouragèrent l'application de ce système.

Le chemin de fer funiculaire de Territet-Glion qui vint ensuite fut la pierre de touche du système; avec ses nombreuses constructions originales dont la plupart ne sont point à imiter, il a fixé la limite que ne doit pas dépasser la rampe ni l'application de la traction par contrepoids d'eau.

C'est sans changement notable dans le type de construction que furent établies les lignes funiculaires, plus aisées à construire, du Gütsch et du Marzili; par contre la ligne Lugano-Gare, construite en 1885 par MM. Bucher et Durrer, ouvrit de nouvelles voies par son type d'évitement automatique; ce système permit plus tard d'abandonner dans la plupart des cas, les dispositions de voies à trois ou quatre rails. Tandis qu'au Giessbach (système A b t) les roues porteuses d'une des voitures avaient leur boudin à l'intérieur et celles de l'autre leur boudin à l'extérieur et nécessitaient de ce fait une construction très compliquée de l'évitement, on put simplifier considérablement cette construction et la rendre plus sûre pour l'exploitation, en employant à Lugano des roues porteuses à double boudin du côté extérieur de chaque voiture. Plus tard, aux funiculaires de Biemme-Macolin, du Beatenberg, d'Ecluse-Plan et de Lauterbrunnen-Grütsch, ce nouveau système ne fut plus appliqué ce qui est aussi regrettable que la perte en argent qui en résulta. De ces quatre lignes, le funiculaire de Biemme-Macolin présente seul un progrès technique notable par son remarquable frein centrifuge construit par l'ingénieur Pauli et appliqué ici pour la première fois. Ce frein, disposé en plus du frein à vis et du frein à chute automatique, agit de lui-même sur le frein de réglage dès que le conducteur voudrait aller trop vite et diminue la vitesse à la limite admise, d'une manière douce et sans chocs. Dans les lignes plus récentes, c'est surtout l'ingénieur Ruprecht qui a perfectionné ce frein, en sorte que le frein à chute est devenu superflu et que les constructions actuelles des freins ne laissent plus rien à désirer quant à leur mode d'action et inspirent toute confiance.

Le deuxième funiculaire construit par MM. Bucher et Durrer, celui de Bürgenstock, datant de 1886, fut à son tour le type des lignes créées ensuite, soit par l'infrastructure de la voie, soit par le système de traction. Au lieu de refouler jusqu'à la station supérieure l'eau destinée au contrepoids, par une pompe comme au funiculaire de Biemme-Macolin, on se décida à la traction par l'électricité et l'installation des machines fut combinée pour fournir aussi l'éclairage électrique de l'hôtel. Au funiculaire du Salvatore qui suivit, MM. Bucher et Durrer fournirent la preuve qu'en plaçant la station motrice au milieu de la ligne, on peut réaliser un profil en long relativement économique et une grande capacité de transport même pour les lignes de grande longueur et dans des conditions de terrain difficiles. Loin de prendre une de ses trois installations comme modèle, la société Bucher et Durrer dissoute quelques années plus tard, amena la construction des chemins de fer funiculaires à un nouveau degré de perfectionnement, par sa quatrième entreprise, la ligne du Stanserhorn; ici le progrès est réalisé dans deux directions: la crémaillère est supprimée et la ligne est divisée en trois tronçons. En faisant agir les freins sur les rails et non sur la crémaillère, la disposition de la voie est simplifiée et l'exploitation gagne une plus grande sécurité; la division de la ligne en plusieurs tronçons permet une meilleure adaptation au terrain, réduit le poids des câbles et prouve ainsi que le système funiculaire permet de réaliser de hardis projets et qu'il peut remplacer avec avantage la traction par locomotives.



Clichés de la „Schweizerische Bauzeitung“.

Depuis l'ouverture du chemin de fer du Stanserhorn, c'est surtout sous le rapport des freins des voitures que les funiculaires ont été améliorés, en premier lieu par l'ingénieur Ruprecht, puis aussi par la fabrique de machines Bell et Cie et par la fabrique de locomotives de Winterthur. L'ingénieur Vautier à Lausanne s'est acquis un mérite signalé, surtout par son étude approfondie sur les profils en long et Walloth à Colmar, a publié l'ouvrage connu où il décrit un certain nombre de chemins de fer funiculaires.

Les renseignements principaux donnés par les tableaux des pages 16 à 23 sur nos lignes funiculaires représentent, d'une façon un peu terne, l'essor imprévu de ce nouveau mode de traction. Il en résulte que les lignes exploitées ont une longueur de 25306 m, une différence totale d'altitudes de 7420 m, une pente moyenne de 30 ‰; elles ont coûté 14000000 fr. soit 553000 fr. par kilomètre de ligne. Pendant l'année 1899, ces funiculaires ont transporté 2800000 voyageurs; la recette a comporté 1150000 fr. pour 600000 fr. de dépenses, en sorte que l'excédant de recette de 550000 fr. correspond à un rendement de 4 ‰ du capital d'établissement.

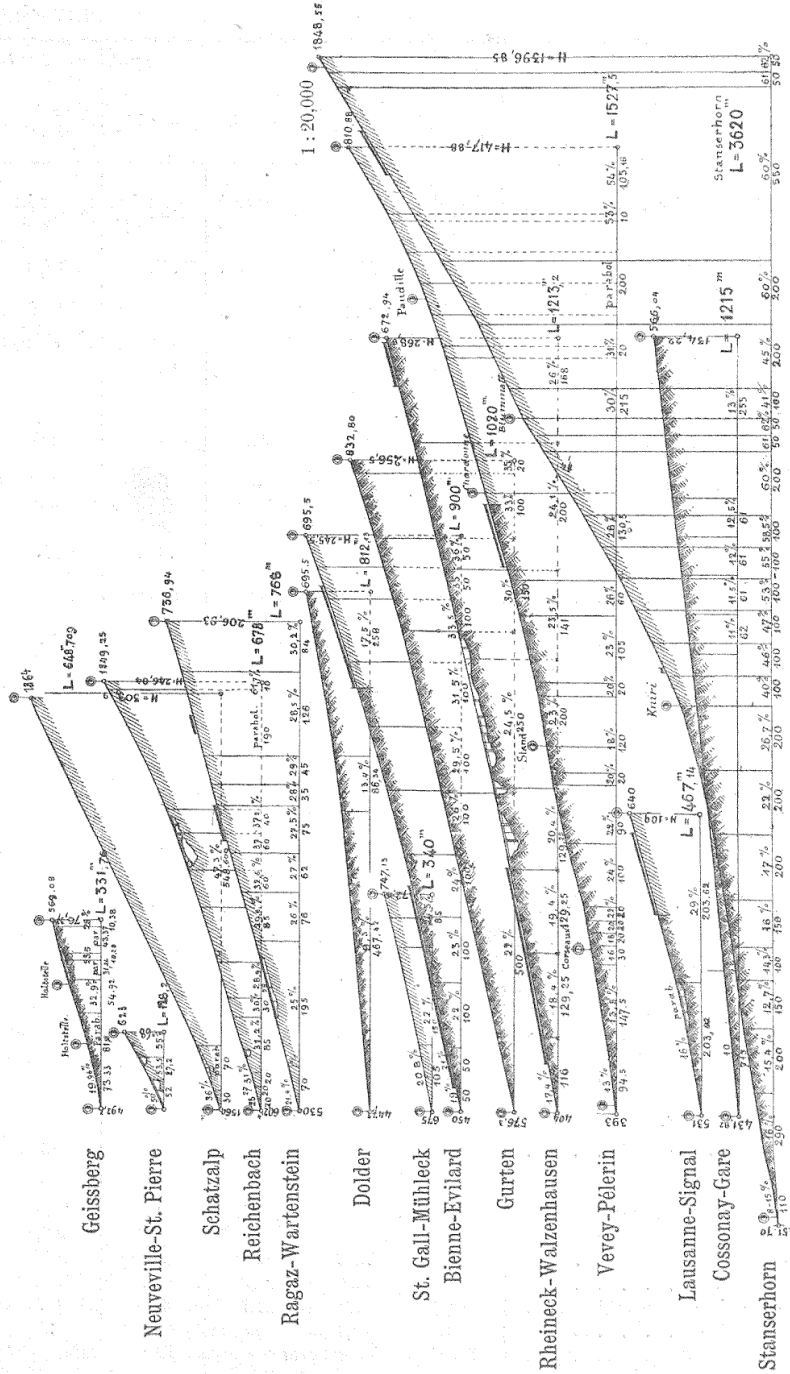
Système de traction.

Sauf au funiculaire Lausanne-Gare, l'exploitation se fait au moyen de deux voitures simultanément en marche, l'une montant, l'autre descendant et aidant par son poids au mouvement de la première. L'énergie qui fait encore défaut est fournie par un contrepoids d'eau, par une transmission de force électrique ou par des moteurs à gaz, à vapeur ou hydrauliques.

La force nécessaire pour la traction n'a donc qu'à vaincre les résistances dues au frottement et à la différence de poids des véhicules et des deux bras du câble. Cette dernière composante a été supprimée aux funiculaires de Bienne-Macolin et du lac de Thoue au Beatenberg en disposant les voitures sur un circuit de câble continu et fermé, de la longueur totale de la ligne. Dans les autres lignes, le câble n'existe qu'au dessus des voitures et n'est par lui-même en équilibre qu'au moment du croisement des deux véhicules au milieu de la ligne. Quand la force de traction est le poids convenablement déterminé mais invariable, de la voiture descendante et quand la pente est uniforme en sorte que l'action de la pesanteur n'est pas modifiée, il n'y a possibilité d'équilibre entre la force de traction et la résistance, qu'à un instant de la course; en effet, le câble du côté de la voiture descendante augmente progressivement le poids de ce côté alors qu'il diminue celui de l'autre. On peut supprimer l'accélération ainsi produite en évitant une pente uniforme et en l'adoptant plus faible vers la partie inférieure. Le surplus de poids du convoi descendant est invariable, sauf au funiculaire Lauterbrunnen-Grütsch, et doit être déterminé d'après l'instant le plus défavorable de la course. Si l'accélération de la vitesse n'est pas supprimée par des réductions convenable de la pente ou par la fermeture du circuit du câble, il faut ou bien équilibrer par l'action des freins le poids croissant à la descente ou bien, comme à Lauterbrunnen, laisser peu à peu échapper une partie de l'eau du contrepoids pendant la course, en rapport avec la variation de poids des deux bras du câble.

Il n'est pas admissible de vaincre les résistances plus grandes sur certains tronçons de faible longueur, par l'accumulation de force vive sur les parties plus favorables de la ligne, agissant sur un contrepoids qui serait insuffisant à franchir le point défavorable sans accélération, parcequ'il s'agit de transports de personnes et qu'il y a des dangers inhérents aux vitesses croissantes. Autant que possible les points défavorables doivent

Ensemble des profils en long, de 1890 à 1900.
Echelle 1 : 10,000.



Chemins de fer funiculaires
Renseignements

Désignation	Système de traction:					Contrepoids d'eau								
	Glashach	Tortier-Glhon	Gitsch	Marzili	Langau-Gare	Dienne-Maolin	Batzenberg	Ecluse-Plan	Lanter-Jümann-Gitsch	Rager-Wartenstein	St. Gall-Mühleck	Rheinck-Walzenhausen	Cossony-Care	Neuve-Ville-St. Pierre
But de la ligne: reliev	Lac de Brenz à Fribourg	Territet à Fribourg	Lanone à Trodel G.	2 quartiers de Brenz	2 quartiers de Langau Trodel G.	Bienne à Trodel G.	Lac de Thunne à la station dite de B.	Kendhal à un coton habité	13e Section du chemin de fer de Murren	Rager à Trodel G.	St. Gall au village de M.	deux villages	la gare à la Cossony	2 quartiers de Fribourg
Ouverture à l'exploitation	1. VII. 79	19.VIII.83	22.VIII.84	18.VII.86	8.XI.86	1.VI.87	21.VI.89	25.X.90	14.VIII.91	1.VIII.92	14.XII.93	VI.96	28.VIII.97	4.II.99
* Exploitation pendant la saison														
Fourneaux de la partie métallique	Fabrique d'acier, par Bell et Cie	S. C. B. à Olten	S. C. B. à Olten	anciennes fabriques de machines, Bernes	Fab. de mécanique, Wilerthal	anciennes fabriques de machines, Bernes	F. de locomot. Winterthur	Bell et Cie	Bell et Cie	anciennes fab. de machines, Bernes	Bell et Cie	Bell et Cie	anciennes fab. de machines, Bernes	Fonderie de Bernes
Installation de la ligne.														
Longueur exploitée, mesurée suivant la pente m	333	630	173	106	244	1684	1695	384	1381	788	308	1247	1219	122
Différence d'altitude des stations extrêmes m	90	2983	75	3120	5684	443	533.0	108.68	669.5	207.6	66.23	267	134.60	50.51
Pentes de la ligne %	24-32	40-57	51-53	30.2	20-24	20-32	28-40	22-37	41-60	23.5-31.1	20.8-22.8	17.4-26	10-13	49.5-55
Pente moyenne %	28.2	54	52.8	30.2	23	27.26	34.58	29.5	55.5	27.3	22	22.2	11.1	52.5
Rayons des courbes à l'extrémité de l'écartement m	120	500 et 1000	aucun	150	120	300	1000	500	1000	180	180	160	120	130
Rayons des courbes en dehors de l'écartement m	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	aucun	400	aucun	aucun	250	aucun	aucun	aucun	aucun
Longueur de l'écartement, suivant la pente m	62	130.24	aucun	49.2	54.72	90	240	112	125.30	67	81.6	66	61.3	53.6
Longueur des alignements tirés %	82	79.57	100	61.6	78.1	94.6	77.67	71.1	30	72.45	51	95	95	38
Longueur des tunnels m	aucun	aucun	aucun	aucun	43.22 et 9.12	aucun	67	80 et 86	aucun	20 et 50	287	313 et 70	aucun	aucun
Longueur des ponts en fer de plus de 10 m de portée m	174	aucun	aucun	88	aucun	aucun	19.11	aucun	100	aucun	20	50, 25, 75	aucun	69
Largeur en couronne du mur ou du ballast m	3.50	2.40 et 2.50	3.30	2.18	2.40	3.5	3.50	1.70	2.40	1.50	1.65	1.7 et 2.3	2.70	—
Voie.														
Assise de la voie	ballast	mur en pierre	béton	viaduc en fer	ballast	ballast	ballast	béton	mur en maçonnerie	mur en maçonnerie	béton	ballast (gr.)	ballast	béton et variétés métalliques
Nombre de rails m	2	4	4	3	2	3	3	4	3	2	2	2	2	2
Ecartement de la voie m	1	1	1	0.75	1	1	1	1	1	1	1.20	1.30	1	1.20
Chemalère mm	Riggensbach	Riggensbach	Riggensbach	Riggensbach	Riggensbach	Riggensbach	Riggensbach	Riggensbach	Riggensbach	Riggensbach	Riggensbach	Riggensbach	Riggensbach	Riggensbach
Hauteur des rails mm	86	83	82	98	115	98	98	90	100	92.5	100	100	110	100
Poids des rails kg/m	18	17.5	17.5	20	22.5	20	20	20	20	16	20	20	24.2	20.6
Longueur des traverses m	1.50	2.50	3.70	2.00	1.80	2.8	2.80	1.70	2.30	1.40	1.65	1.70	1.80	1.8
Nature de la traverse	chêne	viens rails	—	fers zoris	fers zoris	chêne	chêne	fers L	fers zoris	corrières	corrières	Zoris et corrières	chêne	Zoris et corrières
Poids de la voie complète kg/m	110	217	382	210	94	192	233	250	285	94	206	114	114	112
Câble.														
Nombre de câbles remplacés	1	2	1	6	6	1	3	1	1	aucun	1	aucun	1	1
Résistance du câble à la rupture . . . t	38.3	62	37.4	22	27.50	50	74.6	51.37	62.25	30.25	35.4	39.2	21.25	44
Résistance spécifique à la rupture kg/mm ²	103	147	124	120	109.0	160	109.0	126.2	159.5	115	119.6	132.5	98.5	134
Charge normale max. du câble kg	3300	7200	3900	1650	1950	6500	9700	4030	7460	2900	2400	2900	1600	4460
Poids du câble kg/m	2.7	3.90	2.79	2.79	2.30	2.8	5.8	4.0	3.5	10.4	2.5	3.33	1.80	3.66
Coefficient de sécurité du câble	10.2	8.61	11.7	13.3	14.1	7.7	7.7	12.7	8.35	2.35	14.7	2.90	13.2	9.86
Diamètre du câble mm	22	34.7	30	25	26	35	32.6	34	38	27	28	28	17	35
Construction du câble	fermé	Lang	enroulement croisé	Lang	toisons plats	Lang	fermé	Lang	Lang	Lang	enroulement croisé	enroulement croisé	fermé	Lang

III

Désignation	Système de traction :						Contrepoids d'eau							
	Grisbach	Territet-Glion	Gütsch	Marzili	Lugano-Gave	Pienne-Masoch	Bestenberg	Balme-Pian	Lanterbrunnen-Gütsch	Dagaz-Wartenstein	St. Gall-Mühlek	Rheoc-Walzenhausen	Cossony-Gave	Narveville-St. Pierre
Installations mécaniques.														
Diamètre de la poutre de renvoi . . . mm	3000	3600	2740	3000	2800	3465	4000	3600	3600	3600	3600	3400	3500	
" des grandes poutres de guidage mm	480 et 240	520	—	800	1000	1465	2000	1400	An lieu de pontes de guidage, les extrémités des voies à la partie sup. sont écartées	130 (galeries à axe vertical)	240	240	1400	2200
Diamètre des galets dans les courbes mm	480	360	—	360	420	450	470	380	360	360	365	378	392	
" des petits galets porteurs mm	240	240	240	360	300	300	300	240	300	240	240	288	300	
Ecartement des galets dans les courbes m	7, 9 et 13	9	—	11	12	9	13,5-8,1	10	10 et 11	10 et 11	9,75	4,7-12,9	8, 4 et 5	
" des galets porteurs . . . m	14	15	15	14	15	12-15	10-18	9	12 et 14	13 et 15	13	12,96	11 et 14	
Matériel roulant.														
Places par voiture (à 4 places assises)	40 a	40 a	12 a	14 a	24 a	40 a	50 a	32 a	30 a	16 a	24 a	20 a	10 a	
Tare de la voiture (à 4 places debout)	6300	9000	4380	4100	4800	9800	9000	7800	10 d	13 d	12 d	12 d	10 d	
Poids brut par voiture . . . kg	12850	14000	7100	6600	6900	17000	17000	12800	15500	10000	7300	8100	6700	
Ecartement des essieux . . . m	6,20	5,33	3,10	3,00	3,65	5,20	5,20	6,60	5,80	4,413	4,90	5,012	3,300	
Tare par place . . . kg	162,5	186	—	292	120	196	210	244	200	210	208	258,1	385	
Vitesse de marche admise . . . m/sec	1,04	1,2	1,13	1,80	1,20	2,07	1,76	1,04	1,00	1,30	1,30	—	1,2	
Restitutions totales de la ligne . . . kg	250	450	125	150	180	475	720	300	575	275	—	—	—	
Quantité d'eau nécessaire pour une marche à ville . . . m³	—	1,70	0,70	0,80	2,0	3,0	3,0	2,0	—	1,00	1,00	—	1,0	
Dépenses d'établissement et exploitation.														
Dépenses totales d'établissement . . . fr	1 660 000	612 307	1 817 733	708 412	1 887 744	4 500 000	6 813 387	2 439 557	8 506 770	2 621 102	2 900 857	5 373 386	4 327 706	1 227 45
(Compte de construction au 1899)	5 015 111	961 360	1 650 520	658 800	776 724	2 672 230	4 029 000	650 000	6 689 859	3 276 238	9 418 400	4 381 132	3 546 77	1 014 800
Dépenses d'établissement par km. fr (rapportées à la longueur exploitée, sur. la pente)	8657	57281	13734	8798	18097	21300	30512	15025	31700	19756	11574	11986	17502	—
Dépenses d'exploitation en 1899 . . fr	39288	79889	39224	189217	—	41328	55638	140857	44812	55237	265785	65890	—	—
Voyageurs pendant la première année entière d'exploitation	300000	150225	118527	160954	260000	87500	42006	174783	45000	49508	221643	62000	120000	—
Bagages et marchandises en 1899 . . .	60	882	25,6	3269 colis	203	95	1284	41	922	17,56	432,5	303	561	—
Taxes pour la montée, la descente et une course aller et retour fr	1,1	1,0, 75,	0,30, 0,30,	0,10, 0,10,	1, 0, 20,	0,80, 0,50,	1,50, 0,70,	0,20, 0,30,	2,75, 1,50,	0,50, 1,30	0,15, 0,10,	0,60, 0,40	—	0,10, 0,10
Coefficient d'exploitation (Proportion des dépenses d'exploitation aux recettes brutes d'exploitation)	58,6	43	41	77	52,3	85,5	43	70	32	43	44	42,3	108,4	—
Personnel de la ligne y compris le chef	3	12	8	5	7	7	8	7	12	6	6	6	8	6

**Chemins de fer funiculaires
Renseignements**

Désignation	Système de traction:		Système de traction:			Transmission de force électrique										
	Turbine	Lausanne-Gare	avec crémaillère	Force produite par usine centrale hydraulique	Salvatore	Stanshorn	sans crémaillère									
	Lausanne-Ouchy						Force produite par une usine centrale hydraulique		Force produite par une usine à moteurs à gaz							
							Götsberg-Zürich	Zürich-boège	Biémme-Eyraud	Reichenbach	Garten	Vevay-Pâlein	Dolder	Lanusanne-Signal	Schznalp	
Bat de la ligne: relier	Bord du lac à la ville	la Gare à la ville	Bord du lac à l'Hotel B.	Paradise à l'Hotel B.	Stans à l'Hotel du sommet.		2 quaiers de Zurich en construct.	Immet de Tröy-lechlin, 85. X. 89	Bième au hord, 20. I. 88	Hotel Reichenbach à la cascade, 8. X. 89	Berne au sommet du Grien, 12. IX. 89	Vevay à 2 villages (un point d'arrêt) de Vevay, 1. VII. 19	Zürich à l'Hotel-Reichenbach, 15. V. 89	Ville au Signal de Saurathin, 24. XII. 89	Davos à station de S. 8.	
Ouverture à l'exploitation	16. III. 77	5. XII. 79	17. VII. 88	27. III. 90	23. VIII. 93		Fonderie de Berne	Fabr. de loom. Winterthur	Fond. de Berne	Fond. de Berne	Fond. de Berne	Fond. de Berne	Fabr. loom. Winterthur	Fond. de Berne	Fond. de Berne	
Pourmessons de la partie métallique	Bell et Cie et fabric. de mach. d'Avrau	Bell et Cie et fabric. de mach. d'Avrau	Bell et Cie	Bell et Cie	Bell et Cie											
Installation de la ligne.																
Longueur exploitée mesure suivant la pente d'altitude des stations en mètres	1481	314	940	1633	3913		201	167	892	702	1050	1600	805	486	718	
Déclivité moyenne en %	102	31.85	438	601.60	1398		74	88.38	243	247	261	416	100	107	304	
Pentes de la ligne %	3-11.6	0-11.6	32-58	17-60	I. sect. 10-27 II. " 40-60 III. " 40-62		19.36-32.87	20-26	19-36	25-56.7	19-33	13-54	9.5-17.75	10-59	38-47.39	
Pente moyenne %	6.9	10.0	52.8	40	I. sect. 17.2 II. " 52.7 III. " 56.5		2.62	23.5	27.1	37.5	24.8	33.5	12.72	22.6	46.8	
Rayons des courbes à l'évitement . . . m	400	aucun	140 et 170	aucun	I. sect. aucun II. " 200 III. " 400		130 et 200	100	250	130	250	275	120	250	300	
Rayons des courbes en dehors de l'évitement m	aucun	130	320	300 et 400	I. sect. aucun II. " 200 III. " 400		150	compte de la ligne à l'évitement.	aucun	400, 200 et 185	600	500	aucun	600	300	
Longueur de l'évitement suivant la pente m	143	aucun	172	aucun	I. sect. 74 II. " 86.5 III. " 75		94	58	66	—	83	83	75.7	76	85	
Longueur des alignements droits . . . %	90.2	90.5	78	82.28	I. sect. 80 II. " 86.5 III. " 75		56	67.56	92.6	—	56.1	—	95	48	78.5	
Longueur des tunnels m	112 et 253	233	aucun	aucun	I. sect. aucun II. " 170		aucun	aucun	340, 180	aucun	aucun	114	aucun	125	aucun	
Longueur des ponts en fer de plus de 10 m de portée m	aucun	aucun	aucun	300.6 et 97.2	I. sect. 2.00 II. et III. sect. 1.50		Pont Hanne-berg, 55 m	53.34	aucun	10.5, 45	2.70	aucun	2.5	en bas 2.0 en haut 1.5	1.50	
Largeur en couronne du mur ou du ballast m	4.00 en bas 5.50 en haut	3.70	1.50	1.50	I. sect. ballast II. et III. sect. mur en maçonnerie		2.70	3.5	—	1.50	2.70	en bas 2.7 en haut 1.5	2.5	en bas 2.0 en haut 1.5	1.50	
Voie.																
Assise de la voie	ballast	ballast	pavage en pierre	mur en maçonnerie	I. sect. ballast II. et III. sect. mur en maçonnerie		ballast	ballast	ballast	mur en maçonnerie	ballast	ballast	ballast	en bas ballast, en haut béton	mur en maçonnerie	1.50
Nombre de rails	3 en haut 4 en bas	2	2	2	1		2	3	2	2	2	1	2	2	1	1
Écartement de la voie m	1.435	1.435	1.435	1.435	1.435		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Crenailure	aucune	aucune	Regenbach	Abt	Abt		aucune	Abt	aucune	aucune	aucune	aucune	aucune	aucune	aucune	aucune
Hauteur des rails mm	130	127	113	90	90		aucune	113	113	135	125	135	122.5	125	125	125
Poids des rails kg/m	34	32	29	17.5	17.5		28.3	22.7	25.2	21.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2
Longueur des traverses m	2.30 en haut 2.30 en bas	2.6	1.50	1.50	1.50		1.6	2.80	—	1.90	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
Nature des traverses	chêne	chêne	corrières	corrières	corrières		Zores sans pont corrières	Zores	Zores sur ballast, contr. sur béton	corrières	Zores	en bas Zores, en haut corrières	Zores	Zores	1.60 en ht. Zores, en bas corrières	1.50 en ht. Zores, en bas corrières
Poids de la voie complète . . . kg/m	180 en bas 180 en haut	165	96	86	I. sect. 70 II. et III. sect. 70		7.9	296	75	72	79	79	74	79	72	72
Câble.																
Nombre de câbles remplacés	9	9	1	aucun	aucun		25,00	4	aucun	aucun	aucun	aucun	1	aucun	aucun	aucun
Résistance du câble à la rupture . . . t	52,000	35,000	43.5	53.5	53.5		24,49.5, 55.5	24,0	27.5	46.25	44.3	50,00	25,00	25,00	22.7	22.7
Résistance spécifique à la rupture kg/mm ²	150	150	150	153.2	153.2		2500	109	14.5	143.7	125	134	130	130	157	157
Charges normale max. du câble . . . kg	6000	3500	4600	5400	2400, 5000, et 5650		2,3	2,26	2,08	3,05	3,16	3,25	2,15	2,59	4,270	4,270
Coefficient de sécurité du câble . . .	8.6	2.9	3.0	9.9	10, 9.9, 10.0		10	10	12, 12	30	13	10, 9.9	16	2.8	2.8	2.8
Diamètre du câble mm	31	23	30	32	24, 34, 36		—	24,5	25	—	30	31,6	22	36	10	10
Construction du câble	Lang	ferme	entoulement croisé	entoulement croisé	Lang		Lang	Lang	Lang	entoulement croisé	Lang	Lang	Lang	Lang	Lang	Lang

Designation	Systeme de traction :		Systeme de traction :				Transmission de force electrique							
	Turbine		avec cremaillore		Force produite par une usine centrale hydraulique		sans cremaillore				Force produite par une usine à moteurs à gaz.			
	Lausanne-Ouchy	Lausanne-Gare	Blygenstock	Salvatore	Stanshorn	Geisbagg (Zürich)	Zürich-Burg	Dienne-Dyhalp	Reichenbach	Garten	Verey-Palerm	Dodler	Lausanne-Signal	Schizalp
Installations mecaniques.														
Diametre de la poutre de renvoi . . . mm	6000	4700	4000	4000	4000	2700	2300	3465	4 00	4000	3540	3000	3500	3500
" des grandes poutres de guidage mm	3000	3000	3000	2000	3000	2400	1000	3000	3000	3000	3500	2000	3000	3000
" des galeets dans les courbes . mm	250*	250*	600	600	600	392	120 galeets à axe vertical	600	392	392	392	420	420	420
" des petits galeets porteurs . mm	300	300	160	200	300	200 et 300	300	400	300	300	300	300	300	300
Écartement des galeets dans les courbes m	9.70	8.30	14	12-13	12	8	8-9	8-9	8-10	10	8.5	8	10	8
" des galeets porteurs . . . m	15.60	13	14-16	13-14	17-14	8-12	5.5-7.5	15	12	12-14	9.5-15	10-12	14-15	14-15
Matériel roulant.														
Places par voiture (a assistes	40	20 a 20 d	32 a 8 d	32	32	24 a 12 d	32	28	24	30 a 30 d	30 a 12 d	32 a 13 d	24 a 26 d	24 a 8 d
Tare des voitures kg	7460 B.P. 6850 A.B. 8900 B.P. 10000 B.P. 8900 A.B.	6000 B.P.	4800	4500	3810	4800	6800	3700	—	5700	5200	3000	3080	4760
Poids brut par voiture kg	10000 B.P. 8900 A.B. 8900 B.P.	8800	7100	7000	6700	7390	9040	4060	—	10200	8140	8500	8800	7160
Écartement des essieux m	3.2	2.70	3.60	3.25 en bas 3.45 en haut	4.50	3.75	2.98	2.90	3.00	4.4	4.3	3.5	4.2	3.85
Tare par place kg	171.2 A.B. 150 B	150	120	140	119	133	212.50	75	—	95	124	100	101	149
Vitesse de marche admise m/sec	4	3	1.13	1.00	I. Sekt. 2.00 II. et III. Sekt. 1.00	2.00	1.43	2.00	1.2	2.00	1.50	2.80	2.00	1.25
Depenses d'établissement et exploitation.														
Depenses totales d'établissement . . . fr.	3,451,400	1,405,300	265,000	617,475	149,644.5	250,000	273,619	305,321	—	357,617	600,000	291,000	280,000	—
(Compte de construction en 1899)	1,405,300	—	281,915	378,117	382,429	88,650	—	342,288	—	340,000	375,010	384,000	473,000	—
Depenses et établissement par km. . fr.	146,398	—	262,97	26371	46000	—	26594	30,683	—	—	—	30800	—	—
(rapportées à la longueur exploitée, sans la pente)	458,158	—	251,92	38835	16889	—	43,422	169357	—	—	—	96400	—	—
Depenses pendant la 1 ^{re} année entière d'exploitation fr.	692,539	—	439,47	32814	17814	—	417450	169357	—	—	—	172000	—	—
Voyageurs en 1899 t	108,323	—	566	rien	105	—	782 colis	268,77	—	—	—	218	—	—
Bagages et marchandises en 1899 . t	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Taxes pour la montée, la descente et une course aller et retour . . . fr.	0.20, 0.20, 0.30	0.10, 0.10, 0.20	I. Cl. 1.50 II. Cl. 1. 0.50, 1.50	3, 2, 4	5, 3, 8	0.15, 0.10, 0.20	0.10, 0.10, 0.20	0.50, 0.30, 0.65	I. 0.75, 1.50	1.20, 0.60, 1.50	1101, 1.40, 110, 2.00, 1101, 1.9	0.40, 0.30, 0.60	0.30, 0.20, 0.40	1.00, 0.70, 1.50
Coefficient d'exploitation	29	29	7	7	15	—	9	9	8	7	9	8	9	8
(Proportion des depenses d'exploitation aux recettes brutes d'exploitation)	64	—	57	43.3	80	—	58	66.7	—	—	—	57	—	—
Personnel de la ligne y compris le chef	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

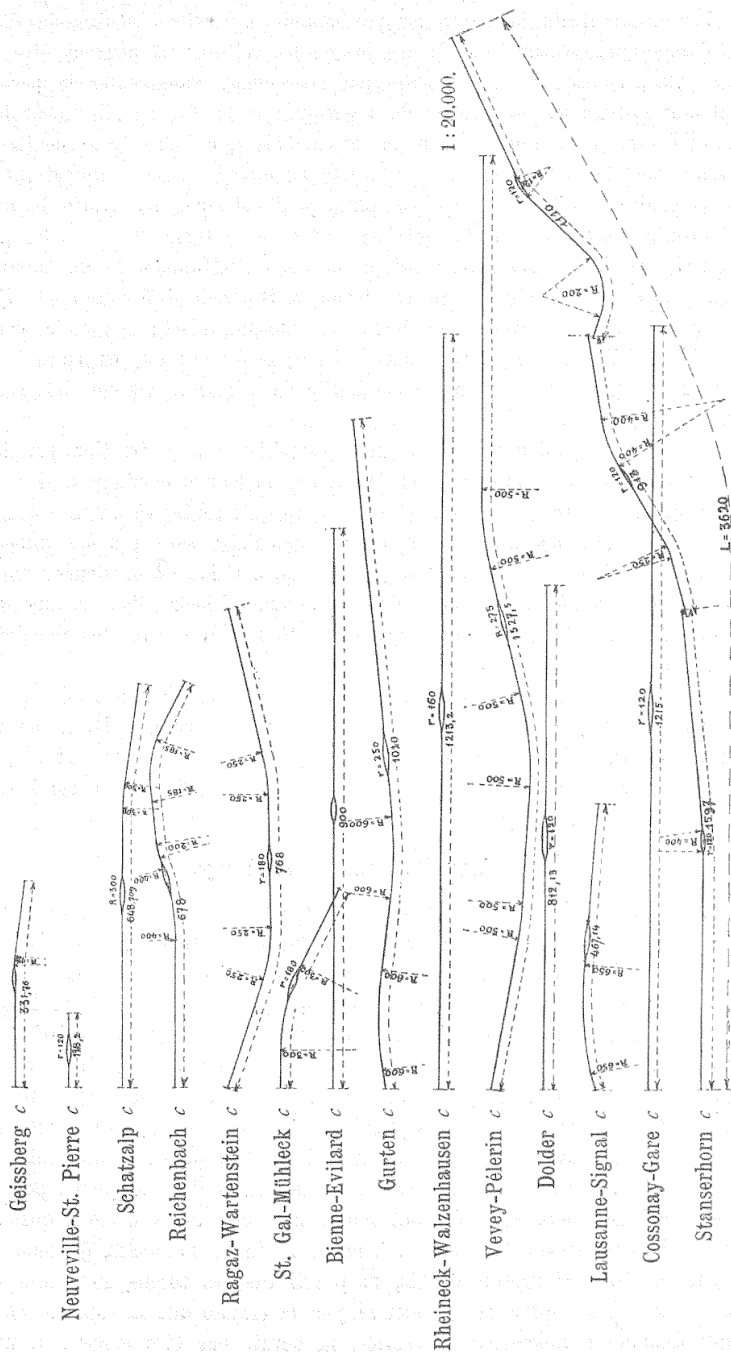
être disposés aux extrémités de la ligne afin que le train, arrêté pour une raison quelconque sur la ligne, puisse en tous les points être de nouveau mis en marche à l'aide du contrepoids. Jusqu'en 1892 le funiculaire de Territet-Glion dut être exploité à l'aide d'une accélération de vitesse de 4 à 8 mètres par seconde, pour éviter un arrêt en un point de changement de pente. Le danger d'une semblable augmentation de la vitesse de marche s'était révélé parfois d'une façon inquiétante par le déclenchement du frein automatique; finalement on décida la transformation de la ligne. Les changements de pente sur la longueur de ligne ne peuvent pas toujours, à cause de la disposition du terrain, être exactement calculés pour compenser le poids du câble; mais l'exploitation sera d'autant plus avantageuse que ce but sera mieux réalisé.

Jusqu'en 1888 tous les funiculaires furent établis pour la traction par contrepoids d'eau, à l'exception des deux chemins de fer de Lausanne dont les câbles sont mis en mouvement par des turbines; depuis cette époque la plupart des funiculaires possèdent la traction par moteurs de systèmes variés. Le mode de traction par contrepoids d'eau est et restera bien sans conteste le plus simple et le plus économique, surtout dans les cas où l'eau est à bon marché et où chaque course n'en exige qu'une faible quantité. Il est avantageux là où l'exploitation n'a lieu que pendant une saison, quand il n'y a pas lieu de tenir compte d'un trafic important et sujet à de fortes affluences, bref quand les circonstances se rapprochent de celles des funiculaires du Giessbach et de Ragaz-Wartenstein par exemple. Dans le cas d'un trafic régulièrement alimenté, comme à Zurich entre le quai de la Limmat et le Polytechnikum, c'est une ligne d'un autre système, une plateforme à marche continue qui répondrait le mieux aux besoins de la circulation. La traction par contrepoids d'eau, appliquée au commencement à ce funiculaire, s'est trouvée d'un usage encombrant et trop lent; depuis 3 ans elle a été remplacée avec plein succès par la traction produite par la transmission de la force électrique. Cette ligne dépensait par année, à raison de 7 centimes par m³, pour 7000 francs d'eau; la transformation a coûté environ 18000 fr. et réduit les frais d'exploitation d'environ 2200 fr., en comptant 10 % d'intérêt de la dépense supplémentaire et 3000 fr. de force électrique (24½ centimes par kilowatt-heure); en même temps le transport des voyageurs est devenu plus rapide et plus agréable.

Les conditions de trafic, la configuration du terrain, les circonstances locales, ne conduisent plus que rarement à des installations à contrepoids d'eau vu l'état actuel perfectionné de la traction par moteurs; ce système présente comparé au premier les avantages suivants: les voitures sont moins lourdes, la marche à vitesse régulière est plus facile à maintenir, le sens de la marche peut être changé pendant la course, la crémaillère et les freins à roue dentée sont supprimés, la construction des freins régulateurs de vitesse s'établit avec plus de liberté; en outre une vitesse de marche plus grande est possible, les lignes peuvent avoir une plus forte déclivité, le câble devient plus léger et aussi plus durable, il permet de diminuer les rayons des courbes. Par la suppression de la crémaillère, le tracé de la ligne devient plus facile parce qu'il y a alors moins à tenir compte des tassements des remblais et du cheminement de la voie. Dans les installations à courant continu avec accumulateurs on peut, comme aux lignes du Pèlerin, de Schatzalp et du Dolder, utiliser le superflu de force, en cas de forte charge de la voiture descendante, pour charger les accumulateurs et de cette façon augmenter notablement l'effet utile de l'installation.

L'usine centrale pour la traction par moteurs est utilisée dans la plupart des cas à d'autres buts, principalement à l'éclairage d'hôtels, de restaurants etc., en sorte que le

Représentation schématique des tracés.
Echelle 1 : 10,000.



IV

système de traction par moteurs n'est en général pas plus cher que celui à contrepoids d'eau. Les inconvénients de la traction par moteurs sur celle à contrepoids d'eau sont la plupart d'importance secondaire: les moteurs et les voitures ne peuvent être manoeuvrés par une seule personne; il est nécessaire par conséquent d'augmenter le personnel de la ligne; il faut mentionner les dangers de dégâts par la foudre, de glissement du câble sur les poulies de renvoi, surtout pendant la saison d'hiver, en outre ceux de l'arrêt retardé du moteur quand la voiture arrive à la station ou quand le frein automatique agit d'une façon involontaire. Cette dernière circonstance peut entraîner une avarie du câble.

Il résulte des développements précédents que le système de traction appliqué aux lignes du Giessbach, de Ragaz-Wartenstein, de St. Gall-Mühleck et du Marzili peut répondre aux circonstances actuelles de leur trafic, mais sûrement il a été appliqué par erreur aux funiculaires de Cossonay-Gare et de Lauterbrunnen-Grütsch; le premier exige à cause de ses faibles déclivités d'énormes quantités d'eau; le dernier est, en ce qui concerne le travail à fournir par les freins et la possibilité de régler la vitesse des voitures, à la dernière limite permise.

La traction par moteurs fixes est même supérieure à la traction par locomotives, toujours encombrante et coûteuse, pour l'ascension de hautes montagnes, dans les cas où le trafic à attendre n'est pas considérable mais assez régulier et où la configuration du sol permet la construction d'un chemin de fer funiculaire sans grandes difficultés; nous trouvons ces conditions réalisées au Stanserhorn; là, à l'aide de plusieurs funiculaires qui se suivent, il est possible d'avoir un train chaque quart d'heure, dans chaque direction, et de pouvoir ainsi concourir, par cette capacité de trafic élevée, avec les chemins de fer de montagne à traction par locomotives.

Si les points à relier sont éloignés, non seulement par leur altitude, mais aussi en projection horizontale, il peut y avoir avantage d'employer deux systèmes de traction; le funiculaire pour franchir la hauteur et le tramway ordinaire pour la distance, plutôt que le système unique à locomotives; c'est ce qui a été fait de Lauterbrunnen à Murren et du lac de Thoune au Beatenberg.

Tracé et profil en long.

C'est au funiculaire du Lugano-Gare que, pour la première fois, on a appliqué un changement de direction de la voie, à l'évitement, et au funiculaire du Burgenstock en dehors de celui-ci. Dans le premier de ces chemins de fer, nous constatons pour la première fois une adaptation aussi complète que possible du profil en long au profil théorique. Dans quelques lignes comme celle de Lauterbrunnen à Grütsch, l'emploi de courbes en dehors de l'évitement a été proscrit d'une façon vraiment trop craintive. Un tracé qui se serait mieux adapté à la configuration du terrain, aurait moins gâté le paysage et donné une ligne moins rectiligne et déplaisante; les longs et coûteux viaducs compliquent davantage l'exploitation et l'entretien que ne l'aurait fait un entretien un peu plus coûteux du câble et des poulies. Faire des sacrifices si grands pour obtenir un tracé ménageant le câble, était d'autant moins indiqué que le câble a quand même dû être remplacé après 10 ans de service, à la demande de l'autorité, quoique encore bien conservé, ne montrant ni rupture de fils, ni pourriture des torons, ni rouille des fils intérieurs. Ce remplacement aura été motivé par la crainte que la capacité de travail du câble, qui diminue toujours par le service, ne devait pas être exposée à une épreuve plus longue.

L'expérience a enseigné que les courbes, si elles sont bien proportionnées au diamètre du câble et à l'écartement des galets, ne rendent pas l'exploitation notablement plus difficile ou plus coûteuse. Il est nécessaire en outre, dans certains cas, de choisir la construction du câble suivant les conditions de courbure de la ligne. Au funiculaire du Beatenberg le guidage du câble dans les courbes s'était montré onéreux; avec 18 m d'écartement des poulies et un rayon de 400 m dans les courbes, les câbles ne supportaient que deux services d'été, qu'ils fussent en métal dur ou doux, tordus en croix ou d'après le système Lang. En diminuant plus tard de moitié les angles de déviation du câble par l'emploi d'un nombre double de poulies et en appliquant des câbles de construction fermée, la durée de service s'est accrue d'une manière satisfaisante. Le câble principal de ce système se trouve après la sixième saison n'avoir subi qu'une usure inappréciable et être dans un état parfait.

Quant à l'influence du passage des courbes sur la nature plus ou moins dure du métal du câble, les essais du laboratoire fédéral ont déjà prouvé qu'un métal dur peut avoir une plus grande souplesse qu'un métal tendre et l'expérience a confirmé ce maintien satisfaisant des câbles en métal dur. A cet égard, la prescription de l'ordonnance sur les câbles qui fixe à 150 kg par mm² au maximum, la résistance spécifique du métal d'un câble, ne concorderait plus complètement avec les récentes expériences. On reconnaît dans le tableau donnant les renseignements principaux des lignes funiculaires, la tendance actuelle d'augmenter le rayon des courbes pour les évitements automatiques; c'est d'une part pour augmenter la durée des câbles et d'autre part pour faciliter le passage des griffes du frein.

Les changements de pente brusques concaves ne doivent, si possible, pas avoir lieu dans l'évitement et dans les courbes; ils doivent être arrondis de façon à ce que le câble repose sur les poulies même quand il est assez fortement tendu.

Les raccordements de pentes s'exécutent le mieux suivant une parabole, plus rarement suivant un arc de cercle; on peut les calculer comme suit:

Si l'' est la longueur de la projection horizontale du raccordement du câble au point de changement de pente.

$\operatorname{tg} \alpha$ = l'inclinaison de la voie à la station inférieure.

T = l'effort de traction maximum du câble, en kg,

H = la différence totale d'altitude de la ligne, en m,

p = le poids du câble en kg par mètre,

$\operatorname{tg} \alpha'$ et $\operatorname{tg} \alpha''$, les pentes des tronçons adjacents,

P = le poids de la voiture en pleine charge, en kg,

f = la hauteur ou ordonnée de la courbe du câble au point de changement de pente,

W = le total des résistances qui peut être déterminé avec sûreté d'après les données du tableau,

on a les relations:

$$l'' = \frac{T}{p} (\operatorname{tg} \alpha' - \operatorname{tg} \alpha'')$$

$$T = P \cdot \sin \alpha + pH + W$$

$$f = \frac{l'' (\operatorname{tg} \alpha' - \operatorname{tg} \alpha'')}{8}$$

1) Vautier, Etude des chemins de fer funiculaires.

Dans un chemin de fer funiculaire, le choix du profil en long est de la plus grande importance. Ainsi qu'il ressort des profils en long des lignes récemment construites, on cherche plus qu'autrefois, à adapter le plus exactement possible le profil au tracé de la chaînette (courbe formée par une chaîne tendue entre deux points, de hauteur inégale) surtout pour les chemins de fer d'une certaine longueur. Toute différence même faible avec le profil théorique conduit à une augmentation appréciable de la consommation d'eau ou de force motrice et par contre-coup à des voitures plus lourdes, à des câbles plus pesants, à une usure plus forte et en conséquence à de plus grands frais d'exploitation.

Les chemins de fer funiculaires, comparés à ceux dont la traction se fait par locomotives, ont l'éminent avantage de n'exiger, en dehors de la force nécessaire à vaincre les résistances de frottement que celle que réclame l'équilibre de la charge utile effective. Cet équilibre se rapporte au surplus de poids de la voiture montante y compris la part correspondante du câble. Pour les longues lignes funiculaires le poids du câble est d'une grande importance surtout en cas de traction par contrepoids d'eau, où c'est le poids invariable de la voiture descendante qui fournit le force. Afin d'éliminer l'influence du poids du câble sur l'intensité et la régularité de l'effort de traction, il faut que la pente de la ligne augmente progressivement de bas en haut, de façon à compenser le poids variable du câble.

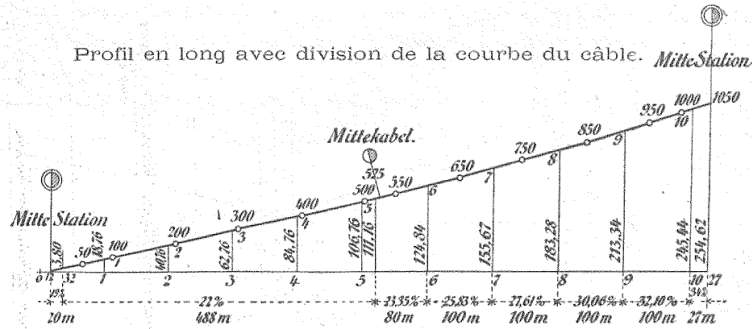
Si le terrain que doit traverser la ligne a une pente assez uniforme, presque égale en bas et en haut, il est possible d'obtenir une traction plus économique par l'emploi d'un contrepoids équilibrant presque exactement le poids du câble. C'est ce qui a eu lieu aux funiculaires de Bienne-Macolin et du Beatenberg. Au funiculaire de Lauterbrunnen-Grütsch on a choisi, à la place d'un câble-ballast, le système de traction moins avantageux donnant une charge variable par la vidange de la caisse d'eau descendante, en rapport avec le poids du câble. Les chemins de fer à traction par contrepoids d'eau réclament en général un profil en long approprié à de faibles variations du travail nécessaire au mouvement car dans ces lignes, le réglage de la marche est plus difficile pendant la durée de la course que dans celles à traction par moteurs électriques, avec leur nombre constant de tours.

L'exécution d'un chemin de fer funiculaire pourra donc être rendue possible non seulement par la disposition de tunnels, de ponts, de tranchées et de remblais mais aussi, dans une certaine mesure, par la système de traction, par un tracé en courbe, par l'emploi de câbles-ballast ou de câbles plus lourds que la traction ne l'exigerait (ainsi à l'Ecluse-Plan) et ce n'est en somme que dans le cas où le terrain à la partie supérieure est sensiblement plus plat qu'au bas, que la construction d'un funiculaire peut rencontrer des difficultés insurmontables.

Souvent le choix du profil en long n'est pas facile car il doit répondre à un grand nombre de conditions; ainsi il faudra éviter de hauts remblais et le croisement de chemins à niveau, réaliser pour le câble la courbe la plus avantageuse possible, trouver un emplacement favorable des stations et prendre en considération la résistance du sol, la marche des travaux et la nature des matériaux à employer. Dans les lignes de grande longueur le transport des matériaux joue un rôle important.

Les chemins de fer funiculaires suisses ont des déclivités atteignant 60% ou 31°. Il est à prévoir qu'avec le développement continu de nos funiculaires cette limite sera probablement dépassée pour les lignes à traction par moteurs et qu'on adaptera les installations mécaniques aux conditions de rampes plus fortes, par exemple par l'emploi d'un profil de rail plus lourd et par une serrage plus rapide des freins.

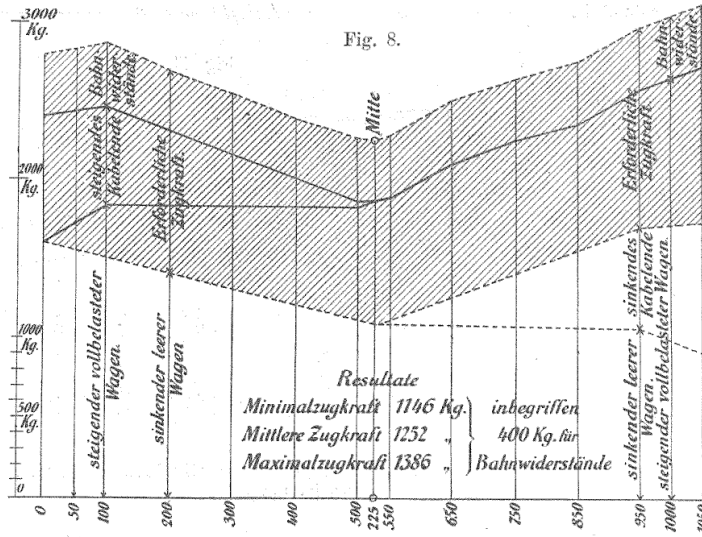
Fig. 7.



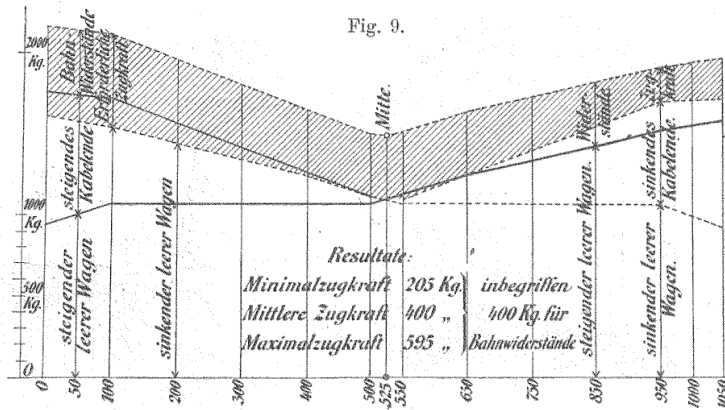
Echelle des longueurs 1 : 10000.
 „ „ hauteurs 25 mm = 1000 kg.

Détermination des efforts de traction pour la voiture montante en pleine charge (8500 kg) et la voiture descendante vide (5000 kg); poids du câble 3,2 kg/m.

Les résistances de la voie sont comprises (400 kg).



Détermination des efforts de traction quand les deux voitures sont vides. Les résistances de la voie sont comprises (400 kg).



Détermination des efforts de traction pour la voiture montante vide (5000 kg) et la voiture descendante en pleine charge (8500 kg).

Effort de traction en trop, à annuler par les freins.

Longueur du câble.

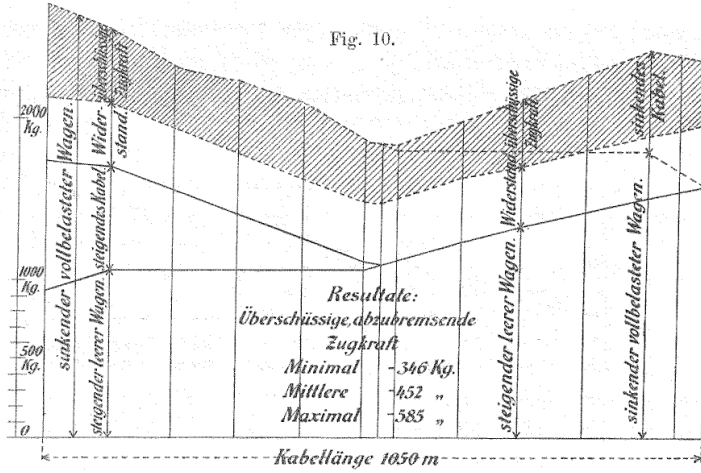
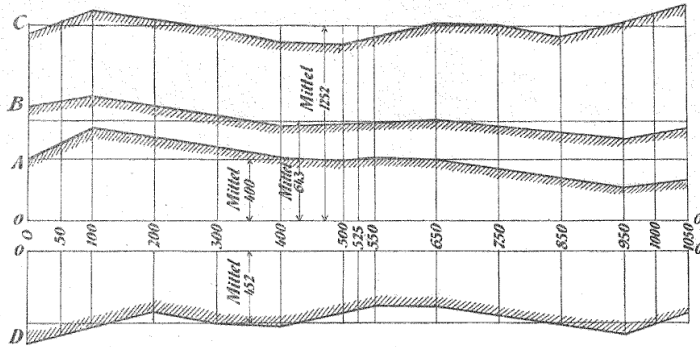


Fig. 11.

Comparaison des efforts de traction pour les divers cas de charge.



Profils normaux récents pour installations à deux rails.
Echelle 1 : 100.

Fig. 12.

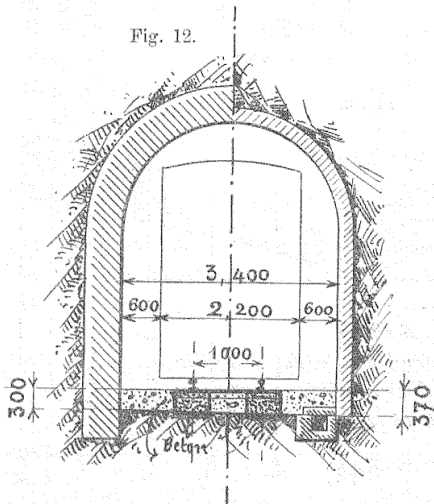
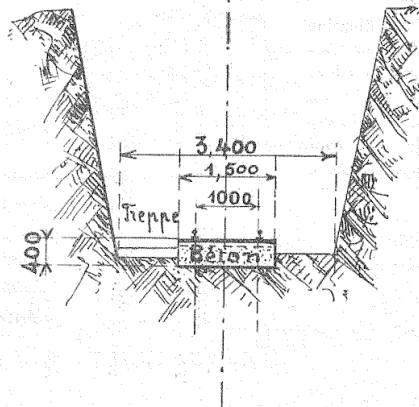


Fig. 13.



Les fig. 7 à 11 donnent les renseignements utiles sur l'importance des variations de l'effort de traction pendant une course et les cas de charge à considérer. Ils se rapportent au profil en long de la ligne électrique du Gurten et ont servi à déterminer la force nécessaire. Il en ressort que les variations d'efforts sont considérables même pour un profil en long peu différent du profil théorique; d'après la fig. 11 nous avons pour les divers cas de charge:

	Voiture montante	Voiture descendante	Effort de traction moyen	Force moyenne en ch. vap. pendant une course à une vitesse de 2,00 m	Ch. vap.-heures nécessaires pour une course en 525 sec.
A	vide (5000 kg)	vide (5000 kg)	400 kg	$\frac{400 \times 2,0}{75} = 10,67$	$\frac{10,67 \times 525}{3600} = 1,6$
B	charge 1000 kg	vide (5000 kg)	$400 + 243 = 643$ kg	$\frac{643 \times 2}{75} = 17,15$	$\frac{17,15 \times 525}{3600} = 2,5$
C	pleine charge 3500 kg	vide	$400 + 3,5 \times 243 = 1252$ kg	$\frac{1252 \times 2}{75} = 33,4$	$\frac{33,4 \times 525}{3600} = 5,0$
D	vide (5000 kg)	pleine charge 8500 kg	$400 - 3,5 \times 243 = -452$ force moyennée superflue	$\frac{-452 \times 2}{75} = -12,10$	—

L'étude de pareils diagrammes est à recommander pour les projets de lignes à traction par moteurs puisqu'ils donnent d'une façon claire, les bases pour l'établissement de l'usine motrice.

Infrastructure.

La disposition de l'infrastructure, comme celle des autres parties d'un chemin de fer funiculaire, offre une grande diversité puisqu'elle doit s'adapter à la déclivité, au type de la voie et aux conditions souvent difficiles du terrain. C'est ainsi que l'on a constitué l'infrastructure en fer, en maçonnerie au mortier, en béton ou en ballast ou par la combinaison de deux de ces systèmes; leur nombre s'est du reste réduit par le fait que depuis 10 ans les lignes à trois et quatre rails n'ont plus été construites et ne seront plus employées que rarement. Pour les lignes à deux rails l'infrastructure, d'une exécution beaucoup plus facile, reçoit jusqu'à environ 30 % de pente, en général, une couche de ballast, bordée des deux côtés par des banquettes en pierre (fig. 15—17); pour des rampes plus fortes nous la trouvons maçonnée ou bétonnée, entièrement ou en partie. Seules les lignes récentes de Lausanne-Signal, de Biemme-Evilard et de Rheineck-Walzenhausen possèdent une infrastructure empierrée à la partie inférieure et bétonnée à la partie supérieure, à pente plus raide et traversant des tranchées ou des tunnels (fig. 12—17). Le funiculaire du Salvatore aux rampes de 17 à 60 % a sur toute sa longueur une infrastructure maçonnée; de même la ligne de Ragaz-Wartenstein aux rampes de 23,5 à 31,1 % et celle de Schatzalp avec 36 à 47 % de déclivité; tandis que la ligne du Stanserhorn n'est maçonnée que sur les sections II et III et que celle de Vevey-Pélerin construite avec 13 à 54 % de pente n'est maçonnée qu'à partir de 30 % de pente. Dans tous les cas le massif de maçonnerie constituant l'infrastructure d'installations à deux rails, a 1,5 m de largeur en couronne, $\frac{1}{5}$ de fruit et au moins 50 cm de hauteur; il repose sur le sol par des gradins

horizontaux et est recouvert à la partie supérieure d'une assise de libages aux joints normaux à la voie.

Le mode d'exécution consiste, après avoir mis à découvert le sol de fondation et l'avoir disposé en gradins, à maçonner au mortier de chaux suivant le profil du massif jusqu'à la couche de libages (pl. 5, fig. 18); on procède ensuite au rejointoiment des faces latérales au mortier de ciment. On pose alors à environ 35 cm au dessus de la maçonnerie, disposée en gradins, l'ensemble de la voie et des galets de guidage du câble calés provisoirement et on maçonne soigneusement l'assise supérieure qui sur les bords extérieurs ne sera pas reliée à la maçonnerie sur moins de 30 cm de hauteur (planches 6, 7 et 8, fig. 19 à 21).

Fig. 14.

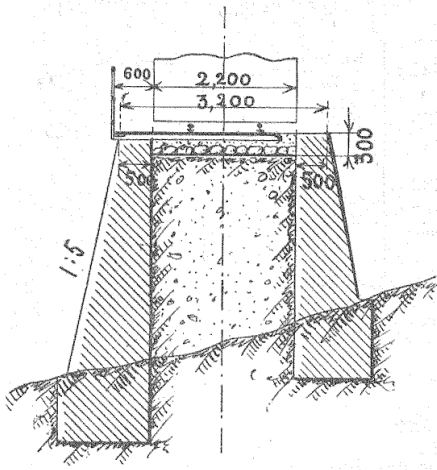


Fig. 15.

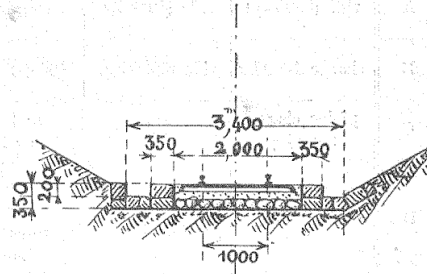


Fig. 17.

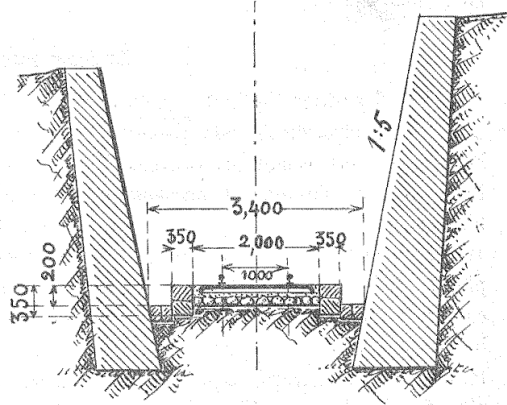
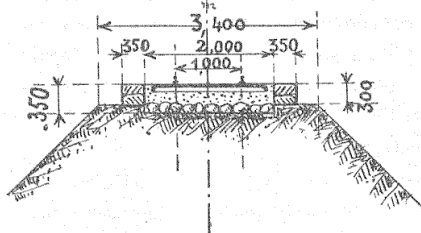


Fig. 16.



Les derniers travaux consistent dans le réglage de la voie et dans le coulage des joints de l'assise supérieure avec du mortier de ciment (pl. 8, fig. 22). Les traverses sont toujours en fers cornières, en général de 120. 80. 9 mm; elles s'étendent sur toute la largeur du massif en maçonnerie et pénètrent dans celui-ci par leur petite aile. Suivant la rampe de la voie, deux traverses ou plus, par joint de rails, sont ancrées par deux boulons de scellement dans l'infrastructure, bien qu'une pareille mesure de précaution ne se soit encore jamais montrée nécessaire aux essais de freins. Depuis 10 ans on exécute l'infrastructure comme elle vient d'être décrite et à tous les points de vue elle s'est trouvée irréprochable.

Afin de faciliter la surveillance de la voie, on dispose sur les rampes de plus de 40 % des marches en pierres plates, au milieu et sur le côté de l'infrastructure. — Sur les viaducs en maçonnerie, un trottoir permet de se garer au passage des voitures (pl. 4, fig. 23).

La construction de l'infrastructure et de la voie est plus difficile dans les installations à forte rampe et à deux voies. Au Territet-Glion l'infrastructure est limitée par deux murs couronnés par des dalles de granit disposées en gradins; un escalier de service est placé entre ces murs. Les traverses sont faites de vieux rails d'acier et reposent en deux points dans des coussinets en fonte de forme convenable; cette construction peu favorable fut améliorée à l'occasion de la transformation de la voie, sur une longueur de 220 m, en terminant les deux murs par une assise de libages à surface unie, les traverses et leurs sabots étant noyés dans du béton.

Les traverses de 2,30 m de longueur, en zorès, de la ligne de Lauterbrunnen-Grütsch reposent sur deux longrines en mélèze et celles-ci à leur tour sur deux murs de soutènement continus de 0,50 m de largeur en couronne. Les traverses et les longrines sont fixées par des boulons à leurs points de croisement et scellées de 2 m en 2 m dans la maçonnerie. On a intercalé entre les longrines dont la longueur est alternativement de 5,60 et 3,60 m, des massifs de béton de 40 cm de longueur et 50 cm de largeur pour éviter le cheminement de la voie et décharger les boulons de scellement.

Dans deux cas, la voie repose sur environ les $\frac{4}{5}$ de sa longueur sur une construction métallique portée par des palées en fer peu écartées (pl. 1 et 3, fig. 24 et 25).

Pour le passage du funiculaire du Geissberg au dessus d'une route, à travers un quartier animé de Zurich, on a exécuté un pont à 3 ouvertures de 12 m et une ouverture de 9 m en béton armé système Hennebique. La hauteur de construction ne permettait pas l'exécution d'un ouvrage voûté ni d'une construction métallique d'aspect satisfaisant; cette dernière aurait en outre produit trop de bruit sous le passage des voitures; le béton armé répondait donc le mieux, dans ce cas à toutes les conditions.

On laisse au moins 60 cm de largeur entre le profil d'espace libre et le gabarit limite des voitures (fig. 12 à 17).

On évite les passages à niveau en faisant passer les routes par dessus ou par dessous et on cherche à diminuer en outre le nombre des croisements de routes par la disposition de chemins parallèles. Les traversées de voie pour les propriétaires de terrain sont établies parfois au moyen d'un platelage en bois laissant libre passage au câble.

Les chemins de fer funiculaires sont presque tous munis de clôtures.

Dans les tunnels il devrait être possible d'ouvrir les portes des voitures au moins d'un côté. Si le tunnel n'est pas voûté on muni d'un revêtement, ou doit dès le début faire sauter à la mine l'espace nécessaire pour le revêtement. L'écartement des niches est de 50 mètres.

Les points d'appui de la voie sont disposés de la manière la plus efficace à l'extrémité supérieure des remblais et exécutés de façon à atteindre le sol naturel. Quant au cheminement de la voie vers le bas sur de hauts remblais, comme c'est le cas par exemple sur la ligne du Beatenberg, ni les plus forts massifs en béton, ni l'entretien le plus soigneux de la voie, ne peuvent l'empêcher. Presque tous les ans il faut en ces endroits démonter des longueurs de voie pour ramener le jeu des joints à sa mesure primitive. Plus tard dans les nouvelles lignes construites, on a pu éviter cet inconvénient en remplaçant les hauts remblais par des viaducs en maçonnerie ou métalliques. Les massifs

en béton de la ligne du Beatenberg ont en plan la forme d'un fer à cheval et s'étendent sous cinq traverses. Dans les lignes récentes à deux rails, seules les deux traverses voisines d'un joint de rails s'appuient contre le massif d'appui en béton.

Les transports pour la construction se font à de petites distances par la brouette, le brancard, le traineau sur voie Decauville; pour des distances plus grandes, les transports à la descente ont lieu à l'aide d'une petite ligne funiculaire avec voie d'évitement, wagonnets à bascule et frein à levier pour le wagonnet descendant. Dans les chemins de fer funiculaires d'une certaine longueur, on actionne fréquemment à l'aide d'un moteur, une installation de funiculaire primitive quand l'exécution est avancée. Au Stanserhorn chaque moteur destiné à la traction fut placé, en circuit électrique fermé, sur un wagon en sorte qu'il se halait lui-même à son point de destination plus élevé. On se servit des moteurs ainsi installés pour le transport des machines de réserve et de tous les matériaux destinés aux stations et à l'hôtel. Il est d'une grande importance pour l'entrepreneur d'étudier à fond les installations de transports avant la construction et de se faire une idée claire de toute la marche des travaux. Les négligences à ce point de vue coûtent souvent cher.

Voie.

Avant la construction de la ligne du Stanserhorn, chaque funiculaire avait son propre type de voie; ce n'est que par la suppression de la crémaillère dans les lignes à traction par moteurs et par les installations récentes à deux rails seulement, que nous sommes arrivés à des types de voie peu nombreux et uniformes. Dans les derniers temps, même pour des lignes très courtes, la disposition de la voie à deux rails a remplacé celle à trois ou quatre rails, surtout parce que les stations deviennent beaucoup plus simples et que l'accès des voitures est plus rapide et plus commode. Il est désirable en vue des cas de forte affluence, de disposer les stations de telle façon que pendant la sortie des voyageurs d'un côté, la voiture puisse être de nouveau remplie simultanément de l'autre côté. Les installations à deux rails sont justifiées même pour de courtes lignes, si l'on prend soin de diminuer le travail un peu défavorable du câble, par le choix d'un évitement allongé donnant de faibles angles de déviation du câble.

Dans l'état actuel de la technique des funiculaires, c'est surtout le système de traction et la déclivité de la ligne qui décident le choix du type de voie. La traction par contre-poids d'eau exige la crémaillère et le réglage de la vitesse de marche par les freins des voitures, alors que la traction par moteurs suppose le réglage de la marche depuis la station motrice, tandis que le freinage de détresse s'opère à l'aide des rails porteurs. Ceux-ci ont des deux côtés de leur tête des surfaces inclinées sur lesquelles les joues du frein peuvent s'appliquer exactement; la composante dirigée vers le bas, de la pression du frein produit un amarrage solide de la voiture sur le rail.

Le type de voie des lignes à traction par moteurs est resté le même dans ses principes, dans les derniers temps; il est caractérisé par les détails qui suivent: les rails d'acier ont 10 m de longueur, 125 mm de hauteur et pèsent 23,2 kg; les traverses droites, en fer zorrès quand elles reposent sur ballast, ont 1,60 m de longueur, 20,6 cm de largeur, 6 cm de hauteur et pèsent 13,6 kg par m; sur béton ou maçonnerie, les traverses sont en cornières droites de 1,50 m de longueur, 120. 80. 9 mm de section et pèsent 14 kg par m; il y a des éclisses en cornières aux joints et au milieu de chaque rail, des plaques de serrage et des boulons à crochet; l'écartement des traverses est de 1 m et aux joints des rails sur ballast de 0,45 m (fig. 26—30). Depuis la construction de la ligne

Joint de rails de lignes récentes.

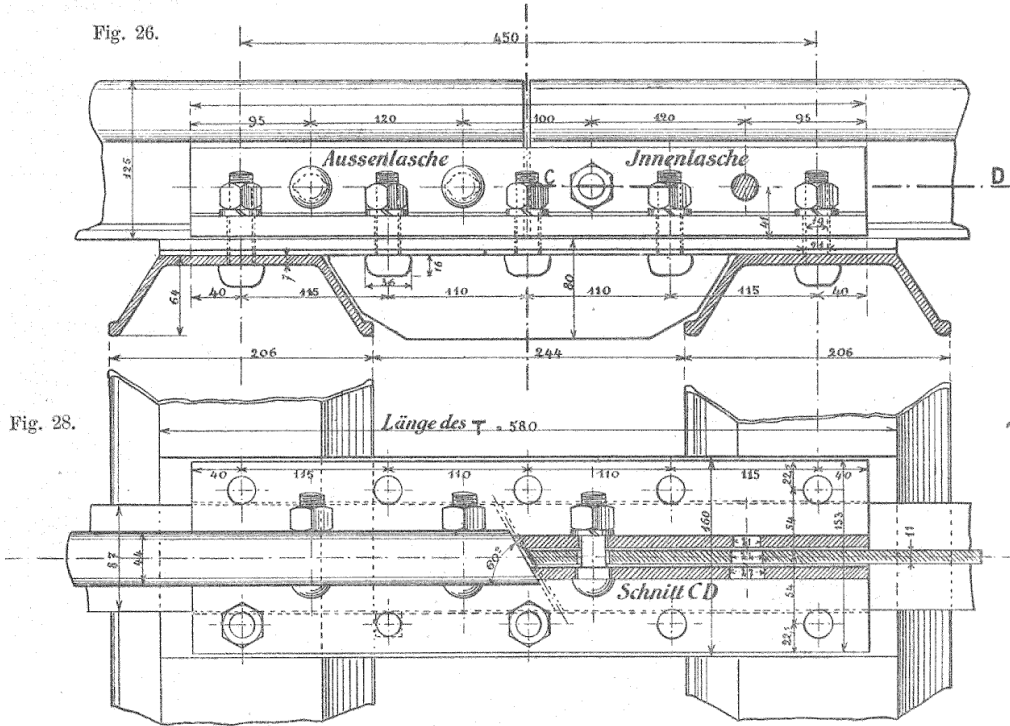


Fig. 27.

Echelle 1 : 5.

Fig. 29.

Attache du rail sur une traverse médiane.

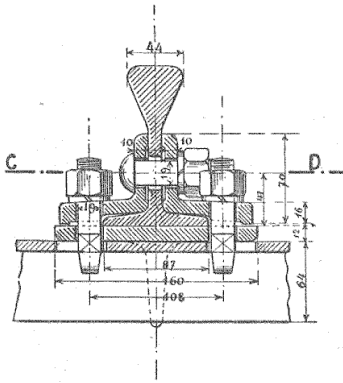
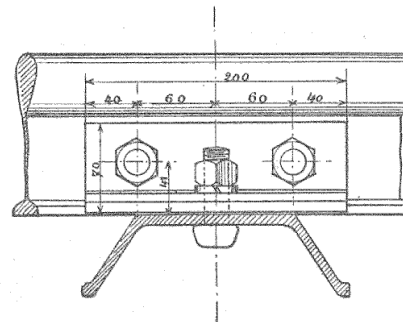
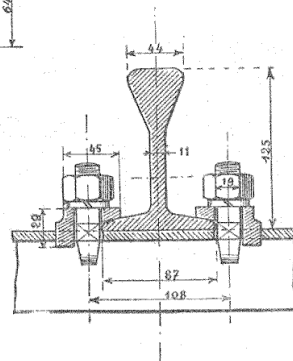
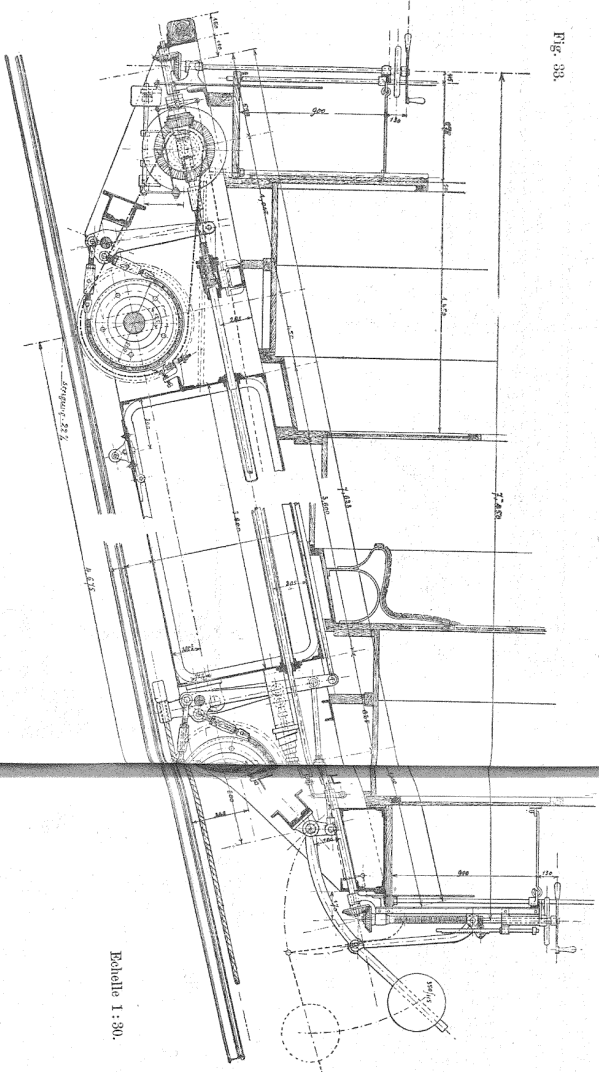


Fig. 30.
Attache sur les traverses ordinaires.



Nouveau frein de voiture à contrepoids d'eau.

Fig. 33.



Echelle 1:30.

Fig. 35.

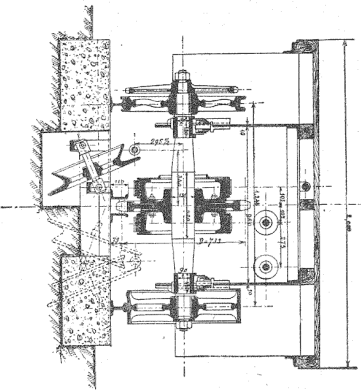
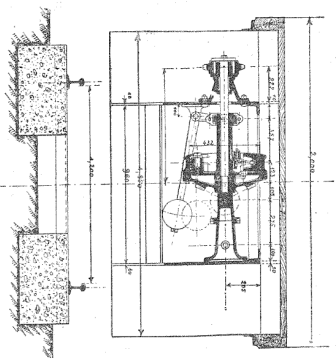
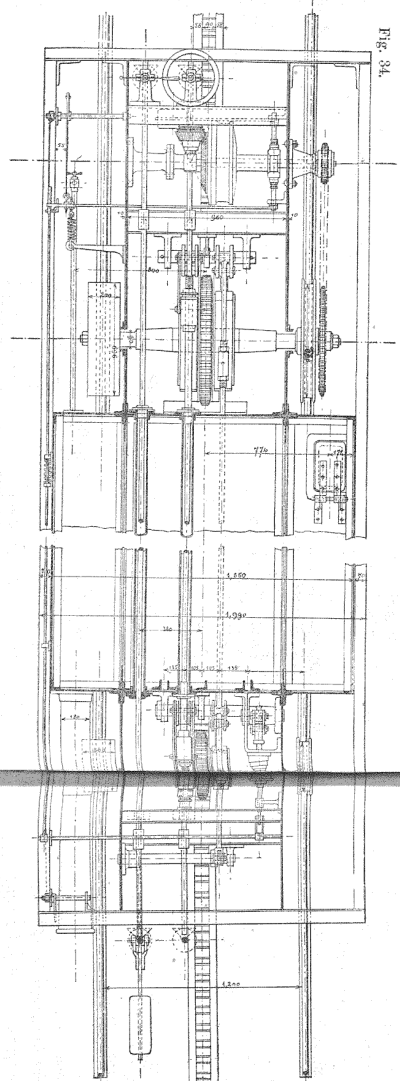


Fig. 34.



du Stanserhorn, on a renforcé le profil du rail et la construction de l'éclissage. Au funiculaire du Gurten les extrémités des rails sont coupées sous un angle de 60° et on a disposé au joint entre les rails et les traverses, un robuste fer T pour obtenir une position aussi invariable que possible des abouts des rails (fig. 28). L'autorité a réclamé ce type de joint robuste qui évite les saillies latérales des rails, dans toutes les constructions qui vinrent ensuite.

L'écartement des rails comporte 1 m dans la règle, cette largeur se trouve complètement utilisée par l'installation des poulies obliques du câble. La pl. 4 fig. 31 indique la construction de l'évitement. Celui-ci doit permettre le croisement des voitures au milieu de la ligne sur une longueur de $1\frac{1}{2}$ fois celle d'une voiture; l'écartement des voies est calculé pour laisser au moins 60 cm de largeur libre entre les deux voitures. Au funiculaire du Salvatore, l'évitement est remplacé par une station de transbordement grâce à laquelle un profil en long plus économique a pu être réalisé; au besoin cette disposition permettrait d'intercaler un évitement dans chaque moitié de la ligne pour doubler ainsi sa capacité de trafic.

La voie des lignes à traction par contrepoids d'eau est formée, pour une installation à deux rails, de rails ordinaires et d'une crémaillère au milieu (pl. 3, fig. 25). Cette disposition exige, pour le passage de l'évitement, que les roues porteuses intérieures soient sans boudins et que les roues extérieures en aient deux (fig. 35). Comme l'une des voitures a ses roues de guidage à gauche tandis que l'autre les a à droite, la première passera toujours sur la voie de gauche de l'évitement et la seconde sur celle de droite; les roues porteuses à bandage plat peuvent passer le croisement sans difficulté. Ces types de roues ne présentent aucun désavantage; elles assurent même un guidage plus précis de la voiture et permettent un écartement fixe à volonté des roues d'un essieu, même pour de petits rayons de courbure de la voie. Les crémaillères sont exécutées d'après les systèmes Riggerbach, Abt et Strub; ce dernier système fut récemment appliqué au funiculaire de Montmartre à Paris. Dans les trois systèmes, l'ancrage continu des voitures à l'évitement, où la crémaillère se divise en deux, est possible (fig. 36, 37 et 38). Les ancrages ont pour but d'empêcher le soulèvement de la roue dentée sous l'effet du frein; ils sont de grande importance pour cette raison, surtout dans les fortes rampes, où les efforts de soulèvement peuvent dépasser la charge des essieux. Dans les lignes à forte déclivité on cherche aussi toujours à répartir l'effort du frein sur les deux essieux à roue dentée.

A l'évitement, la hauteur de la crémaillère ne doit pas dépasser celle du rail porteur, afin de permettre le passage des roues intérieures sans boudin, aux croisements avec la crémaillère. La voiture montante croise en outre le câble à la partie supérieure de l'évitement; pour ce motif il doit être toujours placé en contre-bas du dessus des rails. Depuis quinze ans qu'ils existent, les évitements automatiques se sont bien comportés. Par égard à la durée du câble, il conviendrait de ne pas avoir des rayons de courbure trop petits à l'évitement et de les proportionner au diamètre du câble. En outre il est nécessaire d'avoir une pose très solide et soignée des poulies de guidage du câble au haut de l'évitement, où les roues porteuses sans boudins croisent le câble; c'est en négligeant cette précaution que déjà à plusieurs reprises les roues ont passé sur le câble.

Dans quelques chemins de fer funiculaires à trois rails, nous trouvons une position dissymétrique de la crémaillère, afin de permettre de rapprocher davantage le câble du milieu de la voie et de diminuer ainsi la pression latérale des roues porteuses (pl. 2, fig. 39). Dans trois funiculaires à deux rails, on a adopté une largeur de voie de 1,20 m parceque

Fig. 36.

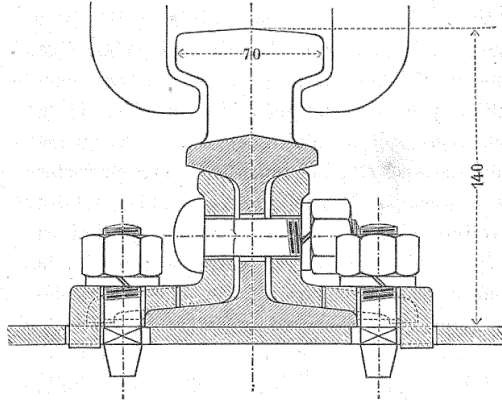


Fig. 36 a.

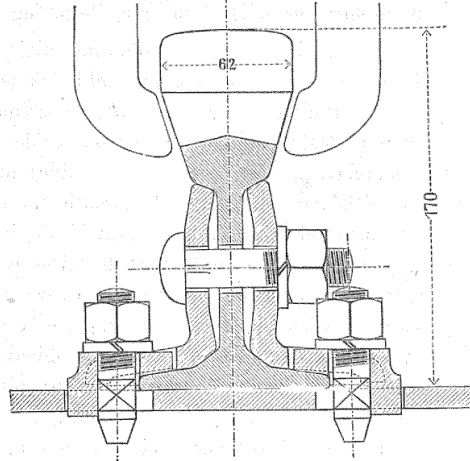


Fig. 37*)

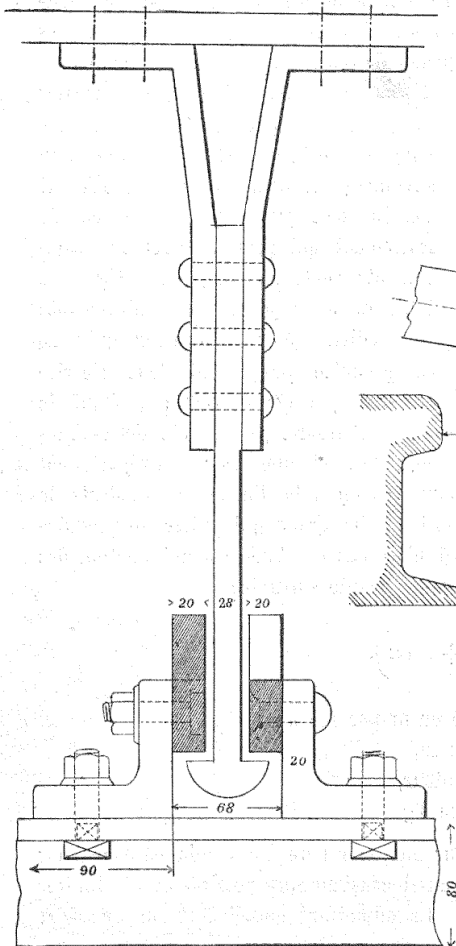
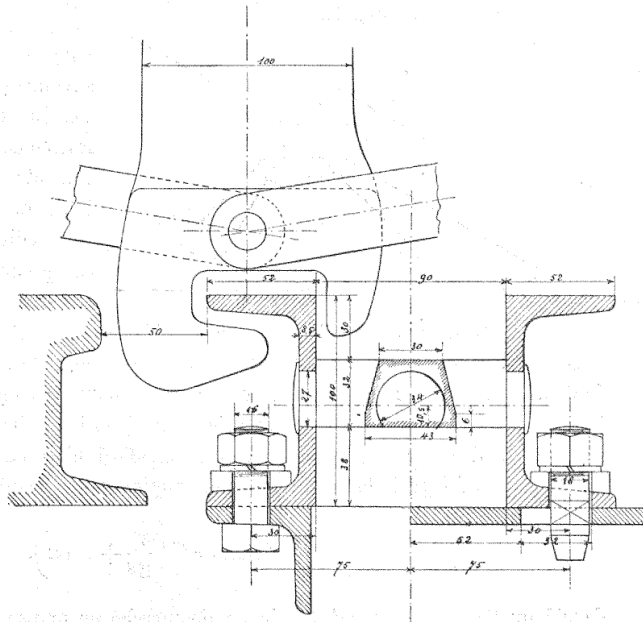


Fig. 38.

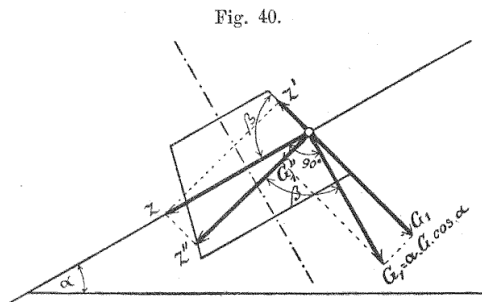


Types de crémaillères pour funiculaires.

*) Cliché de „Walloth's Drahtseilbahnen“.

la largeur de 1 m s'est trouvée trop faible pour la pose des poulies et l'inspection de la ligne entre les rails et la crémaillère (fig. 35).

L'exploitation normale d'un funiculaire ne produit qu'un faible travail de la crémaillère et l'usure de celle-ci est aujourd'hui à peine appréciable, même pour les plus anciennes lignes. Toutefois, à la descente, la crémaillère peut être fatiguée bien au delà de la limite normale par une action trop rapide des freins, soit volontaire, soit due à une vitesse de marche accélérée, avec ou sans câble; même dans ces cas, la crémaillère devra présenter une résistance suffisante et garantir un sûr engrenage. Par un freinage rapide, la force vive agissant au centre de gravité de la voiture et parallèlement à la voie, produit en effet un moment dont le bras de levier est égal à l'écartement du centre de gravité à la ligne de contact de la crémaillère; ce moment charge toujours l'essieu inférieur et décharge l'essieu supérieur, peu importe si les freins agissent sur un ou sur les deux essieux. La stabilité de la voiture sera donc mieux assurée en employant un grand écartement des essieux, en ayant un centre de gravité plutôt bas, des crochets de sécurité à l'extrémité supérieure de la voiture et en chargeant plus fortement l'essieu du haut. La valeur de l'effort agissant sur une dent à la descente a aussi son influence sur le danger de soulèvement des roues dentées. L'effort Z (fig. 40) sur une dent se décompose en deux forces Z' suivant la face latérale de la dent et Z'' perpendiculairement à cette face. Z' tend à



décharger la dent et Z'' peut favoriser le soulèvement par son frottement. Le poids G_1 de la voiture agit comme suit: sa composante G_1'' augmente encore l'effort sur la dent Z'' et par conséquent le frottement qui peut favoriser le soulèvement; seule la composante G_1' tend toujours à empêcher le soulèvement; la condition à remplir pour qu'il ne se produise pas, peut donc s'écrire $G_1' \geq Z' + f(Z'' + G_1'')$; f étant le

coefficient de frottement entre la roue dentée et la crémaillère. La sûreté de l'engrenage exige donc aussi un bon graissage de la crémaillère et que les freins répartissent également l'effort sur les dents, aux deux essieux. Quant à la dimension des dents de la crémaillère, elle devra être calculée pour l'effort le plus grand qui puisse se produire sur une dent et en tenant compte que cet effort n'est pas constant pendant l'action des freins mais qu'il part de zéro. On peut employer la formule suivante:

$$Z \max = G \left(\frac{v^2}{gs} + \sin \alpha \right),$$

dans laquelle

v est la vitesse de marche en m par seconde,
 s le chemin de freinage en m,
 g l'accélération de la pesanteur,
 G le poids de la voiture en kg.

Les nouveaux systèmes de freins ont eu pour but de rendre le chemin parcouru par la voiture à partir du moment où le frein agit, aussi constant que possible et à le limiter à la valeur de 1 à 4 m; ce but a été atteint. En admettant que l'effort sur une dent

est augmenté b fois par le freinage et que l'inclinaison de la face latérale de la dent sur la voie soit β et en posant $\cos \beta = p$ et $\sin \beta = q$, on trouve la limite admissible de déclivité de la voie par la formule :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a(q - fp)}{b(p + fq)}$$

a étant la partie du poids de la voiture qui doit reposer sur l'essieu freiné pour empêcher le soulèvement de la roue dentée. Le coefficient b donnant le plus grand effort sur une dent est donné par les équations précédentes; sa valeur est

$$b = 1 + \frac{v^2}{g \sin \alpha}$$

Ces formules sont applicables aux trois systèmes de crémaillère; même au système $A b t$ qui pour des raisons connues, ne permet pas, malgré le dédoublement de la crémaillère, d'employer des déclivités plus fortes qu'avec les autres systèmes.

Câbles.

La fabrication des câbles n'était pas inconnue dans la haute antiquité; les Egyptiens en confectionnaient déjà d'un genre particulier ainsi que le prouvent quelques morceaux de métal que les connaisseurs font remonter à l'an 1700 av. J. C. On peut voir au musée de South-Kensington un morceau de fil de métal attribué aux habitants de Ninive et datant d'environ 800 ans av. J. C. Cette fabrication est citée par Pline et d'autres auteurs de son époque. Au moyen-âge, on avait des tréfileries dont le travail se bornait à l'étirage de fils de métaux précieux; ce n'est qu'an XIV^{ème} siècle que nous trouvons en Allemagne les débuts de la méthode actuelle du tréfilage.

Bien que plus tard l'industrie des fils de métal se soit aussi implantée en Angleterre, c'est cependant en Allemagne qu'elle a pris la plus grande extension, fabrication très intéressante dans ses branches variées et ses divers degrés de développement. Dans ce qui suit nous ne décrirons que ce qui se rapporte plus spécialement à la confection de câbles métalliques.

Au début on utilisait les anciennes machines à tordre les cordages en chanvre, transformées pour permettre d'y fixer des torons de fil de fer à la place de torons de chanvre. Cette méthode primitive fut cependant bientôt remplacée par des améliorations dans la construction des câbles. Aujourd'hui la fabrication de câbles en fils d'acier seule s'est maintenue, et a supplanté celle des câbles en fils de fer. On procède à ce travail avec une grande prudence; les barres d'acier sont soumises à un examen minutieux avant de les utiliser, afin d'être sûr de n'employer que le meilleur métal, exigence principale si l'on veut obtenir des câbles irréprochables. Après cet examen les barres sont transportées dans la chambre de trempage où elles sont trempées au moyen d'un bain de plomb, procédé qui constitue un secret de fabrication. Les barres passent ensuite à la forge: une extrémité de la barre est rougie au feu et forgée en pointe sur l'enclume afin de faciliter son introduction dans les trous des plaques d'étirage. Les barres sont passées ensuite à l'acide; à cet effet on les plonge prudemment dans une solution acide, puis on les lave à l'eau, afin d'en éloigner toute matière grasse ou sale. Un bain dans de l'eau de chaux les prépare ensuite à être portées dans les fours de séchage. Ces fours ont un plancher métallique sous lequel on entretient un feu continu pour le maintien d'une température convenable; les barres y sont peu à peu complètement séchées.

Les barres d'acier sont maintenant prêtes à être transportées à la tréfilerie. Les machines comprennent un certain nombre de tambours à axe vertical et tournant horizontalement; ils sont disposés sur une longue table à laquelle sont fixés aussi des cadres avec des plaques percées de trous; à l'aide des tambours les barres sont étirées à travers les trous des plaques. Un levier disposé sur le côté de la table permet de les mettre instantanément en mouvement. Les tenailles ou pinces qui tiennent la barre peuvent être reculées par un excentrique disposé sur l'arbre et saisir la barre quelques pouces en arrière; de cette façon la barre est devenue libre et les pinces revenant en avant par la rotation de l'arbre saisissent de nouveau le fil de métal à la sortie de la plaque d'étirage. C'est là le procédé du début qui se répète jusqu'à ce qu'on ait obtenu une longueur de fil suffisante pour faire un tour du tambour; puis par la rotation de ce dernier toute la barre est transformée en fil s'enroulant sur le tambour. Cette marche est répétée sur d'autres tambours en faisant passer le fil par des trous de diamètre toujours plus petit jusqu'au numéro de série voulu.

Il convient de remarquer que les fils ainsi traités ne sont ni coupés ni écrasés en passant par les ouvertures allant en décroissant; bien que le diamètre devienne plus faible on ne peut cependant constater aucune perte de poids; la longueur plus grande de fil étiré correspond précisément au plus petit diamètre. Toute l'opération se fait automatiquement; un seul ouvrier est nécessaire pour prendre soin du graissage.

Les fils étirés au diamètre voulu sont enlevés de leur tambour et conduits à la chambre des essais, où ils subissent des épreuves minutieuses concernant leur capacité de résistance. On les essaie à la flexibilité, à la torsion et à l'allongement; le pliage à 90° destiné à déterminer la ténacité du métal, se fait à la main. L'ouvrier prend un morceau de chaque extrémité d'un rouleau de fil, le plie à angle droit vif et le tourne autour du même axe aussi souvent qu'il peut jusqu'à rupture. Pour l'essai à l'allongement, on se sert d'une machine à levier chargé; un indicateur marque exactement le poids qui agit sur le fil au moment de la rupture. Les torsions se font sur un morceau de fil de 8 pouces de longueur et sont poursuivies jusqu'à rupture du fil.

Ces essais terminés, les fils qui les ont bien supportés sont transportés dans un autre local et remis au personnel fabriquant les câbles. Le soin apporté dans la fabrication est tel que chaque rouleau de fil doit subir ici encore une fois des épreuves analogues aux précédentes; leur résultat est soigneusement enregistré en sorte qu'on sait de chaque fil, ce qu'il est en état de supporter; on peut donc choisir pour chaque câble les fils convenables. Les machines à câble confectionnent les divers torons et les câbles terminés; elles sont mises en mouvement par de grands arbres de transmission.

Les fils sont d'abord enroulés sur des bobines puissantes et placés dans les machines à faire les torons, chacune d'elles recevant autant de bobines qu'il doit y avoir de fils dans un toron. La disposition de ces machines est telle que les extrémités des fils enroulés passent par les trous du cadre muni d'un mouvement de rotation et plus loin par une pièce fixe ou mandrin, avant d'être enroulées sur le tambour tendeur. L'âme en fil d'acier ou en chanvre aboutit au milieu du toron en passant par l'arbre creux de la partie de la machine munie d'un mouvement de rotation. Si les torons ont plus d'environ 1000 m de longueur, on soude les fils pour obtenir la longueur voulue de toron, qui est par conséquent presque illimitée.

Les tambours tendeurs sur lesquels sont enroulés les torons sont ensuite transportés à la machine qui filera les torons en un câble. La disposition de ces machines est la

même que celle des machines à torons mais elles travaillent à un nombre de tours beaucoup plus faible. Un type fort de ces machines est en mesure de transformer environ 80000 kg de torons en un câble sans discontinuité. Ces machines ont 6 bobines pesant chacune 4000 à 5000 kg. Leur construction est extrêmement robuste; les bobines vides pèsent environ 400 kg; on se sert de ponts roulants pour leur manoeuvre ainsi que pour celle des autres charges lourdes. On voit donc que toute la fabrication des câbles métalliques se fait presque exclusivement à l'aide de machines, la main d'oeuvre de l'homme n'étant employée que pour le service de celles-ci.

La fin de la fabrication des câbles est très simple: dès que les bobines ou tambours ont été enlevés des machines à torons et introduits dans la machine à câble, les extrémités des torons sont saisies sur les bobines et passées à travers les trous de la partie fixe de la machine et les torons sont tordus en un câble entre la partie fixe déjà mentionnée et un mandrin fixe précédant l'enroulement. En même temps l'âme est tirée au milieu des torons, à travers l'arbre creux, en se déroulant d'une bobine et passant par un pièce extrême de guidage.

Dans la fabrication des câbles, il était autrefois d'usage d'enrouler les fils des torons dans un sens et les torons du câble dans l'autre sens, afin de donner au câble, comme on le supposait, un maintien plus ferme et empêcher qu'il ne s'ouvre. Cette méthode d'enroulement croisé fut supplantée en grande partie par le procédé de M. John Lang breveté en 1879 et appliqué tout d'abord par Geo. Cradock et Cie.

Dans le système Lang les fils des torons et les torons du câble sont tordus dans le même sens. De cette façon, on obtient des câbles plus lisses et une surface plus grande de contact des fils. Les fils usés par un long travail ne se rompent pas sur le pourtour comme c'est le cas dans les câbles d'ancienne construction; les câbles eux même prennent l'apparence d'une tige de métal flexible. Dans les câbles de Lang les fils sont plus rapprochés de l'axe, ils offrent de plus grandes surfaces à l'usure et parent à une forte usure locale de quelques tronçons de fils. La tendance naturelle des fils à se couper réciproquement est diminuée, ce qui doit vraisemblablement augmenter la durée des câbles du système Lang.

Suivant les besoins, l'âme des câbles est faite en chanvre ou en fil d'acier, parfois aussi par une combinaison de ces deux matières. C'est le meilleur chanvre de Russie qui seul est employé; on enlève, à la machine, la saleté et les substances étrangères qu'il pourrait contenir, puis il est tordu par les procédés habituels comme cela a lieu dans les filatures de lin ou de coton ou aussi chez chaque cordier. Les fibres ainsi filées sont trempées dans du goudron et tordues en cordes de chanvre convenablement préparées pour servir d'âme dans la confection du câble métallique. La fabrication des âmes de câble en fils d'acier est la même que celle qui a été décrite pour la fabrication des torons. En Suisse on s'est servi d'abord presque exclusivement de câbles à enroulement croisé; aujourd'hui ils ont été presque partout remplacés par les câbles du système Lang.

Outre ces deux systèmes de câbles on emploie pour les funiculaires à traction par contrepoids d'eau un troisième système, celui du câble fermé (fig. 41). Sa construction se distingue de celle des câbles anciens, essentiellement par les dispositions suivantes:



1. Tous les fils sont placés en couches concentriques autour d'un fil central.
2. Une à deux couches de fils intérieurs sont de petit diamètre et de section circulaire; dans les autres couches les fils sont à section polygonale de sorte

VI*

qu'il n'existe pas de vides entre eux. Aux fils ronds en partant du centre, succèdent les fils à section en forme de segment annulaire, à ceux-ci des fils à section en forme de S. Ces derniers se recouvrent mutuellement et constituent la construction fermée.

3. Les fils de deux couches consécutives sont tordus en hélices de sens contraire.
4. Les fils de la couche extérieure, qui recouvre le câble, sont tordus pendant la fabrication sous un effort d'extension fixé exactement et mécaniquement, et supérieur à l'effort de tension agissant sur les fils intérieurs.

Dans l'exploitation, les câbles fermés ne réclament pas des soins plus grands ou plus d'égards que les câbles ordinaires; par contre ils exigent plus d'attention pour la pose car ils sont très sensibles aux refoulements; il faut pour cette raison éviter soigneusement les boucles. Les procédés ordinaires permettent d'obtenir aisément une pleine sécurité dans leur amarrage malgré la surface lisse de ces câbles.

Pour une même résistance spécifique du métal, une même surface totale des sections du métal et par conséquent une égale résistance totale du câble à la rupture, le câble fermé a un diamètre sensiblement plus petit que celui des câbles ronds habituels et il est plus léger que ces derniers du poids de l'âme en chanvre.

L'allongement des câbles fermés est faible même après un temps de service assez long. Cette propriété tient aux particularités de la construction: au changement alternatif du sens de la torsion des couches de fils adjacentes, celle-ci se faisant successivement une fois à droite et une fois à gauche; puis à la construction sans espaces vides. En exerçant une traction sur le câble, trois sortes de déformations tendent à se produire à l'intérieur de chaque couche de fils: la première vise à augmenter le pas de l'hélice d'enroulement des divers fils (tendance à la torsion); la seconde tend à allonger les fils de chaque couche (tendance à l'extension); la troisième cherche à diminuer le diamètre intérieur de chaque couche (tendance à la contraction de la section). L'action simultanée des dispositions particulières de la construction, empêche en fait les déformations mentionnées de se produire. Le changement de sens de l'enroulement a pour effet que chaque couche tend à tourner dans le sens opposé à la couche suivante; le contact complet des fils et la tendance produite par la charge de rapprocher tous les fils du centre du câble, produisent en quelque sorte une action de frein de chaque couche extérieure sur la couche voisine intérieure qui, à son tour, empêchera l'allongement des fils de la première couche en réfrénant leur glissement. Plus la charge du câble est grande, plus aussi cette action de frein sera forte; ce sera d'autant mieux le cas que la charge totale du câble se répartira plus également entre les sections de fils enroulés à droite et à gauche.

La surface lisse du câble, la surface de contact plus grande qui en résulte sur les appuis, la marche tranquille des câbles fermés, ont pour conséquence une usure très faible des fils de pourtour. Pour ces motifs aussi, les galets du câble ne s'usent presque pas et la résistance due au frottement du câble est beaucoup plus faible que celle qui provient des câbles ordinaires.

Tant qu'un effort anormal n'a pas déformé la symétrie des couches de fils, les fils de la couche extérieure, qui auraient été rompus, n'ont pas pu se dégager et faire saillie sur la surface du câble.

A cause de la tension plus forte des fils de la superficie, comparée à celle des fils intérieurs et due à la fabrication, la faiblesse du câble se révèle d'abord par la rupture de fils extérieurs.

Les fils des couches intérieures n'éprouvent aucune diminution de leur ductilité même après un service d'assez longue durée; on a constaté par contre que le métal des fils de la superficie devient plus cassant.

Tandis qu'on est allé jusqu'à une résistance à la rupture de 175 kg par mm² pour les fils ronds des câbles usuels, on se borne pour les câbles fermés à une résistance des fils de 140 kg par mm².

Ces résultats, dus à une publication de l'ingénieur des mines Ehrenberg sur les câbles fermés, sont pleinement confirmés par ceux du funiculaire du Beatenberg où le câble de traction placé au printemps 1894, est encore dans un état irréprochable, bien qu'il ait atteint déjà une durée trois fois plus longue que celle des câbles précédents à fils ronds. Jusqu'à présent on n'a employé les câbles fermés que pour les funiculaires à traction par contrepoids d'eau, parceque pour la traction par moteurs, leur surface lisse exige un enroulement plus de fois répété, sur les poulies de renvoi, que les câbles à fils ronds.

Les expériences et les essais faits jusqu'à présent avec des câbles ont été en général favorables et il faut leur attribuer évidemment, une part importante du fort essor des chemins de fer funiculaires. On cherche à supprimer les dangers de l'exploitation par l'emploi des meilleurs câbles, sortant de fabriques réputées, par des essais minutieux précédant la mise en service, par un degré de sûreté relativement élevé, par des inspections fréquentes, en outre par une surveillance sévère de la part du département des chemins de fer, pendant l'exploitation et au moment de l'amarrage du câble; puis en prévoyant à temps le remplacement du câble et en employant des freins peu à peu grandement améliorés et prévenant autant que possible un travail anormal du câble.

Les câbles mis hors de service sont soumis au laboratoire fédéral des essais, aux mêmes épreuves que les câbles neufs et les résultats obtenus ont démontré qu'en général la résistance absolue n'éprouve aucun affaiblissement par l'exploitation; par contre, on a constaté une diminution de la capacité de travail et une fatigue du métal.

Les expériences recueillies après 15 ans d'existence de nos lignes funiculaires ont permis la publication des prescriptions suivantes du Conseil fédéral suisse:

Ordonnance concernant les câbles des chemins de fer funiculaires.

(Du 12 janvier 1894.)

Le Conseil Fédéral suisse.

en application de l'article 31 de la loi fédérale du 23 décembre 1872, concernant l'établissement et l'exploitation des chemins de fer sur le territoire de la Confédération suisse;

sur le rapport de son département des postes et des chemins de fer,

arrête:

Art. 1^{er}

Avant de faire l'acquisition de câbles pour chemin de fer funiculaire, la compagnie du chemin de fer respectif soumettra chaque fois, au département fédéral des chemins de fer, un projet contenant les dimensions et la composition du câble; des données sur les conditions de résistance des matériaux à employer; le calcul du travail maximum normal du câble et sa résistance prévue à la rupture, et des indications sur les différents diamètres des

galets et des poulies et sur les angles correspondant au pourtour de contact du câble sur ces appareils.

Ce projet sera présenté assez longtemps avant la commande du câble pour qu'on puisse encore tenir compte des réserves et des observations éventuelles du département.

Art. 2.

Dans le calcul du travail normal maximum du câble, on tiendra compte de la position et de la charge les plus défavorables du train, du poids et de la raideur du câble des résistances de frottement des voitures, ainsi que des galets porteurs et des galets et poulies de renvoi.

Art. 3.

Les câbles devront remplir les conditions suivantes.

- a) Le câble devra, dans son ensemble, être souple et pouvoir se plier facilement. Son mode de construction sera choisi en conséquence.
- b) La résistance du câble à la rupture devra être d'au moins huit fois la charge maximale atteinte dans l'exploitation normale.
- c) La résistance du métal des fils à la traction ne dépassera pas 15 tonnes par cm^2 et ne devra atteindre ce chiffre qu'à titre d'exception. Lorsque les conditions de tracé du chemin de fer seront défavorables, la résistance à la traction ne devra pas dépasser 12 tonnes par cm^2 .
- d) L'allongement ne devra pas être inférieur à 3 %.
- e) Le travail de torsion devra être d'au moins 5,5 cm. t. par cm^2 .
- f) Les fils devront, avant de se rompre, supporter au moins 10 pliages successifs de 180° autour d'une broche d'un diamètre cinq fois plus grand que celui des fils.

Le département des chemins de fer est autorisé à établir, cas échéant, des prescriptions spéciales au sujet des conditions énoncées ci-dessus.

Art. 4.

Afin de justifier des qualités requises d'un câble, on devra le soumettre à des épreuves complètes à la station fédérale d'essai de la résistance des matériaux de construction, à l'école polytechnique de Zurich. A cet effet, on mettra, à la disposition de cette station, un tronçon de câble conforme aux prescriptions du département.

Le procès-verbal des essais sera transmis à ce dernier assez tôt pour qu'il puisse prendre, avant la date prévue pour la mise en exploitation du câble, une décision sur l'admissibilité de celui-ci.

Les épreuves comprendront;

des essais à la rupture avec le câble entier, éventuellement aussi des essais de choc;

des essais à la rupture, à la torsion et au pliage avec tous les fils d'un toron.

Pour les câbles de système nouveau (sans torons), les essais sur les fils isolés s'étendront au moins au $\frac{1}{6}$ du nombre des fils de la section transversale du câble et seront répartis entre les fils de section différente dans la proportion de leur nombre dans le câble.

Le département des chemins de fer pourra, du reste, modifier, suivant les besoins, le programme des épreuves.

Art. 5.

L'attache des câbles se fera conformément aux instructions du département. A moins d'autorisation spéciale de celui-ci, elle sera toujours exécutée en plein jour.

Le département des chemins de fer devra être informé, en temps utile, du jour où l'attache d'un câble (coulée de l'alliage) doit se faire, afin que ses organes puissent éventuellement assister à l'opération.

Art. 6.

La surveillance du câble pendant l'exploitation devra s'exercer de la manière suivante.

- a) Visite journalière du câble et de ses attaches par des agents qualifiés de la ligne.
- b) Révision minutieuse du câble, tout d'abord chaque mois à partir de sa mise en exploitation, par les soins d'un technicien de la ligne spécialement qualifié pour cette opération.

Lors de ces inspections, on relèvera consciencieusement, entre autres, le nombre et la position des ruptures de fils.

En outre, on mesurera exactement l'allongement du câble. Le procédé à suivre pour ces opérations fera l'objet d'une instruction à établir par le département des chemins de fer.

Aussitôt que l'on constatera des ruptures de fils ou d'autres irrégularités dans l'état du câble, les révisions se feront à intervalles plus courts.

Pour les chemins de fer funiculaires dont l'exploitation est suspendue pendant l'hiver, une révision minutieuse du câble devra se faire après la clôture de la saison et une autre avant l'ouverture de l'exploitation au printemps. Cette dernière révision sera effectuée assez tôt pour qu'on puisse tenir compte, avant l'ouverture de l'exploitation, des mesures prescrites par le département des chemins de fer.

Les résultats des révisions périodiques du câble, c'est-à-dire les indications sur son état général, sur son usure, sur le nombre et la position de ses ruptures de fils, de ses avaries éventuelles, etc., seront, chaque fois, immédiatement communiqués, dans la forme prescrite, à l'inspecteur technique des chemins de fer.

Si des incidents spéciaux se produisent ou qu'on observe quelque chose d'anormal au câble, on procédera immédiatement à une inspection spéciale, et l'on fera de suite rapport à l'inspecteur technique des chemins de fer.

Pour chaque câble, on tiendra, en outre, un registre suivant un modèle à établir par le département.

Art. 7.

Le délai pour le remplacement d'un câble sera fixé — au besoin par ce département — suivant les résultats des révisions périodiques et en tenant compte de la durée de service du câble.

Le câble remplacé sera soumis à des épreuves analogues à celles prescrites pour les câbles neufs. Ces épreuves se feront également à la station fédérale d'essai de la résistance des matériaux de construction.

A cet effet, on expédiera à cette station immédiatement après le remplacement, un tronçon de câble de la longueur prescrite pris dans sa partie la plus endommagée.

Art. 8.

Les frais de toutes les révisions et épreuves sont à la charge de la compagnie du chemin de fer.

Art. 9.

Les administrations des chemins de fer funiculaires devront, en temps utile, faire l'acquisition d'un câble de réserve.

Art. 10.

La présente ordonnance entre immédiatement en vigueur. Le département des chemins de fer est chargé de l'exécuter.

L'instruction mentionnée à l'art. 5 est la suivante:

Berne, décembre 1894.

Instruction pour l'attache des câbles.

Le mode d'attache des extrémités d'un câble exerce la plus grande influence sur la durée du câble lui-même ainsi que sur la sécurité de l'exploitation.

L'encastrement d'un câble à ses extrémités l'affaiblit toujours plus ou moins et il est absolument nécessaire que cette attache, qui ne doit être confiée qu'à des gens compétents et sûrs, soit exécutée correctement et avec le plus grand soin, d'après la méthode connue jusqu'ici et toujours en plein jour.

Afin d'arriver à un travail aussi uniforme que possible des torons et des fils, le mode d'attache comprendra les opérations successives suivantes:

1. Nettoyage convenable de l'extrémité du câble sur une longueur suffisante.
2. Ligature provisoire a, immédiatement en arrière du point où le câble doit être coupé, afin de faciliter cette coupe, de préserver les fils et d'obtenir une tranche nette.
3. Ligature aussi serrée que possible au moyen de fil de fer recuit d'environ 1,5 mm d'épaisseur et de la meilleure qualité, à une distance variant suivant le diamètre du câble de 15 à 25 cm à partir de son extrémité (point b du croquis ci-contre).

La ligature b, a pour but d'éviter le desserrage de fils et le déplacement de torons pendant les opérations subséquentes.

4. Couper le câble et enlever la ligature a.
5. Ecarter les fils en forme de faisceau et enlever l'âme en chanvre jusqu'à la ligature b.
6. Nettoyer le faisceau de fils en le plongeant pendant quelque temps dans un vase rempli de pétrole et frotter ensuite les fils avec du papier d'émeri.
7. Décaper les extrémités des fils. (On prendra bien soin d'éviter que le liquide pénètre dans l'âme en chanvre.)
8. Étamer les fils en les plongeant à plusieurs reprises dans un bain d'étain.
9. Replier les extrémités étamées des fils et faire glisser la douille du câble sur le faisceau de fils.

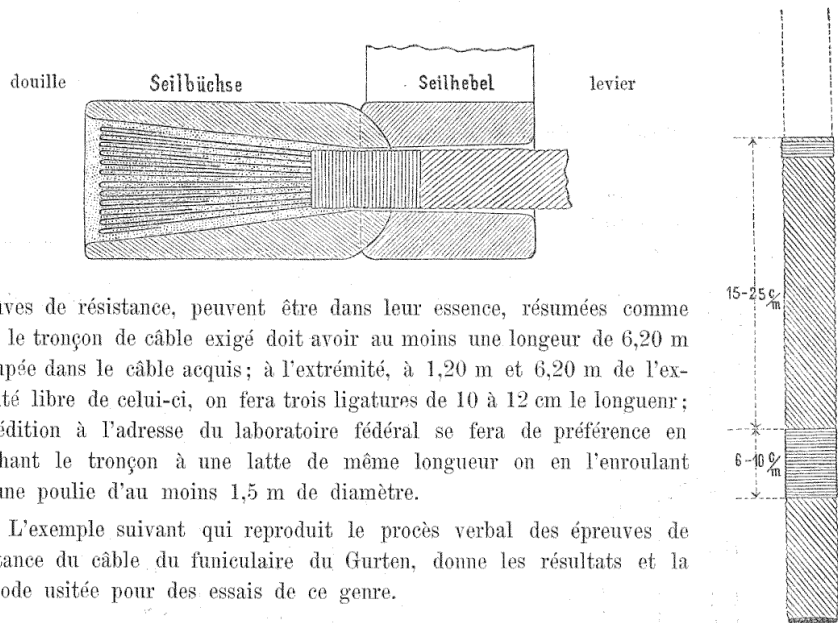
10. Chauffer la douille sur un feu de charbon de bois.

11. Couler l'alliage dans la douille (le meilleur alliage comprend 10 % de cuivre, 10 % d'antimoine et 80 % d'étain).

On veillera en particulier dans cette opération à ce que le câble demeure placé bien exactement dans l'axe vertical de la douille. Il est en outre important que le câble soit encore entièrement et solidement noyé dans l'alliage sur quelques centimètres de longueur en arrière du faisceau de fils.

Après le refroidissement de l'alliage, la douille (qui ne doit pas être étamée à l'intérieur) sera chassée en arrière, de façon à permettre l'examen de la coulée.

Les prescriptions du Département fédéral des chemins de fer indiquées à l'art. 4 de l'ordonnance concernant les câbles et visant la préparation des tronçons de câbles pour les



épreuves de résistance, peuvent être dans leur essence, résumées comme suit: le tronçon de câble exigé doit avoir au moins une longueur de 6,20 m découpée dans le câble acquis; à l'extrémité, à 1,20 m et 6,20 m de l'extrémité libre de celui-ci, on fera trois ligatures de 10 à 12 cm de longueur; l'expédition à l'adresse du laboratoire fédéral se fera de préférence en attachant le tronçon à une latte de même longueur on en l'enroulant sur une poulie d'au moins 1,5 m de diamètre.

L'exemple suivant qui reproduit le procès verbal des épreuves de résistance du câble du funiculaire du Gurten, donne les résultats et la méthode usitée pour des essais de ce genre.

Description du câble métallique.

a) Câble entier.	en son état de livraison
diamètre du câble	3,00 cm
âme du câble	chanvre.
diamètre des fils	0,199 cm.
nombre de fils du câble	114.
section d'un fil	0,0311 cm ² .
section de métal du câble	3,54 cm ² .
poids du câble par mètre	environ 3,16 kg.
longueur d'un enroulement de toron dans le câble	environ 25,7 cm.

b) Torons du câble. à l'état de livraison:

Nombre des torons	6.
Diamètre d'un toron	1,0 cm.
„ de l'âme du toron	0,6 cm.
Nombre de fils d'un toron	19.
„ „ „ de l'âme du toron	7.
Longueur d'un enroulement du fil sur le toron	env. 7,4 cm.

Construction du câble: Brevet Lang: les fils dans le toron et les torons dans le câble sont enroulés dans le même sens, pour former le câble de 3,0 cm de diamètre.

Apparence extérieure du câble: neuf, sans défaut.

Métal des fils: Acier fondu au creuset.

Résultats de la résistance du câble à la rupture.

1 ^{er} essai:				2 ^{ème} essai:			
Charge t	Allongement mm pour 1 m de longueur	Différence	Observations	Charge t	Allongement mm pour 1 m de longueur	Différence	Observations.
0,0	0,0			0,0	0,0		
5,0	2,0	2,0		5,0	2,5	2,5	
10,0	4,0	2,0		10,0	4,5	2,0	
15,0	5,5	1,5		15,0	6,0	1,5	
20,0	7,3	1,8		20,0	7,7	1,7	
25,0	9,0	1,7		25,0	9,5	1,8	
30,0	11,3	2,3		30,0	11,8	2,3	
35,0	14,1	2,8		35,0	14,5	2,7	
37,5	16,1	2,0		37,5	16,6	2,1	
40,0	18,9	2,8		40,0	19,3	2,7	
41,0	20,5	1,6		41,0	20,9	1,6	
42,0	22,5	2,0		42,0	22,8	1,9	
43,0	25,6	3,1		43,0	26,0	3,2	
44,0	30,8	5,2		44,0	31,5	5,5	
44,4				44,3			
46,0							
	Rupture d'un toron vers le tiers de la longueur essayée. Rupture de 2 autres torons au même endroit.				Rupture soudaine de 2 torons à la sortie d'une tête d'amarrage.		
	Résistance du câble à la traction $\beta = 12,55$ t par cm ² . Allongement pour 44,0 t $\lambda = 3,08\%$. Etat du câble après la rupture:				Résistance du câble à la traction $\beta = 12,52$ t par cm ² . Allongement pour 40,0 t $\lambda = 3,15\%$. Etat du câble après la rupture:		

Les torons rompus se sont détordus.

Résultats des essais à la rupture de fils isolés.

No.	Diamètre du fil cm.	Surface de la section cm ² .	Longueur observée cm.	Résistance à la rupture β t par cm ² .	Allongement %	Contraction %	Travail de déformation:		Observations	
							absolu cm t	par cm ³ cm t		
Ame du toron:										
1	0,202	0,0320	25,0	14,0	3,71	48	0,34	0,43	Les fils Nos 2, 3, 7, 9 et 10 se sont rompus en dehors de la longueur observée.	
2	0,198	0,0308		13,3	3,10	49	0,25	0,33		
3	0,200	0,0314		15,4	3,26	47	0,33	0,42		
4	0,196	0,0302		14,9	2,90	48	0,26	0,34		
5	0,198	0,0308		14,6	3,41	49	0,31	0,40		
6	0,199	0,0311		14,8	3,10	35	0,28	0,36		
			moyenne:	14,5	3,25	46	0,30	0,38		
Fil du milieu:										
	0,199	0,0311	25,0	6,83	9,86	50	0,42	0,54		
Extérieur du toron:										
1	0,197	0,0305	"	14,9	3,42	40	0,32	0,42		
2	0,198	0,0308	"	14,8	2,53	44	0,21	0,29		
3	0,201	0,0317	"	14,6	2,50	49	0,22	0,28		
4	0,195	0,0299	"	13,8	2,56	48	0,20	0,27		
5	0,200	0,0314	"	15,2	2,72	45	0,25	0,32		
6	0,198	0,0308	"	15,5	3,14	47	0,28	0,36		
7	0,196	0,0302	"	14,8	2,74	48	0,24	0,32		
8	0,198	0,0308	"	15,4	3,04	45	0,28	0,36		
9	0,198	0,0308	"	14,2	2,00	44	0,16	0,21		
10	0,197	0,0305	"	14,3	2,54	41	0,22	0,29		
11	0,206	0,0333	"	14,3	3,34	49	0,33	0,40		
12	0,198	0,0308	"	13,8	2,57	48	0,21	0,27		
			moyenne:	14,7	2,97	46	0,27	0,34		

Résultats des essais à la torsion de fils isolés.

No.	Diamètre du fil cm.	Surface de la section cm ² .	Longueur observée cm.	Nombre de torsions de 360°	Moment de torsion kg cm	Travail à la torsion:			Observations:	
						absolu	pour 1 cm	par cm ²		
Fil d'âme du toron:										
1	0,202	0,0320	20,0	34,5	16,60	3,43	0,172	5,36		
2	0,198	0,0308		"	34,3	15,24	3,10	0,155		5,03
3	0,200	0,0314		"	38,1	18,04	4,13	0,207		6,58
4	0,196	0,0302		"	40,9	16,42	4,00	0,200		6,62
5	0,198	0,0308		"	37,1	16,86	3,73	0,187		6,05
6	0,199	0,0311		"	23,4	15,72	1,96	0,098		3,15
			moyenne:	34,7	16,48	3,39	0,170	5,47		

VII*

No.	Diamètre du fil cm.	Surface de la section cm ² .	Longueur observée cm.	Nombre de torsions de 360° n	Moment de torsion m = kg cm	Travail à la torsion:			Observations:
						absolu	pour 1 cm	par cm ²	
	0,199	0,0311	25,0	16,2	Fil du milieu:				
					7,93	0,776	0,039	1,25	
					Extérieur du toron:				
1	0,197	0,0305	20,0	22,7	16,00	2,14	0,107	3,51	
2	0,198	0,0308	"	28,3	17,50	2,92	0,146	4,74	
3	0,291	0,0317	"	33,8	17,24	3,47	0,174	5,47	
4	0,195	0,0299	"	39,0	15,08	3,50	0,175	5,85	
5	0,209	0,0314	"	21,1	17,78	2,88	0,144	4,58	
6	0,198	0,0308	"	42,4	16,90	4,33	0,217	7,04	
7	0,196	0,0302	"	35,1	16,20	3,40	0,170	5,63	
8	0,198	0,0308	"	41,3	17,64	4,38	0,219	7,11	
9	0,198	0,0308	"	42,3	16,62	4,26	0,213	6,91	
10	0,197	0,0305	"	18,3	13,26	1,50	0,075	2,46	
11	0,206	0,0333	"	35,6	17,74	3,74	0,187	5,62	
12	0,198	0,0308	"	37,1	15,72	5,44	0,172	5,58	
			moyenne:	33,1	16,47	3,33	0,167	5,38	

Résultats des essais de coudage de fils isolés.

(Essais de pliage.)

	Nombre d'essais	Nombre de coudages jusqu' à rupture			Remarques:
		moyenne	Maxi- mum	Mini- mum	
Fils de l'âme du toron	6	11	12	9	
" du pourtour	12	11	13	9	
Fil du milieu	2	2,5	3	2	

Zürich, le 12. juin 1899.

Pour le laboratoire fédéral d'essai de matériaux.

Le Directeur: sig. **Tetmajer**.

Les fils d'acier fondu ne perdent pas de leur résistance d'une manière appréciable par l'usure des câbles, parceque la résistance relative du métal qui reste, augmente dans la même proportion que la section diminue.

Les fils rompus portent de nouveau à une certaine distance du point de rupture, à environ 3 à 4 fois la longueur du pas de l'enroulement; on calculera juste en admettant pour cette distance 1,5 à 2 m de chaque côté du point de rupture.

Il n'est pas possible de déterminer avec exactitude l'époque où un câble doit être remplacé. On a remplacé des câbles après 10 à 15 années de service, sans qu'ils aient montré une seule rupture de fil, sans parties rouillées et sans pourriture de l'âme en chanvre; seule la crainte que le métal ne puisse être fatigué, entraîna le remplacement. Ailleurs on ne remplaça des câbles que quand ils eurent plus de 100 000 ruptures de fils. On tient compte principalement de la durée du temps de service, du coefficient de sécurité du câble et de la rapidité de l'augmentation des ruptures de fils, en outre de l'époque de l'année, de la répartition uniforme ou concentrée des ruptures de fils.

Voitures.

Les voitures sont presque toutes construites à deux essieux; celles qui ne font que le service d'été sont à jour au dessus du niveau des hanches, ou fermées en plusieurs compartiments; pour l'exploitation pendant toute l'année, elles sont entièrement ou partiellement fermées. Des parois à mi-hauteur ou de la hauteur totale, les divisent en deux plateformes et en compartiments de 1,40 à 1,50 m de largeur. Il y a place pour 16 à 60 personnes par voiture; sur 2,1 à 2,6 m de largeur on peut disposer 4 à 5 places assises. En général les voitures ont été exécutées plus grandes dans les derniers temps, et plusieurs compagnies anciennes se sont vues conduites à augmenter la capacité de trafic de leur chemin de fer par la reconstruction des voitures; surtout dans les cas où il se présente parfois une grande affluence de touristes. Les divers compartiments sont disposés l'un derrière l'autre en gradins auxquels correspondent presque toujours les gradins des quais des stations. Afin de pouvoir placer le plus de voyageurs possible en cas de forte affluence, nous trouvons dans beaucoup de chemins de fer des compartiments pour places debout qui fréquemment sont réunis aux plateformes. Quand le trafic est faible, ces compartiments servent au transport des bagages; il y a parfois dans ce but, un compartiment à bancs pouvant se rabattre. Le conducteur a sa place pour la montée, toujours sur la plateforme du haut et à la descente, sur celle du bas, afin d'avoir la vue de la voie à parcourir. Il peut, dans quelques chemins de fer, ouvrir ou fermer de sa place par un verrou, simultanément, toutes les portes à coulisses, à l'aide d'une transmission qui s'étend sur toute la longueur de la voiture. Bien qu'il y ait des différences de déclivité atteignant 41 ‰ entre les stations inférieure et supérieure, on n'a cependant nulle part employé des sièges à inclinaison variable. Ces différences dans les pentes sont compensées par la disposition des compartiments des voitures en gradins, les montants des voitures étant dans une position verticale sur la pente moyenne de la ligne; on a en outre donné un profil convenable aux bancs. Il n'y a qu'un cas (funiculaire du Marzili) où la caisse de la voiture a été disposée horizontalement sans gradins et où le bâti portant la partie inférieure a été construit suivant la pente, plus élevé que le bâti à la partie supérieure; cette disposition est pratique pour les voyageurs, mais elle a compliqué la construction du bâti inférieur.

Les voitures n'ont pour la plupart qu'une classe; les funiculaires ont aussi peu besoin de deux classes que les tramways.

La disposition des sièges consiste simplement dans la construction de bancs simples et légers en lattes de bois; le banc supérieur de chaque compartiment est autrement profilé que le banc inférieur, pour tenir compte de la variation de pente de la ligne. Les bancs en lattes assurent un bon appui et ont été employés pour cette raison, depuis

la construction du chemin de fer du Rigi, sur toutes les lignes de montagne. La carcasse des caisses de voitures est en bois dur (frêne, noyer, orme); les panneaux, la toiture et les bancs sont en bois tendre.

Dans les lignes à traction par moteurs, la construction des freins ne permet pas l'emploi de ressorts qui du reste ne se sont pas montrés nécessaires; par contre, dans les derniers types, la caisse appuie sur le bâti, par l'intermédiaire de plaques de caoutchouc.

Dans quelques lignes où d'importants transports de marchandises ont lieu périodiquement, on a adopté une disposition permettant de riper provisoirement une des caisses de voiture sur une rampe, pour se servir du bâti pour le transport des marchandises.

Freins des lignes à traction par contrepoids d'eau.

La construction la plus intéressante d'un funiculaire est le frein; on lui a appliqué une grande somme de zèle et de travail intellectuel et cet appareil difficile a été l'objet de nombreux essais et changements. On peut dire qu'aujourd'hui il fonctionne d'une manière irréprochable et répond aux exigences considérables consistant à arrêter la voiture, doucement, sur une longueur de freinage presque constante, amarrée ou non à son câble, à empêcher le conducteur, en cas d'inattention, de dépasser la vitesse prescrite, à lui permettre de régler et d'arrêter commodément la marche de la voiture, en agissant légèrement sur la manivelle du frein, à permettre d'éviter tout dérangement de l'exploitation en cas de grave avarie du frein ou d'un essieu et à rendre impossible dans tous les cas à une voiture d'échapper.

Les quatre lignes les plus anciennes, du Giessbach, de Territet-Glion, du Gûtsch et du Marzili possédaient le frein à vis pour régler la vitesse de marche. Les sabots de frein s'appliquaient sur une roue canelée, calée sur le même essieu et à côté de la roue dentée. Un second frein, à manoeuvre automatique, agissait à l'aide d'une roue de frein semblable à la première et calée sur le même essieu de l'autre côté de la roue dentée; il entrainait en action à l'instant de la rupture du câble: un ressort se détendant retirait par la rotation d'un arbre le point d'appui d'un levier à contrepoids; ce dernier en tombant, faisait serrer les sabots sur la roue du frein. Ces freins automatiques ne pouvaient inspirer une grande confiance; ils étaient difficiles à maintenir en bon état. Au Territet-Glion, dont la déclivité est très grande, on craignit au début un fort échauffement des roues de frein et les voitures furent munies d'un frein à air: l'air aspiré par le cylindre fut comprimé pendant la marche dans un réservoir en relation, par un tuyau, avec une soupape à air, disposée vers le siège du conducteur. Le réservoir permettait une pression du piston presque constante sur toute la hauteur de sa course. L'intensité de la compression fut réglée par l'augmentation ou la diminution de l'ouverture d'échappement; en même temps, de l'eau était projetée dans le cylindre pour le refroidissement. La pression du piston était transmise à l'aide d'une bielle et d'une manivelle sur un arbre à engrenages avec piston denté engrenant sur la roue dentée. Toutefois le frein produisait une forte résistance sur la voiture montante, il était accompagné d'un bruit désagréable et sa marche était saccadée; aussi l'utilité de son usage ne s'étant pas montrée nécessaire, il fut bientôt enlevé.

Dans quelques lignes construites ensuite, Abt introduisit des freins différentiels qui cependant sont d'une action incertaine et généralement trop brusque à cause de la grande variation du coefficient de frottement entre les surfaces de glissement du frein; les résul-

tats obtenus plus tard avec les freins simples à ruban furent bien meilleurs; pour ce motif les freins Abt ne sont plus exécutés depuis une dizaine d'années.

Le Département des chemins de fer se contentait jusque vers 1890, des prescriptions générales suivantes concernant les voitures des chemins de fer funiculaires:

„Chaque voiture sera pourvue à ses deux extrémités d'une plateforme pour le conducteur; celui-ci se placera chaque fois sur la plateforme placée dans le sens de la marche de la voiture.“

„Chaque voiture sera munie d'un frein régulateur et d'un frein automatique pour le cas de la rupture du câble; la manoeuvre des deux freins doit être possible de chaque plateforme.“ Pour les lignes où les freins devaient absorber de grandes forces, on demandait en outre que l'action des freins fut répartie également sur les deux essieux à roue dentée. Aujourd'hui ces prescriptions ont été complétées et l'on demande encore des freins serrés à l'état normal et la disposition d'un régulateur centrifuge, entrant en action quand la vitesse de marche permise est dépassée. Un pareil frein a été appliqué en premier lieu par Pauli à la ligne de Bienn e-Macolin et aujourd'hui nous le trouvons sur tous les funiculaires parceque, à la demande de l'autorité, tous les freins des anciens chemins de fer ont du être transformés sous cette forme.

Les freins serrés à l'état normal, sont des freins à vis se fermant automatiquement et pouvant être mis en action, à la main, de chacune des deux plateformes. Ces freins empêchent en premier lieu les voitures d'échapper pendant le stationnement; en outre le conducteur de la voiture montante étant obligé d'avoir la manivelle du frein constamment à la main, il peut ainsi rapidement provoquer l'arrêt de la voiture¹⁾.

Une des plus récentes et des meilleures constructions de frein est celle qui a été exécutée par Bell et Cie. à Kriens pour le funiculaire de Rheineck-Walzenhausen entr'autres et qui est indiquée aux fig. 33 à 36. Nous voyons ici des freins simples à ruban agissant chacun sur les deux essieux; le frein à main peut être employé indépendamment de l'autre; le frein automatique entre en fonction, soit en cas de rupture du câble, soit quand la vitesse normale de marche est dépassée. La rotation du tambour régulateur de la vitesse n'est pas produite par des engrenages mais par la traction d'une chaîne qui, par sa construction spéciale, agit sans bruit. Un accouplement à friction dans la transmission par chaîne a pour effet de laisser le tambour régulateur au repos à la montée et de ne pas ouvrir davantage le frein automatique qu'il n'est nécessaire pour son fonctionnement assuré et rapide. Cette disposition pour empêcher la vitesse normale d'être dépassée, agit déjà pour une différence de 30 cm par seconde; elle s'est bien comportée et son action mérite toute confiance. Elle peut être contrôlée constamment par le conducteur pendant la marche, car son mouvement va lentement en croissant de façon à serrer le frein automatique en cas d'allure trop rapide. Dès que le conducteur a rétabli la vitesse normale elle cesse son action sans arrêter la voiture. Un arrêt voulu de la voiture a lieu doucement et sans choc. L'appareil régulateur de la vitesse fut encore amélioré par Bell et Cie, à l'occasion de la transformation des freins des funiculaires du Grüttsch et du Giessbach,

¹⁾ Le frein centrifuge du funiculaire de Macolin est disposé pour que la vitesse lente de la marche soit transformée en vitesse rapide par un engrenage et transmise à un cylindre plat à l'intérieur duquel deux pièces de fonte sont placées et peuvent chacune tourner autour d'un pivot. Ces pièces sont reliées par des ressorts à boudin avec le moyeu; quand la vitesse devient trop grande, elles viennent s'appliquer à l'aide de surfaces concentriques sur la surface intérieure du cylindre; elles agissent alors comme un frein qui rétablit la vitesse de marche normale et rend le conducteur attentif par un signal.

en introduisant le serrage automatique du frein à main quand la vitesse est dépassée; ce frein à main peut de nouveau être desserré par sa manivelle. De cette façon, le conducteur a le réglage de la marche en sa main et une inattention ou une fausse manoeuvre de sa part ne peut avoir d'autre conséquence qu'un arrêt tranquille de la voiture.

Dans les derniers temps, l'une des Usines de Louis de Roll en Suisse, la Fonderie de Berne, a exécuté un frein nouveau en son genre, pour voitures de chemins de fer spéciaux, combiné par son directeur M. Ruprecht, ancien ingénieur fédéral du contrôle des lignes de montagne. Ce frein est surtout destiné aux funiculaires à contrepoids d'eau, avec roues dentées et crémaillère; s'étant révélé en pratique comme le frein le plus parfait et le plus sûr, j'entre ici dans quelques détails grâce aux renseignements et plans qui m'ont été communiqués par la Fonderie de Berne et avec son autorisation.

Il a été précédemment mentionné que les freins serrés à l'état normal sont préférables aux freins antérieurs, à chute: leur mise en action peut être regardée comme particulièrement sûre et ils permettent d'éviter un serrage trop fort, trop rapide et trop brusque. L'ensemble de l'appareil se rapproche davantage d'une construction de machine exécutée avec un soin et une précision minutieux; le frein devient léger puisque son action n'est point produite par un poids spécial, mais par la voiture elle même; c'est son adhérence sur les rails qui serre les freins; enfin la pression du frein peut être exercée plus aisément et plus promptement, grâce à un jeu aussi faible que l'on voudra au début, entre les freins et les essieux; si le frein d'un essieu est avarié, ce système aura l'avantage d'offrir un serrage suffisant des freins sur l'autre essieu.

Une autre condition dont la réalisation a été jugée très désirable dans les derniers temps, est de produire le serrage d'un frein de la voiture descendante quand la vitesse normale est dépassée dans une certaine proportion, de façon à provoquer un arrêt de la voiture sûr et tranquille en même temps. A cet effet, il convient que l'on puisse agir sur le frein à main du véhicule; ce frein n'étant probablement jamais entièrement ouvert, il suffira d'une manoeuvre relativement de courte durée, pour produire de suite le ralentissement puis l'arrêt sans choc, comme c'est le cas avec les freins de Bell, au Güttsch et au Giessbach. Si l'action se produisait sur le frein automatique ordinaire, qui arrête en cas de rupture du câble, il faudrait avant d'obtenir le serrage du frein, plus de temps pour amener le contact, ce qui n'exclurait pas une augmentation considérable de la vitesse et même l'entraînerait sûrement, en cas de rupture du câble.

C'est donc par le fait que le frein à main est déjà plus ou moins fermé, qu'il est employé, pour obtenir l'arrêt, si la vitesse normale est dépassée d'une certaine quantité; ainsi nous obtenons en réalité, un second frein automatique, auquel on peut même attribuer plus de valeur qu'au frein automatique en cas de rupture du câble, puisque ce nouveau frein est obligé d'agir si le câble se rompt et fera sentir son effet avant même que le frein automatique en cas de rupture de câble soit serré à bloc.

Ce nouveau frein des usines L. de Roll est né de deux systèmes existant déjà précédemment, dont chacun avait ses avantages mais aussi des inconvénients qui ont été évités dans la nouvelle construction. Ces deux systèmes de freins ont été appliqués l'un au funiculaire de Biemme-Macolin, l'autre à celui de Ragatz-Wartenstein.

Au chemin de fer de Biemme-Macolin, le frein agit quand la vitesse normale est dépassée à l'aide d'un accouplement centrifuge sur le frein à main, toutefois un seul essieu

est enrayé. La répartition de l'effort du frein sur les deux essieux de la voiture, spécialement la répartition automatique et égale, n'était pas encore résolue dans cette construction. En cas de rupture de l'essieu ou d'un organe du frein lui-même, l'action de celui-ci était supprimée et il ne restait que le frein en cas de rupture du câble, agissant sur l'autre essieu et exécuté comme frein grossier ordinaire à contrepois.

Malheureusement ce frein du funiculaire de Biemme-Macolin resta assez longtemps dans l'oubli et son développement s'arrêta. A sa place, on employa d'abord le frein tel qu'il a été en premier lieu exécuté pour les voitures du funiculaire de Ragaz-Wartenstein. Quand une certaine vitesse de marche est dépassée, ces voitures ont aussi un appareil qui provoque le serrage d'un frein. Toutefois cet appareil agit sur le frein en cas de rupture du câble, c'est à dire sur un frein qui en marche normale est plus ou moins entièrement ouvert et dont le serrage ne se produit qu'au moment où les sabots ont parcouru le jeu existant. La vitesse de la voiture pourra croître considérablement pendant le temps nécessaire au frein pour commencer le serrage; si le câble venait à se rompre cette circonstance provoquerait d'autre part le fonctionnement de ce frein. La force nécessaire à l'action du frein augmente donc dans une forte proportion et un arrêt brusque et dangereux dans certains cas, est difficile à éviter. L'avantage de ce frein par contre, est d'agir automatiquement et également sur les deux essieux; si un essieu ou un frein vient à se rompre, l'autre frein reste en fonction.

Ceci nous conduit maintenant au frein exécuté par les Usines L. de Roll à Berne et appliqué au commencement de 1899, pour la première fois, au funiculaire de Neuveville-St. Pierre à Fribourg; cet appareil est représenté, schématiquement par la fig. 42. Il suffira dans ce qui suit de décrire le frein à main et sa manoeuvre automatique dans les cas où la vitesse est dépassée. Soient

h^1 et h^2	les essieux sur lesquels agissent les freins,
g^1, g^2	les leviers de freins,
a	la tige filetée ou vis du frein,
e	la tige accessoire,
b^1, b^2	des manchons filetés à l'intérieur,
f^1, f^2	des bagues libres sur $b^1 b^2$ mais guidées suivant l'axe et reliées avec $g^1 g^2$ à l'aide de tringles de compression et d'extension,
c^1-d^1, c^2-d^2	les engrenages reliant e à a; $c^1 c^2$ ne peuvent tourner sur $b^1 b^2$ mais se déplacent suivant leur axe.
o^1, o^2	les engrenages reliant les manivelles $p^1 p^2$ à e,
i k	les engrenages reliant l à a,
m n	un accouplement centrifuge; n est libre sur l'arbre l et reçoit son mouvement d'un essieu de la voiture.

Le fonctionnement de l'appareil est le suivant:

a) comme frein à main. Avec une manivelle p on agit à l'aide de o, e, $d^1 d^2$ sur les roues c^1, c^2 et produit la rotation des vis creuses $b^1 b^2$; le frottement de l'arbre a dans ses coussinets est suffisant pour que le frottement des manchons filetés sur les filets de vis ne produise la rotation de cet arbre, qui est du reste encore empêchée par les frottements en i, k et l. Les manchons $b^1 b^2$ doivent donc se déplacer le long de a et agir de cette façon sur les leviers de frein $g^1 g^2$ soit pour serrer, soit pour dégager les freins suivant le sens de la rotation.

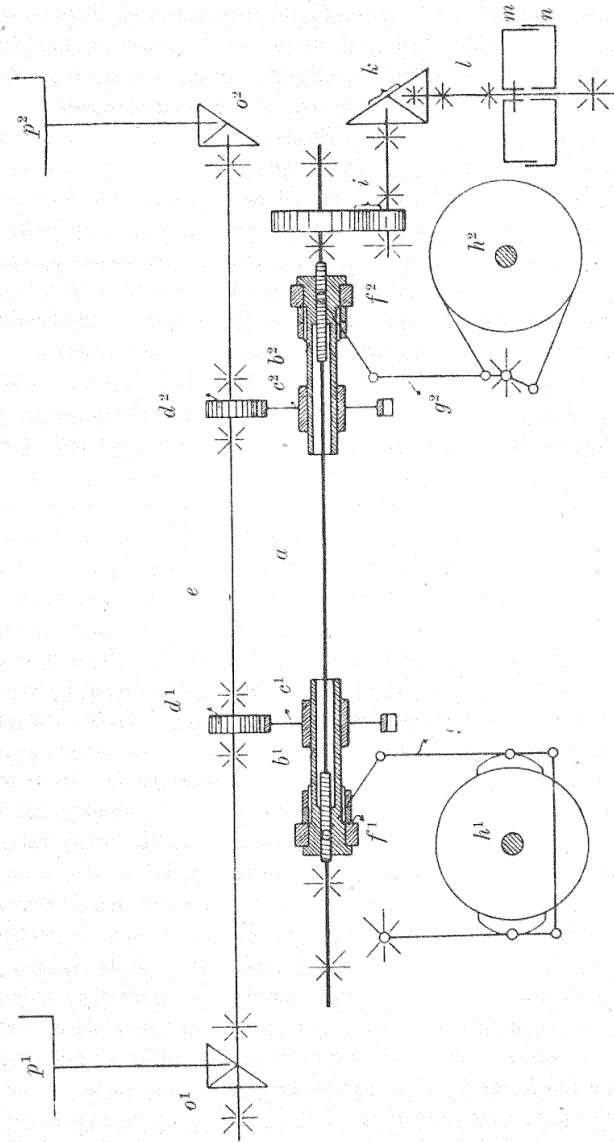
b) comme frein automatique. Quand une certaine vitesse se produit, la partie n de l'accouplement à force centrifuge, entraîne la partie fixe m sur l'arbre l et produit la rotation de l'arbre fileté a à l'aide de k et de i. Les manchons b¹ b² trouvent un frottement suffisant en c¹ g¹, c² g², o¹ o² et p¹ p² pour ne pas participer à la rotation de a, en sorte qu'ils sont obligés de se déplacer le long de a et serrer les freins. Grâce à des dispositifs convenables on a obtenu en outre que les deux essieux soient automatiquement actionnés également par l'effort du frein et que si un des leviers g ou un ruban de frein ou une bague f venait à se rompre, l'autre frein puisse cependant toujours fonctionner. En cas de vitesse trop grande l'arrêt par ce frein est extrêmement doux; si le câble vient à se rompre l'arrêt est absolument sûr et sans danger.

Freins de voitures des lignes à traction par moteurs.

Lors de la construction du funiculaire du Stanserhorn, l'utilisation de l'adhérence comme force propre à l'action du frein agissant à l'aide d'un accouplement à friction placé sur l'essieu porteur pour serrer une griffe sur les rails, n'était pas nouvelle. Heusinger von Waldegg décrit dans le volume V de son manuel de 1878 comme suit les freins du chemin de fer funiculaire sur le Leopoldsberg près de Vienne: „Ce sont de nouveau des paires de griffes ressemblant à des étaux qui entourent la tête des rails: ici encore elles sont serrées par un arbre de transmission horizontal, à pas de vis à droite et à gauche; toutefois la rotation de cet arbre n'est pas produite par le mouvement d'une paire de roues spéciales sur les rails mais par le fonctionnement d'un accouplement fixé sur une portée correspondante de l'essieu porteur de la voiture. Le déroulement d'un mince câble métallique qui se produit alors, entraîne le serrage des griffes etc.“

En outre en 1878 la fabrique de locomotives de Winterthur projeta pour le funiculaire du Giessbach, un frein à griffes dont la force est produite par le poids de la voiture comme aux freins du Stanserhorn; dans les deux cas, la force est transmise et limitée par un disque à frottement dû à un poids; mais tandis qu'au Stanserhorn nous avons l'accouplement à friction, il y avait dans le projet pour le Giessbach des plaques de friction au sens plus restreint. Le succès du frein du Stanserhorn doit être attribué, moins à une meilleure utilisation de l'adhérence, qu'au profil de rail heureusement choisi, offrant par un seul rail, une résistance suffisante au freinage et permettant ainsi l'usage de l'installation d'une voie à deux rails, tandis que les diverses constructions antérieures entraînaient forcément une installation à deux voies distinctes. C'est le mérite de l'ancienne société Bucher et Durrer d'avoir introduit ce profil spécial et des griffes ou mâchoires de frein convenablement disposées. L'action efficace du frein d'un seul côté de la voie réclame l'application exacte des mâchoires du frein sur les surfaces latérales inclinées de la tête du rail, et par la composante de l'effort du frein, dirigée vers le bas un ancrage extrêmement solide de la voiture sur le rail, conditions qui se trouvent réalisées. S'il en était autrement, les forces latérales produites par l'action des freins et qui tendent à faire tourner la voiture en travers de la voie, donneraient lieu à des craintes d'autant plus sérieuses que seules les roues porteuses du côté où agit le frein sont munies de boudins. L'éclissage des joints de rails doit pouvoir résister à ces forces agissant dans le plan de la voie et normalement au rail. C'est en tenant compte de ces forces que l'on est peu à peu arrivé à la très robuste construction des fig. 26 à 28.

Fig. 42.
Dernier frein de voiture pour traction par contrepois d'eau.



VIII*

Les éléments essentiels du frein du Stanserhorn sont les suivants: deux paires de griffes ou étaux de frein disposés du même côté, entourent la partie supérieure du rail laminé avec une tête en coin et la serrent automatiquement si le câble vient à se rompre. La force utilisée à cet effet est l'adhérence des roues porteuses; elle est transmise par le fonctionnement de l'accouplement disposé sur l'essieu des roues porteuses, à une tige filetée à droite et à gauche. Les griffes se composent chacune de deux doubles leviers solidement construits en acier forgé et dont le point de rotation est un peu en dessous de leur milieu; leur extrémité supérieure fourchée est assemblée aux deux écrous de bronze de la tige filetée qui vient d'être mentionnée. Les tourillons des étaux sont reliés par de robustes éclisses, en sorte que le bâti de la voiture n'a à supporter qu'une faible partie des efforts du frein. Un système de leviers est disposé entre l'attache du câble et le manchon d'accouplement de telle sorte que tant que le câble tire sur la voiture, sa traction empêche la chute de leviers à contrepoids provoquant le fonctionnement de l'accouplement. Si le câble rompt, la traction sur son attache cesse, les leviers à contrepoids tombent et font fonctionner l'accouplement; aussitôt les essieux porteurs transmettent leur mouvement à l'aide des manchons d'accouplement et de deux roues dentées, aux tiges filetées dont il a été parlé. L'installation est telle qu'en cas de rupture du câble chaque essieu porteur serre une paire de griffes. Une troisième paire de griffes est encore adaptée et peut être serrée à bloc avec la manivelle à l'aide d'une transmission à engrenages, depuis chaque plateforme. Ce frein à main n'a pas pour but de servir au réglage de la vitesse de marche, mais de frein de sûreté au cas où les freins automatiques n'agiraient pas pour une raison quelconque. Une autre disposition permet de faire fonctionner les manchons d'accouplement à l'aide de leviers manoeuvrés sur les deux plateformes par une pédale et d'obtenir ainsi le serrage à bloc des griffes des freins à action automatique. Les anciennes lignes construites sur le système du funiculaire du Stanserhorn ont des accouplements à friction disposés pour que le déplacement du manchon d'accouplement calé librement sur l'essieu, produise la manoeuvre de quatre leviers coudés qui pressent des sabots de frein sur la boîte et produisent ainsi l'accouplement des arbres de transmission. Chaque griffe et sa transmission sont calculées de façon à suffire à l'arrêt de la voiture en pleine charge, sur la plus forte rampe, même quand la voiture aurait déjà atteint le double de la vitesse normale. Au Stanserhorn par exemple, la plus grande pression de chaque joue de griffe sur le rail atteint environ 13500 kg en admettant pour l'adhérence un coefficient de 0,15. Par la forme en coin de la tête du rail, la voiture est attirée sur le rail ce qui augmente l'adhérence et l'action du frein. La pression des mâchoires augmente jusqu'à ce que le roulement des roues porteuses est empêché, puis celles-ci glissent jusqu'à l'arrêt de la voiture. Afin de permettre aux griffes de passer le long des rails, pendant la course et notamment dans les courbes, sans difficulté, la tige filetée et ses écrous peuvent se déplacer latéralement mais sans qu'une torsion puisse se produire. Le décalage des griffes se fait comme suit: l'extrémité de la tige filetée est terminée par un bout de section carrée permettant à l'aide d'une clef spéciale de tourner cette tige.

Dans les funiculaires de la Suisse on trouve trois constructions différentes de l'accouplement des freins. A la ligne du Stanserhorn nous voyons un accouplement à friction du système Domen-Leblanc; au funiculaire du Dolder, la fabrique de locomotives de Winterthur a appliqué l'accouplement à rainures; dans les nouvelles lignes on emploie sans exception l'accouplement à friction et lamelles, dont les lamelles sont disposées entre

des plaques de bronze. Les accouplements à rainures ne peuvent assurer un arrêt tranquille que sur les lignes à faible pente. Le système Domen-Leblanc est plus sujet à l'encrassement et à être envahi par la saleté que l'accouplement à lamelles en sorte que ce dernier mérite la préférence. Il est déjà survenu que pendant l'essai des freins, l'accouplement Domen-Leblanc n'a pas fonctionné. Dans tous les cas les accouplements sont disposés sur les essieux porteurs et mis en action par des leviers à contrepoids par l'intermédiaire de paires de leviers à deux bras. Leur mise hors d'action peut se faire par le conducteur depuis sa plateforme.

Dans les essais officiels des freins qui ont lieu une à deux fois chaque année, avec câble détendu et charge maximale de la voiture, au repos et en marche, on mesure outre la longueur de la partie où le glissement des mâchoires s'est produit, l'étendue du glissement des accouplements à friction et la grandeur du serrage des griffes. Le chemin parcouru par la voiture après la mise en action des freins et jusqu'à l'arrêt, comporte habituellement 1 à 2 m dont la moitié environ correspond à la course libre et l'autre moitié au glissement des mâchoires des freins. La rotation de l'accouplement est d'environ $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ de sa circonférence; le bâti de la voiture est attiré de 3 à 6 mm vers la rail. Afin de décaler les griffes, il faut environ $\frac{3}{4}$ de tour de la tige filetée. La longueur de glissement du frein reste presque la même que la tête du rail soit graissée ou non, parceque l'huile est chassée aussitôt par la pression considérable du frein. L'inclinaison des faces latérales de la tête du rail comporte exactement un angle de 24° dont la tangente est 0,445; le glissement de la mâchoire sur la tête du rail au début du mouvement peut se produire pour un coefficient de frottement inférieur à 0,445 et augmenter ainsi l'adhérence des roues porteuses et le coefficient de frottement entre rail et griffes et produire par conséquent un renforcement graduel de la pression du frein.

On constata dans le développement ultérieur de la construction des funiculaires que même le frein du Stanserhorn ne peut répondre à toutes les exigences, parcequ'il fait travailler fortement non seulement la voie mais le bâti de la voiture. Avec ce système on ne peut dépasser une certaine pression des freins si l'on ne veut arriver à un poids inutilement lourd de la voie et du bâti de la voiture; surtout si l'on n'est pas à même de donner au chemin de fer funiculaire la trafic voulu et nécessaire pour obtenir le succès financier désiré et possible.

Fréquemment le succès financier d'un funiculaire dépend de la possibilité de transporter les dimanches, jours de fête et jours de marché, rapidement et en peu de temps un grand nombre de personnes. Avec des pentes plus ou moins fortes, le poids brut élevé des voitures produirait alors aux moments critiques, des pressions de freins que la voie ordinaire ne pourrait supporter et on ne peut aisément se décider à choisir un nouveau type de voie plus robuste pour des lignes pour la plupart très courtes, d'autant moins que la forme nécessaire de la tête du rail ne convient qu'aux chemins de fer funiculaires et que le prix de ces rails est élevé.

Le nouveau frein à griffes de l'ingénieur Ruprecht est destiné à remédier à ces inconvénients. La tête du rail conserve, comme au Stanserhorn, la forme représentée par la fig. 43 d'un triangle isocèle reposant sur son sommet. Le champignon du rail Vignole ordinaire ne convient pas, parcequ'il n'empêcherait pas un soulèvement de la voiture sur le rail: fait d'autant plus grave que pour actionner un bon frein on utilise précisément l'adhérence du véhicule, du moins dans les lignes funiculaires sans crémaillère. Avec la forme indiquée de la tête du rail un soulèvement de la voiture sur le rail n'est plus pos-

sible. La tige filetée f sera donc mise en mouvement par une des paires de roues porteuses et par l'intermédiaire des écrous h h elle ouvre les griffes à leur partie supérieure entraînant ainsi le serrage de leur partie inférieure. Il se produit alors une force verticale T qui attire le rail et la voiture l'un vers l'autre augmentant ainsi l'adhérence des roues porteuses sur les rails mais seulement dans une proportion voulue. D'autre part toutefois, le rail et le bâti de la voiture sont fortement sollicités à la flexion et il s'est produit des déformations permanentes du rail et des traverses. Il ne faut en effet pas oublier que le rail est déjà sollicité latéralement à un travail élevé ainsi que par l'effort tangentiel du frein. D'après la fig. 47 le moment de flexion dû à un seul frein à griffes est $T \cdot \frac{c(d+c)}{2c+d}$ et celui dû à deux freins à griffes Tc .

Dans le système usité par exemple au Stanserhorn, la force T produit en plus de l'augmentation d'adhérence des roues porteuses agissant sur les freins, des tensions intérieures inutilement élevées surtout dans la voie. Il semble donc naturel d'employer cette force T à renforcer l'action du frein en provoquant un serrage sur la face supérieure de la tête du rail. La pression totale du frein restera évidemment la même, mais n'étant plus produite seulement par les pressions SS des griffes (fig. 48) mais par SS et T agissant de concert, la résultante des trois forces devra être par conséquent plus petite que précédemment.

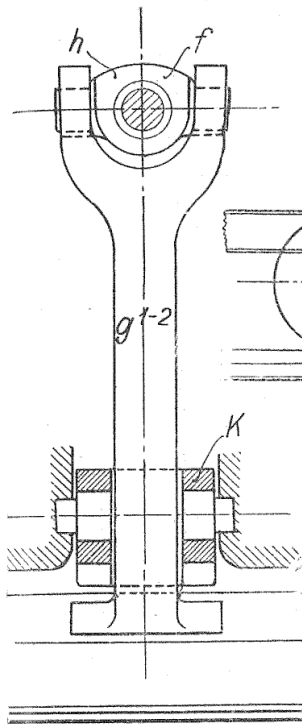
Les forces nécessaires au serrage du frein sont donc devenues plus petites. Toutefois une partie seulement de T sera utilisée au freinage puisqu'il faut naturellement laisser en marche normale un certain jeu entre le nouveau sabot supérieur du frein et la surface du rail. Une partie de T est donc toujours employée à attirer la voiture sur les rails et ainsi à augmenter l'adhérence des roues. Mais cependant dès que la joue supérieure touchera le rail elle agira comme frein et toute augmentation ultérieure de T ne servira qu'au freinage. Cette troisième nouvelle joue du frein pourra être réalisée de diverses façons et le dessin n'en donne que l'indication générale.

Les éclisses c c des tourillons des griffes peuvent être disposées suivant la forme k en sorte qu'elles viennent après un court instant s'appliquer sur le rail; c c peuvent aussi être réunies en une seule pièce k qui reçoit une forme lui permettant d'agir comme troisième joue de frein. On peut aussi disposer une pièce spéciale de frein p sous k . En général cependant, on préférera pouvoir régler exactement la position de la 3^{ème} joue afin de la laisser agir au moment voulu et de limiter l'inflexion du rail sur lequel le frein agit.

Cela peut se réaliser par exemple par une joue de frein n calée sur un arbre excentrique m et prolongée à sa partie supérieure de façon que la pression du frein agissant entre le rail u et n ne puisse produire la rotation de n autour de m . En faisant tourner n sur son pivot excentrique m , le jeu entre n et la surface supérieure du rail peut être réglé d'une manière quelconque convenable. Le moment de flexion sur le rail n'est plus alors, en négligeant la continuité, que $T \cdot \frac{c \cdot e}{c + e}$ soit beaucoup plus faible que précédemment, T étant lui-même plus petit puisque le freinage sur trois côtés diminue les forces SS .

Pour la même pression du frein, la voie est bien moins fatiguée et peut suffire dans des conditions de charge et de rampe bien plus défavorables où elle serait déjà trop faible avec l'autre frein. Il serait évidemment possible de disposer les mâchoires elles même de sorte que la 3^{ème} joue vienne sur elles de fonte ou de forge. Toutefois dans l'intérêt

Fig. 44.



Frein le plus récent de voiture pour funiculaires à traction par moteurs.

Fig. 47.

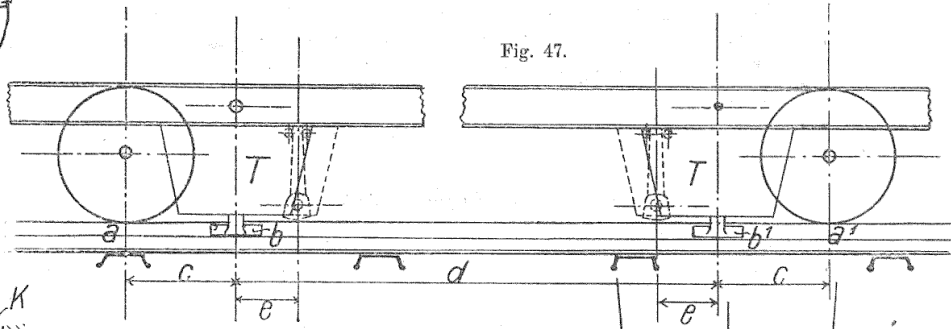


Fig. 43.

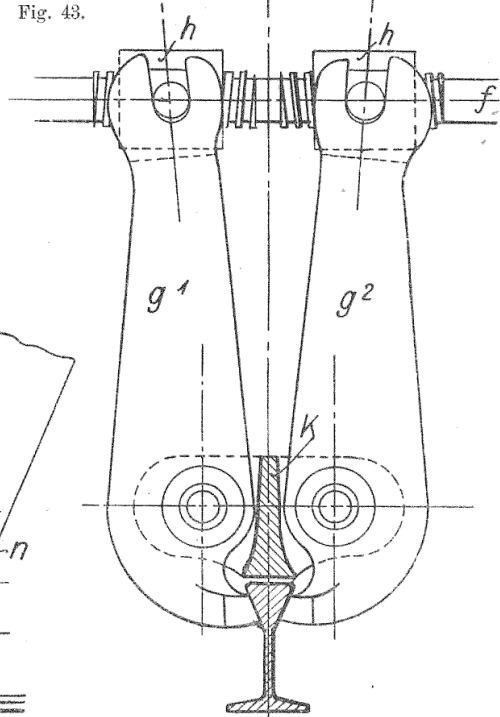


Fig. 45.

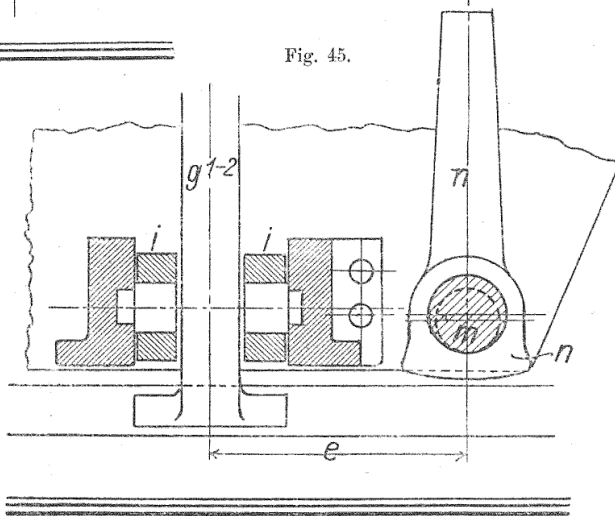


Fig. 46.

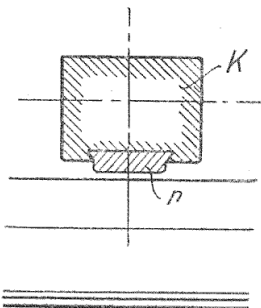
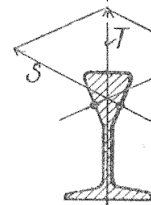


Fig. 48.



d'un réglage possible, une construction dans le sens précédemment indiqué et représentée par les fig. 42 à 48, est à préférer.

Il va sans dire qu'une partie quelconque du bâti de la voiture entre bb^1 peut être convenablement aménagée pour y assembler sous une forme appropriée une troisième joue de frein pressant sur la surface de roulement du rail.

Mentionnons pour terminer ce qui concerne les freins des chemins de fer funiculaires que le Département des chemins de fer a établi un schéma pour les essais de freins; il est utilisé par les compagnies de chemins de fer pour l'inscription des résultats et communiqué périodiquement à l'autorité; il existe en outre l'ordonnance suivante du Conseil fédéral concernant les chemins de fer à systèmes spéciaux dont l'exploitation est suspendue en hiver:

Le Conseil Fédéral Suisse,

en application de l'article 31 de la loi fédérale du 23 décembre 1872, concernant l'établissement et l'exploitation des chemins de fer sur le territoire de la Confédération suisse;¹⁾

sur la proposition de son département des postes et des chemins de fer,

arrête:

Art. 1^{er}. Les administrations des chemins de fer à systèmes spéciaux (chemins de fer à crémaillère, funiculaires, etc.), dont l'exploitation est suspendue en hiver, informeront, huit jours d'avance au moins, le département des postes et des chemins de fer, section des chemins de fer, de la date projetée pour la réouverture de cette exploitation au printemps.

Art. 2. Cette communication sera accompagnée de la preuve que le chemin de fer, ses installations et le matériel d'exploitation sont en bon état, que l'administration possède le personnel nécessaire pour l'exploitation et que celui-ci est suffisamment au courant de son service.

On renseignera, en particulier, le département sur les points suivants:

- la mise en bon état du corps de la voie après les avaries qu'il a pu subir pendant l'hiver et l'enlèvement ou la consolidation des pierres ou des parties du sol détachées et menaçantes, notamment sur les parois de rocher et les pentes voisines de la ligne;
- le remplacement des parties endommagées de la superstructure, le dressage de la voie, la réparation des défauts de la crémaillère (dents branlantes, division inexacte des dents aux joints, etc.);
- la mise en bon état de la totalité du matériel roulant, les essais de marche et de freins opérés avec tous les véhicules, le réglage des appareils de freins;
- la présence du personnel nécessaire, ses aptitudes et, quant aux employés nouveaux appelés à exercer la police du chemin de fer la preuve qu'ils ont été assermentés conformément à la loi;

l'exécution des travaux en retard exigés par le département.

Les résultats des essais des freins seront consignés dans un registre ad hoc et communiqués au département et à ses organes sur leur demande.

Pour les câbles des funiculaires, c'est l'ordonnance spéciale du 12 janvier 1894²⁾ qui fait règle.

¹⁾ Voir recueil officiel, tome XI, page 1.

²⁾ Voir recueil officiel, nouvelle série, tome XIV, page 136.

Art. 3. Le département fera, autant que possible, constater que le chemin de fer est en état d'être exploité et procéder aux essais de contrôle par ses organes.

Si le résultat de ces opérations n'est pas satisfaisant, le département pourra interdire l'ouverture de l'exploitation jusqu'à ce que la compagnie ait tenu compte de ses réclamations.

Il a aussi le droit d'interdire l'ouverture de l'exploitation lorsque les prescriptions ci-dessus ne sont pas observées par l'administration du chemin de fer.

Art. 4. La présente ordonnance entre immédiatement en vigueur.

Le département des postes et des chemins de fer est chargé de l'exécuter.

Berne, le 21 décembre 1894.

Installations mécaniques.

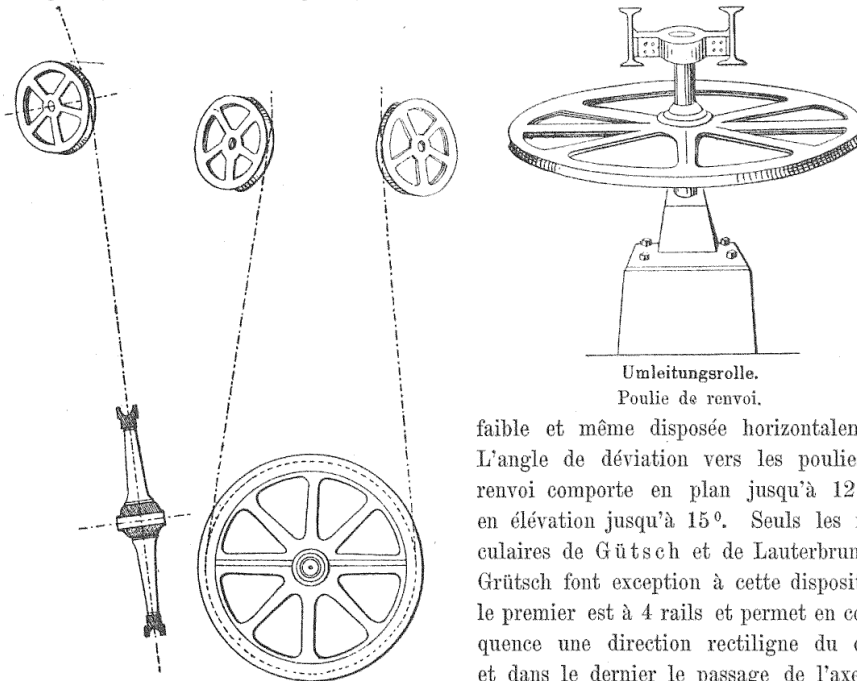
Stations extrêmes des lignes à contrepoids d'eau.

L'installation mécanique est très simple pour les lignes à contrepoids d'eau. A l'extrémité de la voie, des poulies assez grandes en général dévient le câble dans une ou deux directions, jusqu'à la poulie principale qui est ou bien inclinée suivant la rampe de la partie supérieure de la ligne ou, si la place fait défaut, inclinée suivant une pente plus

Fig. 50*).

Fig. 49*).

Fig. 51*).



Obere Seil - Ab- und Umleitung.

Guidage et renvoi du câble à la partie supérieure.

Umleitungsrolle.

Poulie de renvoi.

faible et même disposée horizontalement. L'angle de déviation vers les poulies de renvoi comporte en plan jusqu'à 12° et en élévation jusqu'à 15°. Seuls les funiculaires de Güttsch et de Lauterbrunnen-Grütsch font exception à cette disposition; le premier est à 4 rails et permet en conséquence une direction rectiligne du câble et dans le dernier le passage de l'axe des câbles sur la poulie de renvoi a été rendu possible par un écartement graduellement plus grand des extrémités de la ligne. Les poulies de retour sont en deux parties; leur gorge est garnie de segments de bois de noyer, de hêtre ou de frêne; leur diamètre est d'environ 130 fois celui du câble. Pour prévenir la sortie du câble il y a toujours un

*) Walloth, Drahtseilbahnen.

cadre polygonal en bois placé à peu de millimètres du bord de la poulie. Les gorges des poulies de déviation sont garnies de bois, de cuir ou ne le sont pas du tout.

Une des installations courantes du guidage du câble à la station supérieure est indiquée par les fig. 49 à 51. Les proportions choisies pour le guidage sur les poulies de déviation et de renvoi dans les dix installations à traction par contrepoids d'eau ne peuvent pour aucune d'entre elles être déclarées insuffisantes; toutefois quelques unes ont nécessité après leur construction une réduction des angles de déviation dans les courbes de la ligne et de l'évitement, ce qui a eu lieu chaque fois par l'augmentation du nombre des galets.

Au funiculaire Ecluse-Plan on adapta, il y a 10 ans, après la mise en exploitation, et à l'essai, un frein centrifuge en relation avec la grande poulie du câble. Cette poulie pouvait par une forte multiplication, produire la rapide rotation d'un cylindre. Quand la vitesse de marche admise était dépassée, des poids centrifuges reliés au moyeu par des ressorts se déplaçaient vers le pourtour du cylindre et agissaient comme freins jusqu'à ce que la vitesse fut ramenée à sa valeur normale.

Ce frein permit une marche très régulière sans l'aide des freins des voitures; toutefois il fut éloigné à cause de son bruit strident; l'application ultérieure de ce système de frein et son perfectionnement ne furent plus reconnus utiles grâce au perfectionnement successif et complet des freins des voitures.

Il ne reste à citer dans l'installation de la station supérieure des funiculaires à contrepoids d'eau, outre les poulies de déviation et de renvoi, que la conduite d'eau allant du réservoir ou de la conduite sous pression à la voiture; l'extrémité de ce tuyau pénètre à l'arrivée de la voiture montante dans le tuyau un peu plus grand de la conduite de celle-ci. On peut de sa plateforme inférieure, en relation avec le téléphone et la sonnerie, ouvrir la vanne d'arrivée de l'eau et prendre en quelques minutes la quantité d'eau voulue, suivant les indications du conducteur de la voiture inférieure. Une seconde conduite, petite et séparée, sert à prendre l'eau pour le refroidissement des freins.

Nous ne trouvons aux stations du bas, près de la place qu'occupe la voiture, que la cornière sur laquelle vient heurter le bouton de la soupape de vidange pour produire ainsi automatiquement la vidange de la caisse d'eau. Les deux funiculaires à câble compensateur possèdent en outre une installation de guidage du câble, analogue à celle de la station supérieure; toutefois le support de la poulie de renvoi est mobile pour tenir compte de l'allongement du câble; ce support est à cet effet placé sur un wagonnet bas à deux essieux et chargé de pierres, susceptible de se déplacer de quelques mètres dans la direction de la voie.

Galets porteurs.

Ainsi qu'il ressort du tableau des renseignements principaux, les galets droits du câble ont un écartement plus petit dans la partie inférieure de la ligne aux rampes plus faibles, que sur les rampes plus grandes. L'écartement dépend du poids et de la tension du câble; il ne doit pas être assez grand pour permettre au câble de frotter sur le ballast et produire des vibrations du câble pendant la marche, ni assez petit pour que le câble tendu au maximum glisse sur les galets. La formule établie par Vautier donne des écartements trop forts.

Dans les courbes il faut surtout tenir compte, pour la distance des galets, de l'angle de déviation du câble et il convient de choisir celui-ci suivant les conditions du câble et

pas trop grand; cette recommandation s'applique aussi aux tronçons rectilignes à changement de pente convexe. Les chiffres indiqués dans les tableaux généraux peuvent seroier de règle; les écartements impropres ayant été changés.

On rechercha de bien des façons une construction appropriée des poulies porteuses, en garnissant leur gorge d'un alliage, de bois, de cuir, de caoutchouc et de fonte; toutefois dans les derniers temps, on emploie des poulies formées de deux plaques en tôle d'acier embouties, avec un anneau de fonte entr'elles quand elles ont à subir un travail assez grand et des poulies en fonte, sans garniture, si le travail est faible (fig. 52—53).

Les paliers des poulies ont des boîtes en alliage; le graissage se fait avec une matière consistante; les paliers reposent sur des fers plats boulonnés aux traverses.

Les poulies inclinées ont un diamètre un peu plus grand que celles qui sont droites, leur bord inférieur dépasse en dehors pour porter le câble et le bord supérieur sert au guidage latéral. Comme il n'est généralement pas possible d'incliner les poulies normalement aux directions de la force, on emploie parfois aussi, surtout dans les petites courbes, au lieu de poulies inclinées des petits galets à axe vertical, placés à côté de rouleaux portant le câble (Ragaz-Wartenstein, funiculaires du Zurichberg, du Beatenberg et de Lausanne-Ouchy.)

Les poulies sont numérotées et servent de points de repère pour le contrôle du câble.

Les fosses des poulies sont faites quand la voie est sur ballast, en maçonnerie ou en briques comprimées ou enfin, ce qui est le plus avantageux, à l'aide d'une caisse en bois dur s'arrêtant à la surface du ballast (fig. 52 et 53) et assemblée de telle sorte qu'il est aisé d'adapter la caisse à la voie nouvellement réglée. Dans les installations à deux rails la hauteur de l'axe du câble sur la traverse, fixe la limite du niveau du rail puisque les roues porteuses lisses doivent croiser le câble à la partie supérieure de l'évitement. En dehors de l'évitement l'axe du câble est placé quelques centimètres plus haut que sur celui-ci.

Les installations mécaniques des funiculaires à traction par moteurs offrent un plus grand intérêt surtout par suite de l'utilisation de forces de traction variées, ainsi que cela se produit en Suisse.

On peut constater par le tableau général que la traction par moteurs est d'une application toujours plus fréquente; dans la plupart des cas l'usine centrale remplit encore d'autres buts que celui d'alimenter la ligne, aussi malgré les dépenses d'installation un peu élevées les lignes à moteurs donnent, presque sans exception, un rendement rémunérateur. Les deux petits funiculaires de Zurich et celui du Gurten sont seuls à ne pas avoir d'usine centrale propre; ils louent le courant utilisé pour la traction les premiers à 24¹/₂, le dernier à 20 centimes par kilowatt-heure.

La force motrice du Burgenstock est prise à la rivière Aa distante de 4 km. Cette force sert dans l'intervalle des trains à la manoeuvre électrique d'une pompe fournissant de l'eau de source à mi-hauteur de la ligne; le soir elle sert à l'éclairage électrique de l'hôtel et du restaurant placé à l'extrémité de la ligne. Lors de la construction du chemin de fer du Stanserhorn, la station primaire de 150 chev. vap. fut augmentée pour assurer aussi la traction de cette ligne et en outre celle du tramway de Stansstad-Stans-Ici également, comme au Burgenstock, l'alimentation de l'eau est assurée par l'électricité; le moteur électrique de la station des pompes est mis en mouvement quand l'exploitation des diverses lignes n'emploie pas complètement la force disponible. Le soir, après la

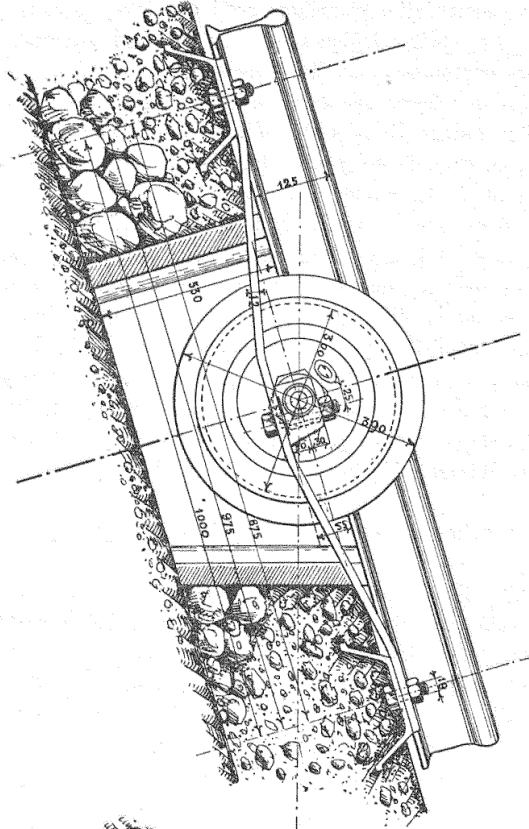


Fig. 52

Nouveaux Galets porteurs du câble.

Echelle 1 : 10.

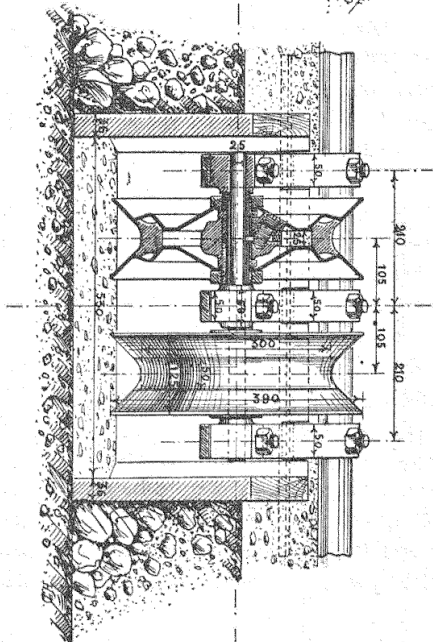


Fig. 53.

Fig. 54.

Funiculaire de Schatzalp. Installation au gaz Dawson.

Echelle 1:100.

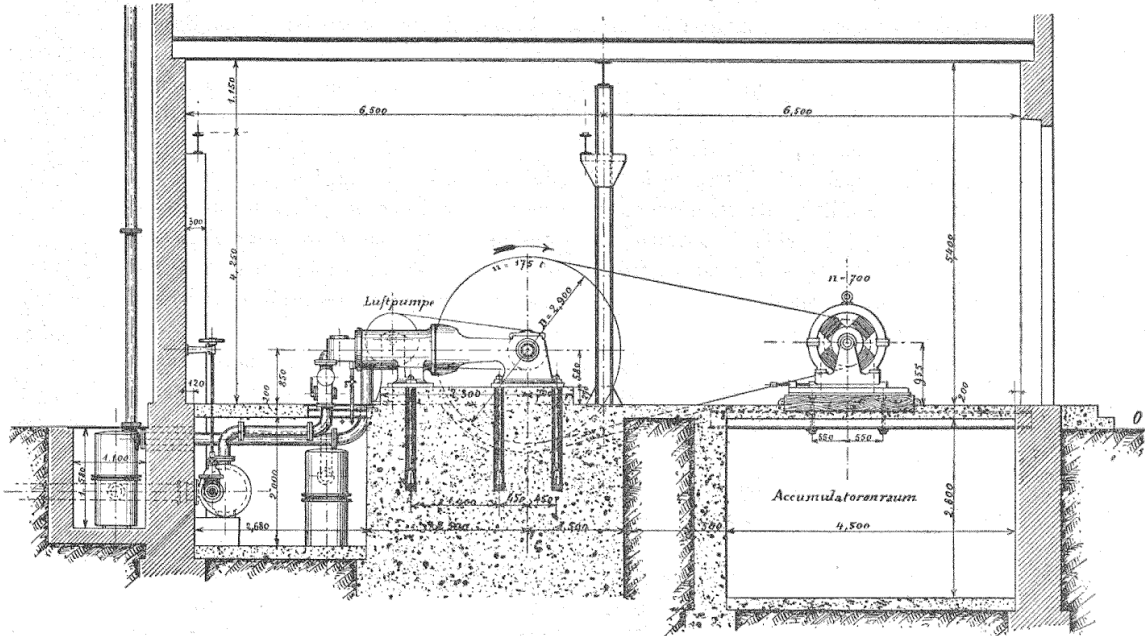
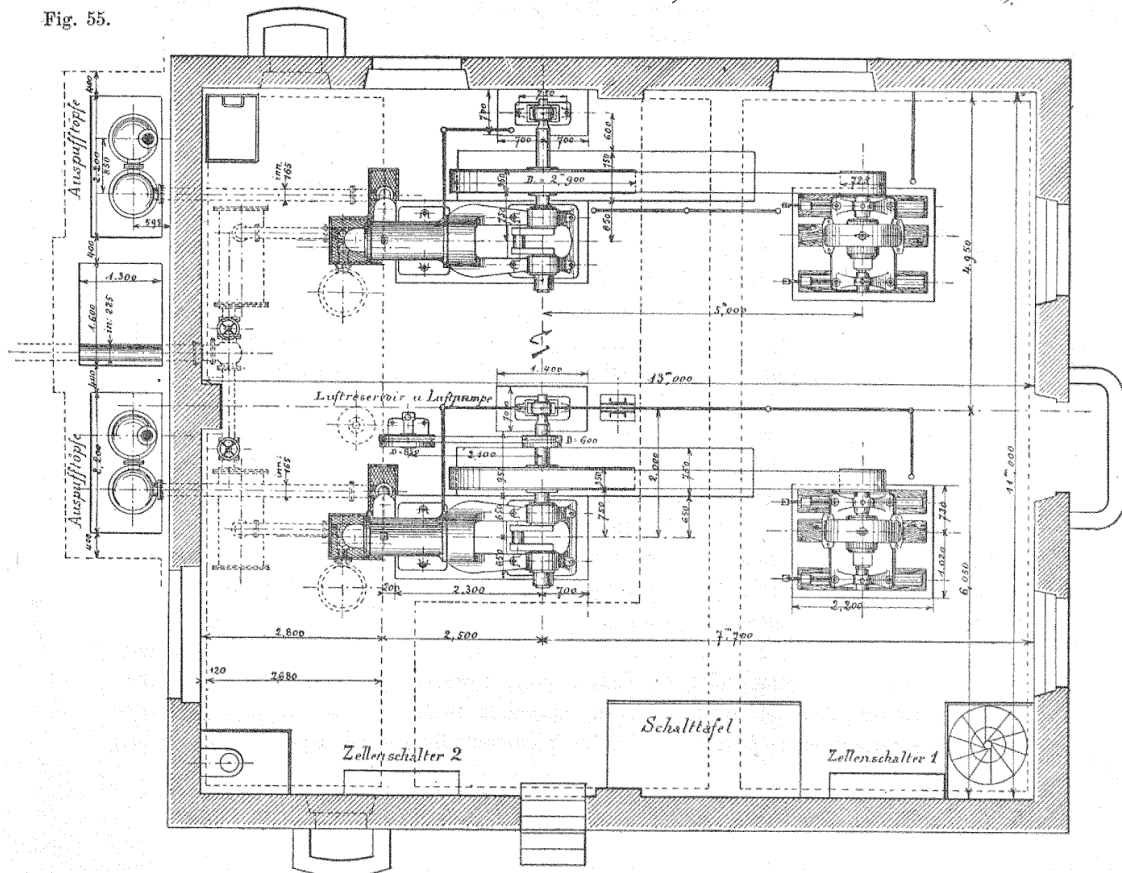


Fig. 55.



fermeture du service, les moteurs électriques des stations des funiculaires du Burgenstock et du Stanserhorn mettent en marche des dynamos à courant continu produisant au Burgenstock l'éclairage des hôtels avec le concours d'une batterie d'accumulateurs et servant en outre au Stanserhorn à fournir l'éclairage à un projecteur électrique de 22 000 bougies normales d'intensité, dont le cône lumineux visite alternativement les localités bordant le lac des Quatre cantons, les hôtels des sommités voisines et de la ville Lucerne.

L'usine centrale près Maroggia à l'extrémité sud du lac de Lugano, fournit le courant par l'intermédiaire de transformateurs d'abord à la ligne du Salvatore distante de 8 km puis aussi à la ville de Lugano et au restaurant du funiculaire, pour l'éclairage électrique. A l'exemple des autres usines centrales celle-ci fut également établie dans l'intention de décharger l'entreprise du chemin de fer d'une partie des frais considérables de l'installation de force.

L'usine centrale du funiculaire de Bienne-Evilard est reliée à une installation de pompes alimentant d'eau potable la commune d'Evilard placée sur la hauteur; de même la station motrice du Reichenbach fournit sa force non seulement au funiculaire mais aussi pour l'éclairage de l'hôtel et de la chute du Reichenbach.

Les compagnies des funiculaires du Dolder, de la Schatzalp et du Pèlerin ont construit des usines centrales à moteurs à gaz, actionnant des moteurs électriques et chargeant des accumulateurs et qui produisent beaucoup plus de force que le chemin de fer n'en consomme, précisément pour pouvoir l'employer à d'autres buts. Ces trois lignes ont des moteurs à courant continu à dérivation et le travail des freins récupéré à la descente est conduit à la station des générateurs pour charger les accumulateurs, ce qui augmente l'effet utile de ces trois installations de 15 à 22%.

La ligne du Dolder comprend une installation au gaz Dawson avec deux moteurs à gaz de 60 ch. vap. et un moteur de 50 ch. vap., 120 volts et 420 tours. Le funiculaire de la Schatzalp possède également une installation construite par la Fabrique de locomotives de Winterthur, à 2 moteurs à gaz de 50 chevaux chacun. Les deux dynamos à courant continu à dérivation, de 33 kilowatts de puissance, font 700 tours et ont 400 à 600 volts de tension; elles sont actionnées à l'aide de courroies. La force nécessaire en pleine charge comporte 50 ch. vap. La batterie d'accumulateurs de 240 éléments a sur l'arbre du moteur une puissance de 50 ch. vap-heure et le moteur pour 650 tours et 400 volts, une force de 50 ch. vap. Le funiculaire du Pèlerin possède une installation gazogène, avec 2 moteurs à gaz de 25 chevaux, un moteur électrique de 70 chev. vap. et une batterie d'accumulateurs. Malgré les frais d'établissement un peu élevés, ces trois chemins de fer ont donné toute satisfaction.

Le funiculaire Lausanne-Signal a utilisé deux moteurs à benzine de 30 ch. vap. qui travaillent sans l'intermédiaire de moteurs électriques, en agissant directement sur les engrenages de la poulie du câble, fig. 56. Des dispositions de ce genre ne sont applicables qu'au cas où la force nécessaire varie peu; car des profils en long comme celui du funiculaire du Pèlerin par exemple ne permettraient pas, sans moteurs électriques, un réglage commode et uniforme de la marche, parceque la résistance des moteurs à gaz pour compenser la force serait beaucoup trop faible.

La traction à l'aide de machines à vapeur sans transformation de la force en énergie électrique n'est pas à recommander, car dans la plupart des cas, la régularité de la marche dépendrait trop de l'habileté du mécanicien. Quand la marche de la machine à vapeur peut être renversée, on ne peut se servir d'un régulateur du nombre de tours et l'emploi

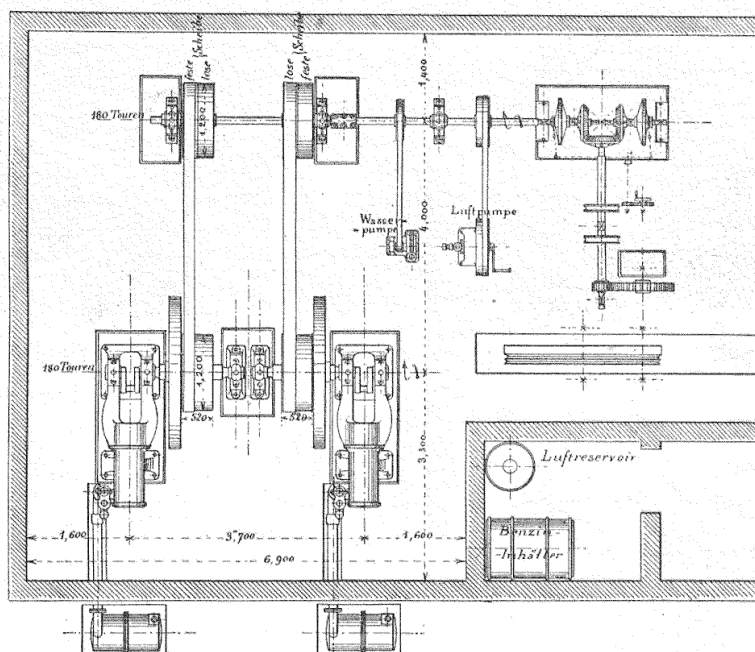
d'un engrenage à renversement de marche, exige une construction compliquée et entraîne un service difficile; même comme moteurs de réserve les machines à vapeur ne sont pas recommandables.

On sait par exemple que le funiculaire du Salvatore possède une demi-locomobile de 50 ch. vap. et les stations de la ligne du Stanserhorn ont chacune une chaudière séparée et une machine à vapeur horizontale de 60 ch. vap. comme réserve. Toutefois ces machines de réserve sont coûteuses d'achat et en service, elles exigent en outre beaucoup de place et prennent trop de temps pour leur mise en marche, en cas d'avarie de l'installation électrique. Dans les lignes construites plus tard on a acquis comme réserve bien appropriée, des accumulateurs, un moteur à gaz ou un second moteur électrique.

Lausanne-Signal. Installation des moteurs à benzine.

Fig. 56.

Echelle 1:100.



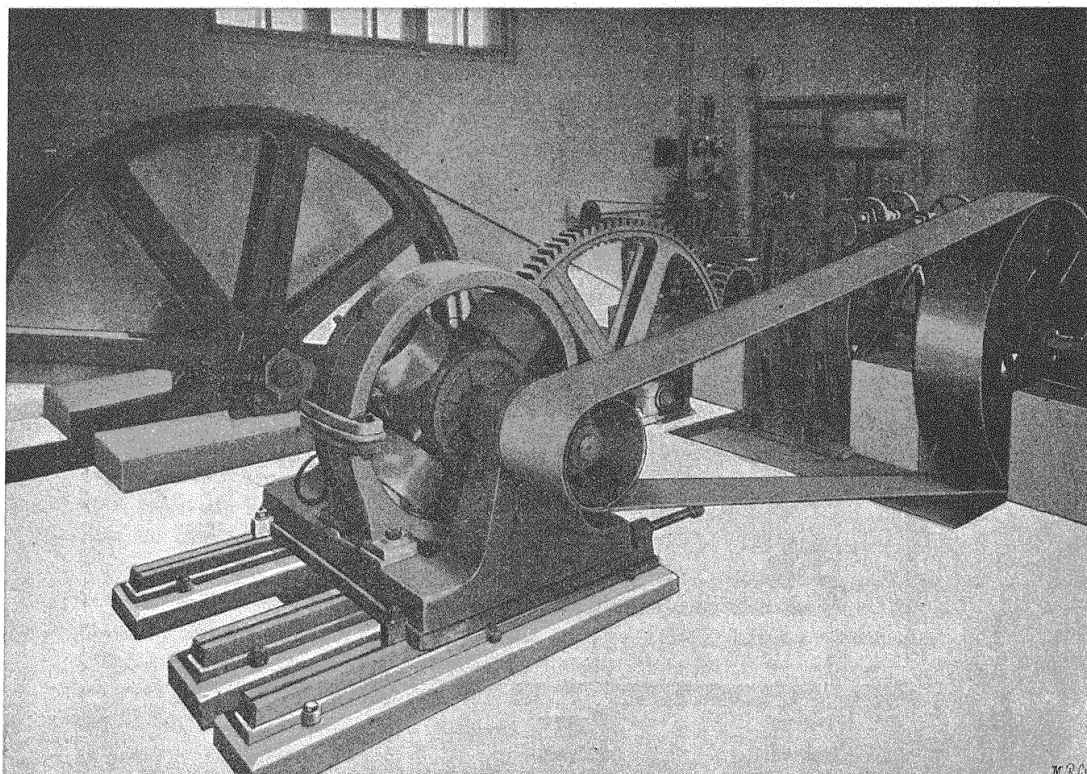
Le moteur électrique est de beaucoup le meilleur pour l'exploitation des chemins de fer funiculaires. Avec toutes les variations de charge qui se produisent dans le service et avec l'excédant de force de traction qui se produit pendant la marche, tantôt à la voiture de gauche, tantôt à celle droite, le moteur donne de lui-même un nombre constant de tours, ne demande que peu de place, peu de service et d'entretien. Dans ce but ce moteur est construit soit à courant alternatif, soit à courant continu avec excitatrice permettant de le mettre en marche en pleine charge; le changement de sens de la marche s'obtient par le renversement du courant. Aux funiculaires du Burgenstock et du Salvatore c'est l'engrenage et non pas la marche du moteur qui peut être renversé. Pour régler la mise en marche et l'arrêt et en général pour un ralentissement de courte durée de la marche, on se sert de résistances intercalées dans le courant principal et qui permettent pour une courte durée, d'atteindre le nombre de tours voulu.

La puissance des moteurs est comptée toujours largement et l'on tient compte de leur échauffement en cas de forte affluence. Les moteurs sont toujours actionnés par des courroies de cuir; ils font de 450 à 750, généralement 600 tours; à une seule exception près, la force est transmise à la poulie motrice par des engrenages.

Le câble passe habituellement, pour compenser les différences de tension, sur la poulie motrice, la contre-poulie et la poulie inclinée intermédiaire. Quand les différences de tension sont considérables les poulies sont munies de 3 gorges et on supprime la poulie

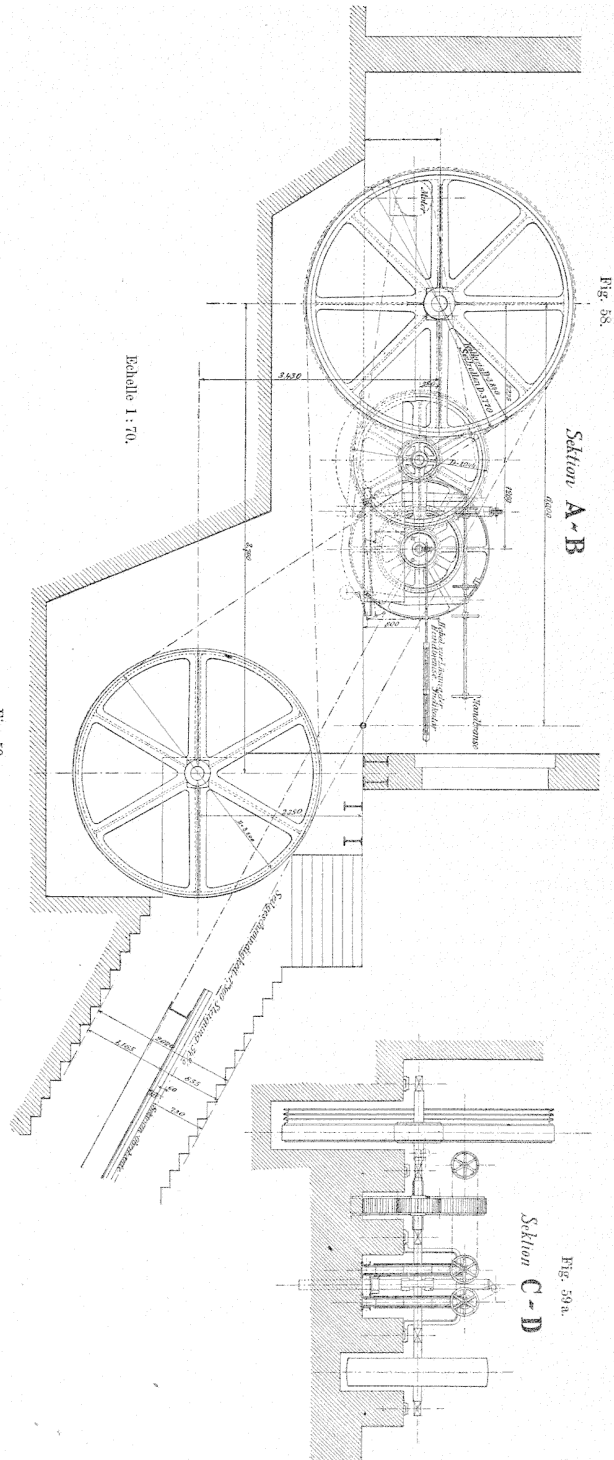
Fig. 57.

Funiculaire de Schatzalp. Station motrice.



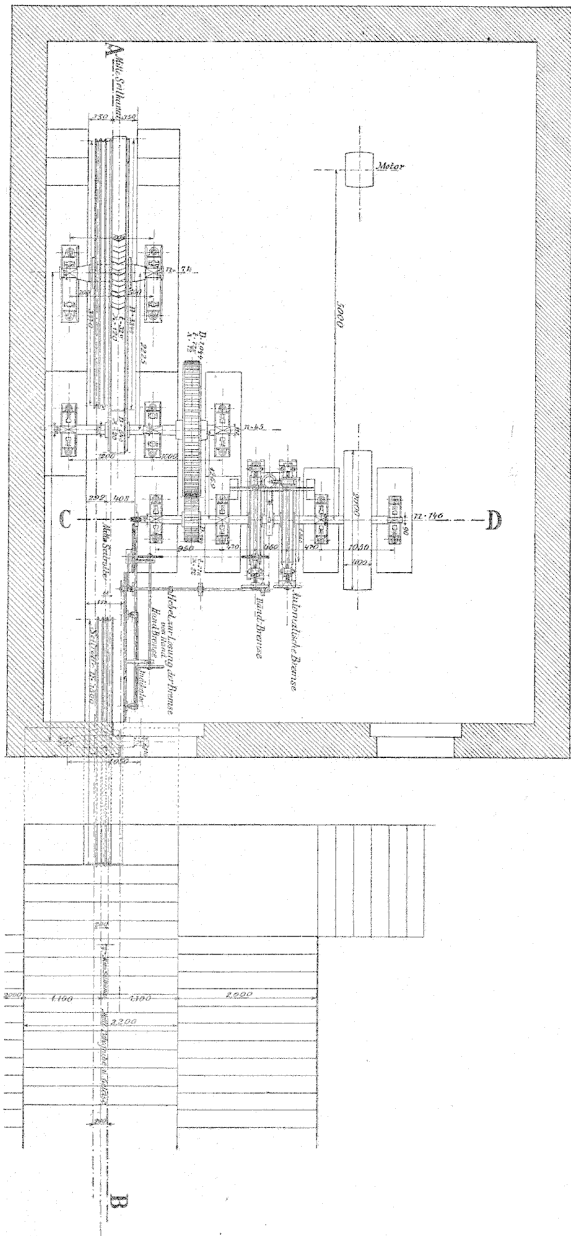
intermédiaire. L'enroulement du câble comporte de 1 à 4π ; ce nombre de tours est donné par l'hypothèse d'un coefficient de frottement de 0,09 à 0,1 entre câble et poulies quand celles-ci sont en fonte et sans garniture et de 0,12 pour des poulies à garniture de bois. Quand l'exploitation dure toute l'année, on doit prendre soin que le câble ne puisse entraîner aucune neige sur les poulies.

Le service des moteurs est confié à un mécanicien qui peut voir, aisément de sa place, la partie supérieure de la ligne et qui est protégé par un plancher isolateur contre des chocs électriques inattendus; il tient à la main la manivelle du frein et celle du rhéostat; à hauteur de sa tête, l'ampèremètre et le voltmètre lui servent à contrôler le courant. En outre, le mécanicien peut suivre sur une règle graduée en laiton, la position



Vervy-Polieru. Station supérieure.

Voir page 73.



occupée à chaque moment par les voitures sur la ligne, qui est indiquée par des curseurs. Quand la voiture entre dans la station, son attention est attirée par une cloche d'avertissement qui sonne par un contact du boudin de la roue provoquant la fermeture d'un courant. L'arrêt par le mécanicien a lieu par la suppression successive du courant et le serrage du frein de la machine. Si le mécanicien ne voyait pas la voiture à son arrivée et ne faisait attention ni à l'indicateur de position des voitures, ni à la cloche d'avertissement, la voiture supérieure heurterait le tampon placé au haut de la station, déclancherait par une transmission à levier, le frein automatique placé sur l'arbre des engrenages à côté du frein à main et interromprait en même temps le courant. Ces deux freins ont

Fig. 60*).

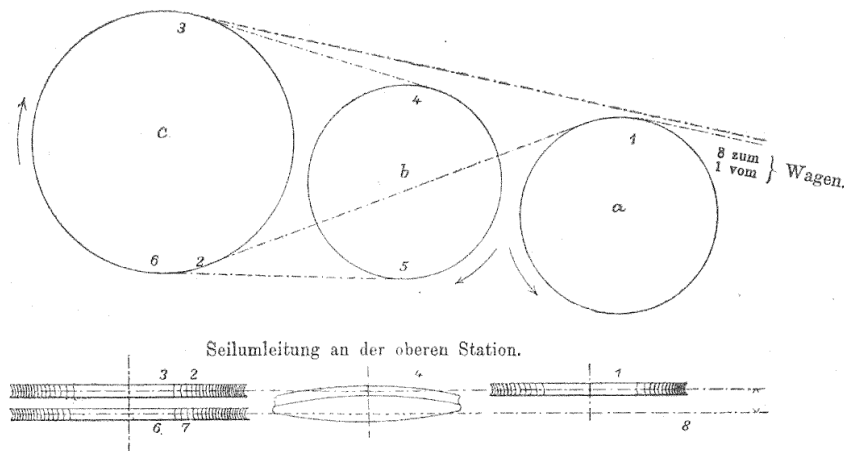


Fig. 61*).

la même construction; ils ont des sabots de frein en bois placés sur des leviers à un bras pouvant être rapprochés à leur partie supérieure par une tige filetée. L'un de ces freins est relié au régulateur centrifuge qui agit rapidement sur la tige qui vient d'être mentionnée si la vitesse normale de marche est dépassée de plus de 20^o/₁₀₀ environ; cette tige est disposée en outre pour être manoeuvrée à la main. L'installation mécanique d'une des lignes les plus perfectionnées dans ses diverses parties et dans sa disposition générale, est aisée à comprendre par les fig. 58 à 59 a. Tandis que cette installation qui est celle du funiculaire du Pélerin, indique pour la grande poulie et la contre-poulie 3 gorges et aucune poulie intermédiaire, les fig. 60 et 61 donnent la disposition usuelle avec poulie intermédiaire et à 2 gorges, pour les funiculaires à faible variation de tension dans le câble. Les chiffres inscrits expliquent la succession des renvois du câble.

Installation des signaux.

Les lignes à traction par moteurs ont en général 4 fils le long de la voie; l'un d'eux sert à la sonnerie électrique dans le bâtiment des machines pour annoncer l'arrivée et le départ aux stations extrêmes et la réponse.

Deux autres fils sont pour le téléphone de la station; le quatrième placé à hauteur de la voiture permet de fermer un courant par son contact avec une baguette en main du

*) Walloth, Drahtseilbahnen.

conducteur et d'agir sur une sonnerie dans le bâtiment des machines. Par cette disposition le mécanicien peut recevoir d'un point quelconque de la ligne des signaux pour la marche en avant et en arrière; les conducteurs peuvent aussi donner ces signaux à l'aide de la corne dont ils sont munis.

Avant le commencement de la course les conducteurs ont à vérifier d'abord le bon état des appareils à signaux en envoyant l'un à l'autre et au mécanicien le signal „attention“ (——). Quand les voyageurs sont montés en voiture et après avoir fait le contrôle des billets et des bagages, ils ferment les quais et les voitures. Le conducteur de la voiture inférieure se rend à son poste placé dans la direction de la marche; il donne à l'aide de la sonnerie le signal „prêt“ (—— —) et ne quitte plus son poste en attendant le départ. Le conducteur de la voiture supérieure répond par la sonnerie au signal „prêt“ et donne ensuite au mécanicien avec le sifflet le signal „prêt“ (—— —).

Si le conducteur de la voiture supérieure donne le premier le signal „prêt“ à la station inférieure, il doit d'abord attendre le signal de confirmation de cette dernière, avant de donner au mécanicien le signal du sifflet „prêt“. A partir du moment où ils ont donné le signal „prêt“, les conducteurs ne peuvent plus quitter leur poste jusqu'à la fin de la course. A la fin de celle-ci les portes des voitures et de l'entrée des quais sont ouvertes.

Pendant la course le conducteur dirige son attention exclusivement sur sa voiture, le frein, la vitesse de marche et la voie; toute conversation avec des voyageurs ou toute autre distraction doit être sévèrement évitée.

S'il remarque une irrégularité quelconque, pouvant porter danger aux voitures, il donne avec sa baguette le signal „halte“ (prolongé) au mécanicien c'est à dire il tient la baguette en contact avec le fil de signal jusqu'à ce que la voiture soit arrêtée. En cas d'urgence, il arrête lui-même sa voiture par le serrage des freins; toutefois comme cette manœuvre est très nuisible au câble, surtout à la montée, il ne doit l'exécuter qu'en cas de danger réel et avec précaution. Le conducteur de l'autre voiture laisse, par contre, son frein desserré lorsque la course est interrompue, à moins cependant que la voiture ne descende à une vitesse anormale. Lorsque l'obstacle est enlevé et si la voiture qui a provoqué l'arrêt peut reprendre sa marche dans la direction première, le conducteur donne d'abord avec la corne le signal „prêt“ (—— —); lorsqu'il a reçu le même signal de l'autre voiture et desserré ses freins, il donne au mécanicien le signal „prêt“ (—— —) au moyen du contact électrique de la baguette; si par contre la voiture doit rétrograder vers l'origine, il donne à l'aide de la corne ou de la baguette, au lieu du signal „prêt“ le signal „en arrière“ (—— — —). Si la voiture arrêtée a besoin d'aide, on donne à la station du haut avec la baguette, le signal (—— — — — — — —) en suite le mécanicien avertit le chef d'exploitation ou bien, en cas d'absence de celui-ci, envoie de l'aide lui-même, mais la place près du moteur ne doit pas rester inoccupée.

Après un arrêt, les conducteurs ne doivent jamais donner le signal de marche au mécanicien, sans s'être assurés au préalable, que les freins à main et automatiques sont desserrés.

Dans le cas d'une rupture de câble on doit serrer immédiatement tous les freins. Le frein à main ne doit, comme le frein automatique, être employé que comme frein de détresse. On le serre pendant la nuit et on le fixe à l'aide d'un cadenas.

Les conducteurs doivent placer la corne avant le commencement du service à la place qui lui est réservée sur les voitures, afin de l'avoir toujours sous la main. Après la fin du service on remet les cornes dans les stations.

Une fois par semaine au moins, les conducteurs sous la conduite et avec l'aide du contremaître de la voie doivent se convaincre du fonctionnement régulier des freins automatiques aux deux voitures, en détendant le câble.

Bâtiments des stations.

Il n'y a que peu de lignes qui ont des stations intermédiaires pour le service des voyageurs; ce sont celles de Lausanne-Ouchy, d'Ecluse-Plan, de Vevey-Pélerin et du Geissberg, dont la traction est pour les unes à moteurs et pour les autres à contrepoids d'eau. Chacun de ces funiculaires a deux stations intermédiaires à égal écartement des extrémités en sorte que les deux voitures s'arrêtent chaque fois simultanément aux deux stations.

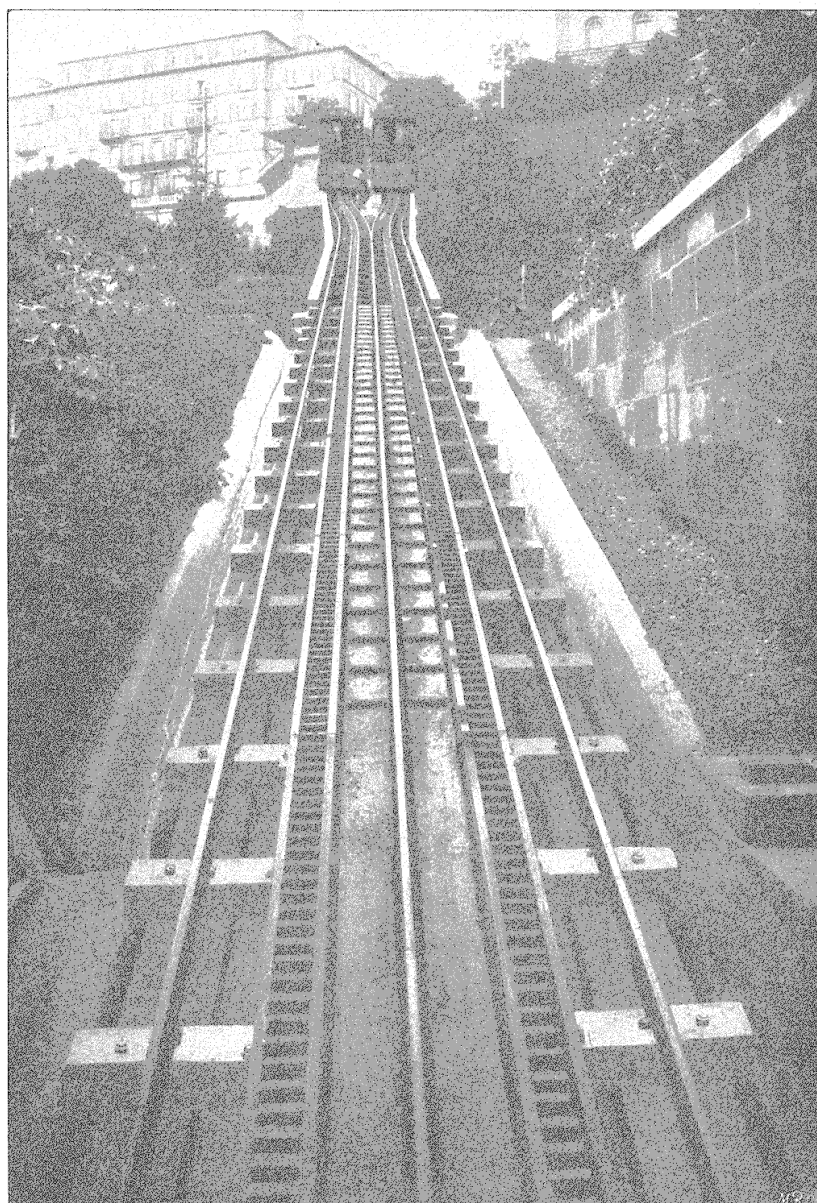
Les bâtiments des stations extrêmes sont diversement disposés suivant le but de la ligne, les conditions locales, la rampe, le système de traction et le genre d'exploitation. Dans les lignes pour touristes, un buffet est parfois réuni à la station; les bâtiments placés dans le voisinage contiennent en général les logements de service et la salle d'attente du personnel de la ligne. Dans les funiculaires des villes, le bâtiment de la station se réduit habituellement à un quai d'attente devant l'extrémité de la voie et à une halle à voyageurs. Pour tenir compte des exigences actuelles de l'exploitation, les bâtiments sont toujours construits avec entrée et sortie distinctes pour les moments de forte affluence; ils ont des quais latéraux de 1,2 à 2,5 m. de largeur disposés au niveau du plancher de la voiture; aux extrémités de la voie est disposé un tampon et une fosse d'inspection de 1,3 à 1,4 m. de profondeur. Ces fosses sont destinées à la révision et à la réparation des voitures; elles s'étendent sur toute la longueur de celles-ci et sont construites pour permettre un accès facile à toutes les parties de la voiture entre les rails et en dehors de ceux-ci; c'est pour cela que les rails sont fixés, en général, au dessus de la fosse à des longerons n'exigeant pas plus d'une poutre porteuse intermédiaire entre les points d'appui placés aux extrémités de la fosse. Les funiculaires récemment construits, à contrepoids d'eau, ont une fosse munie d'un court tronçon de voie démontable, pour permettre l'enlèvement par dessous d'un essieu couplé.

Les quais des stations sont disposés dans la plupart des cas des deux côtés de la voiture; leur longueur comporte suivant le système de traction et la longueur de la ligne 1,2 à 2 fois celle de la voiture. Ils sont construits sans gradins jusqu'à environ 25 % de rampe de la voie. Pour les stations sur une déclivité supérieure à 50 % environ et surtout si le transport des marchandises est important, on préfère les marches bordées par des ferts plats à celles tout en pierre ou en béton.

Funiculaire du Marzili à Berne.

Disposition ancienne à trois rails.

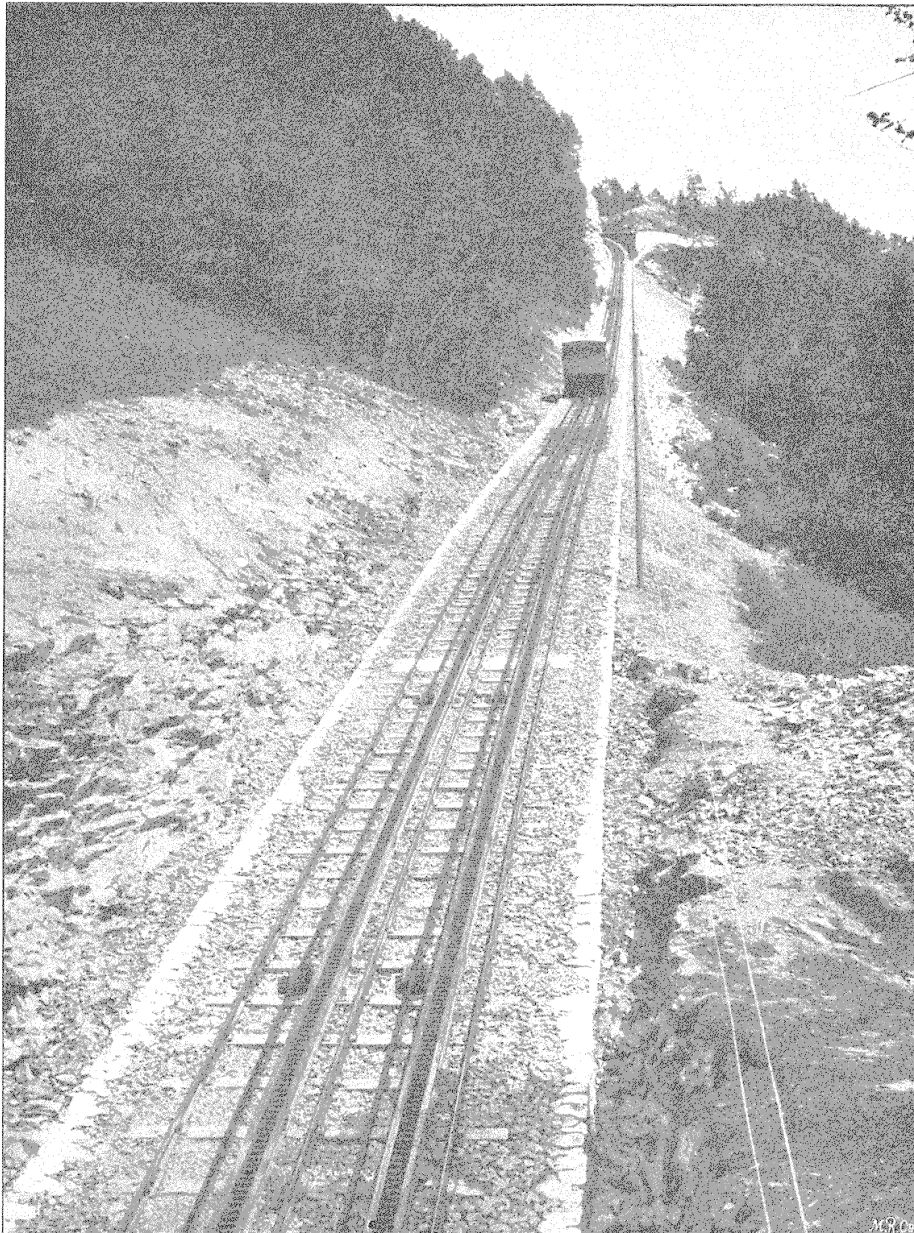
Fig. 24.



Funiculaire du Beatenberg.

Disposition ancienne à trois rails et câble compensateur.

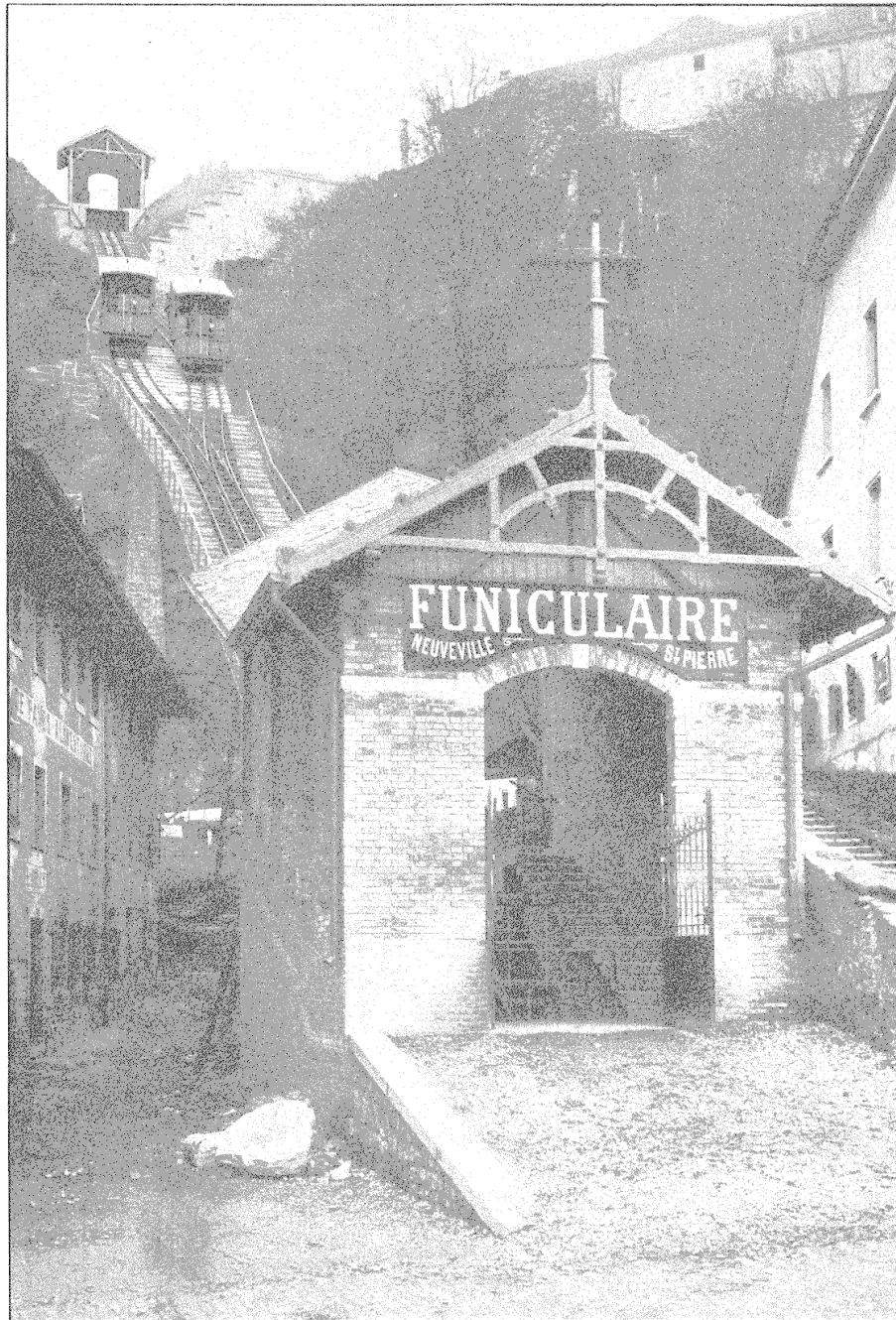
Fig. 89.



Neuveville - St. Pierre.

Disposition nouvelle à deux rails et crémaillère, traction par contrepoids d'eau.

Fig. 25.



Funiculaire de Scharzalp, à Davos.

Disposition nouvelle à deux rails et sans crémaillère, pour traction par moteurs.

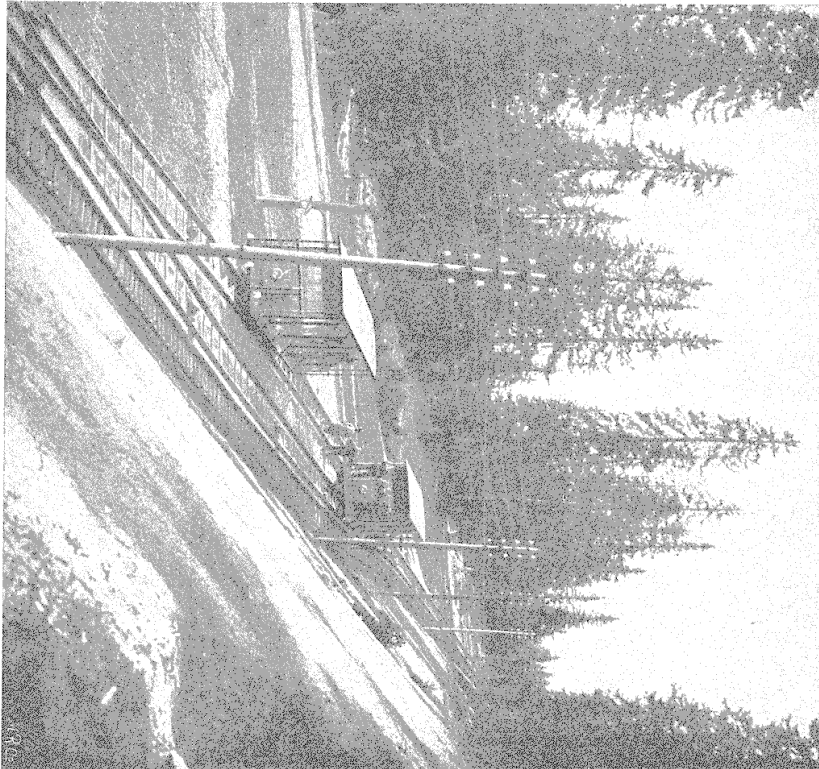


Fig. 31.

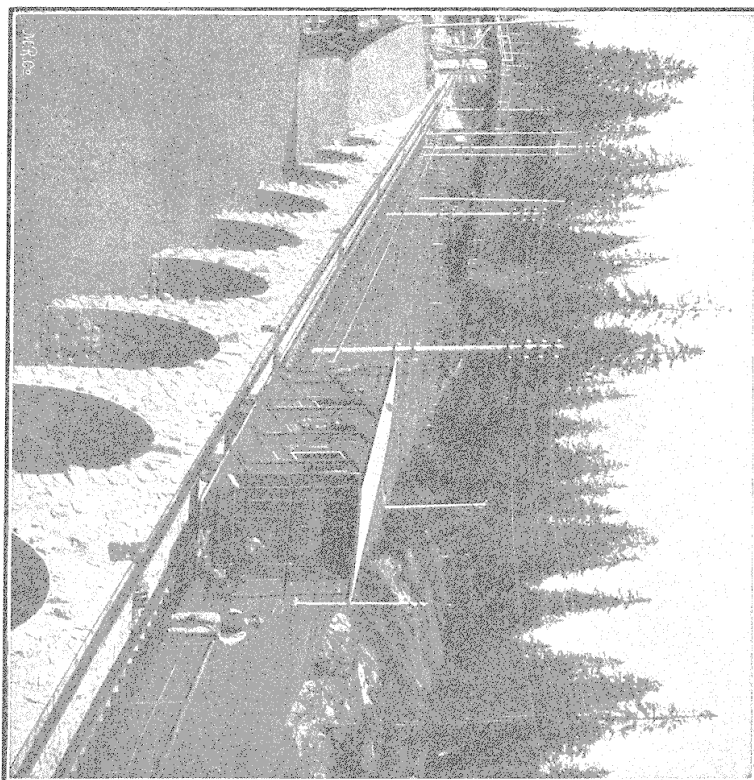


Fig. 28.

Vevey-Pélerin (Traction par moteurs, sans crémaillère).

Infrastructure avant la pose de la voie.

Fig. 18.



Vevey - Pélerin.

Pl. 6.

Infrastructure pendant la pose de la voie.

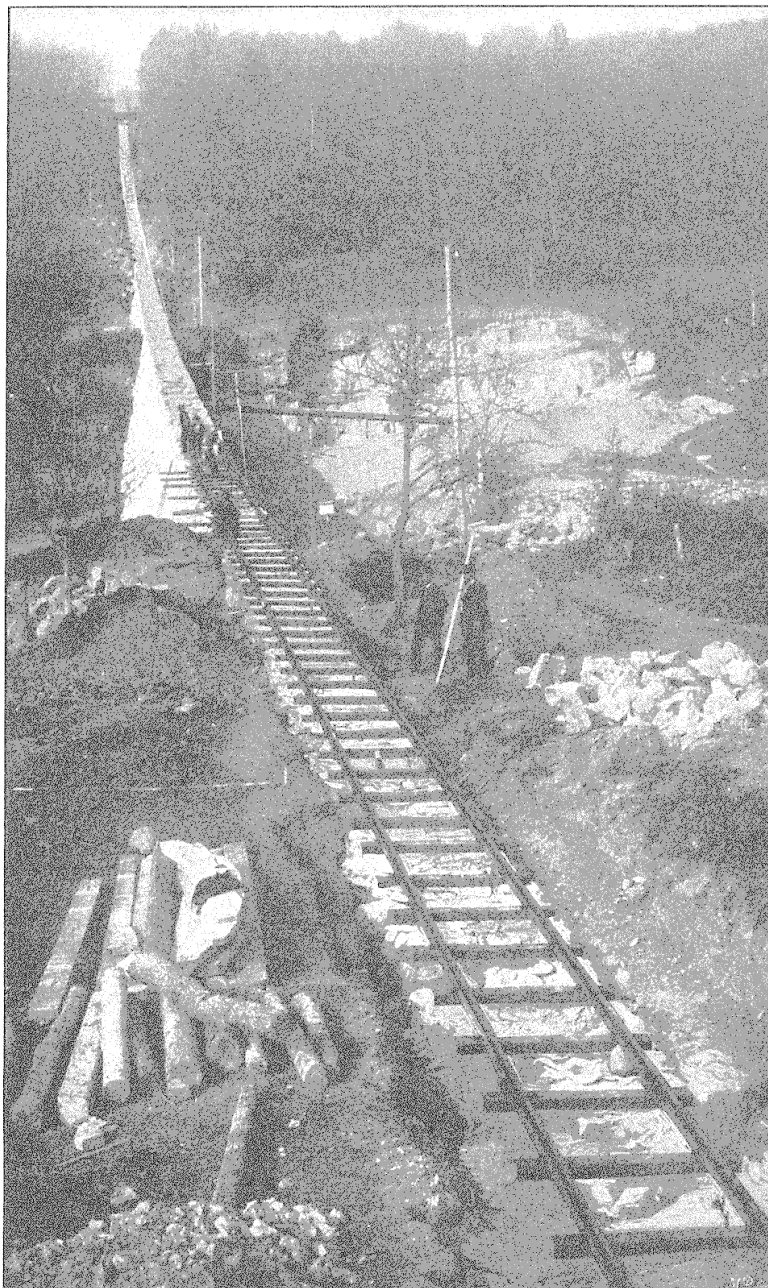
Fig. 19.



Vevey - Pélerin.

Infrastructure pendant la pose de la voie.

Fig. 20.



Vevey - Pélerin.
Assise de la voie maçonnée à sec.
Fig. 21.

Pl. 8.



Vevey - Pélerin.
Infrastructure terminée, joints de l'assise supérieure en mortier de ciment coulé.
Fig. 22.

