



Archivo | A 30
| L 26

LA TRANSFORMATION DU CHEMIN DE FER FUNICULAIRE LUGANO — SAN SALVATORE

par Fr. HUNZIKER, Ingénieur en Chef
à la S. A. des Ateliers de Construction de Théodore Bell et C^{ie}, à Kriens-Lucerne (Suisse)



TIRAGE A PART DE LA REVUE
« LES CHEMINS DE FER ET LES TRAMWAYS »
Numéro de Décembre 1927

5059 F



OPP-214



LA TRANSFORMATION DU CHEMIN DE FER FUNICULAIRE LUGANO—SAN SALVATORE

par Fr. HUNZIKER, Ingénieur en Chef

à la S. A. des Ateliers de Construction de Théodore Bell et C^{ie}, à Kriens-Lucerne (Suisse)



Figure 1. — Ville de Lugano avec le mont San Salvatore.

Le Mont San Salvatore, dont la silhouette caractéristique domine la ville de Lugano (fig. 1), est accessible par un chemin de fer funiculaire depuis 1890. Ce funiculaire était remarquable par le genre d'exploitation en deux tronçons à voie simple de chacun 815 m. de longueur effective, avec station de transbordement et treuil électrique au milieu du parcours (fig. 2 et 3). La distance horizontale entre les deux stations terminus est de 1.515 m., la dénivellation entre ces mêmes points de 601,7 m. La rampe, qui en bas est de 14,8 %, augmente progressivement pour atteindre 60,5 % en haut.

Ce funiculaire, construit par M. Bucher-Durrer peu de temps après celui du Buergenstock, est un des premiers de son genre et en même temps un des plus hardis. Il comportait des voitures à 35 places et en dernier lieu une vitesse de marche de 1,25 m.-sec., mais le trafic croissant dépassait de plus en plus sa capacité. En outre, après 36 ans de service, les organes mécaniques nécessitaient des réparations toujours plus importantes et ne répondaient plus aux exigences modernes sous le rapport de la sécurité. La direction, après étude approfondie de toutes les solutions susceptibles d'améliorer cet état de choses, décida donc de procéder à une transformation radicale. Elle chargea de cette transformation la S. A. des Ateliers de

Construction de Th. Bell et Cie, à Kriens-Lucerne, qui avait déjà livré le premier équipement. Les travaux de transformation eurent lieu de novembre 1925 au printemps 1926, en sorte que le funiculaire a pu reprendre son service régulier pour les fêtes de Pâques 1926.

Les deux tronçons de la ligne comportent une infrastructure en maçonnerie. Le tracé est rectiligne, sauf sur une longueur d'environ 250 m. peu à l'amont de la station médiane où deux courbes opposées de 300 et 400 m. de rayon se suivent en formant un grand S. Le câble partant de la voiture inférieure s'enroule autour des roues à gorges du treuil électrique disposé dans la station médiane. Ensuite, il continue à monter vers le haut en passant en biais sous l'un des rails au commencement des courbes et sur des poulies de guidage entre les rails pour atteindre la mollette de renvoi à la station supérieure et revenir s'attacher à la voiture supérieure. Les deux voitures sont donc commandées simultanément par ce câble et roulent par conséquent en même temps vers la station médiane ou, au contraire, vers les stations terminus. Ce genre d'exploitation ne présente plus, de nos jours, d'avantage spécial par rapport à celui par parcours ininterrompu des voitures avec voie d'évitement au milieu ; par contre, il garde l'inconvénient d'un transbordement à la station médiane avec la perte de

temps qui en résulte. Les frais élevés qu'aurait causés la transformation n'ont toutefois pas permis d'envisager cette simplification de l'exploitation.

L'équipement de l'ancienne ligne comportait sur la voie une crémaillère à 2 lames, système Abt, et sur chaque es-

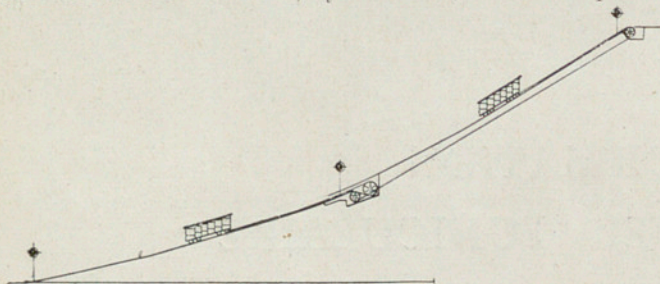


Figure 2. — Schéma de service du funiculaire Lugano-San Salvatore.

sieu des voitures une roue d'engrenage avec un frein à ruban sur tambour cannelé. Les rails de 90 mm. de hauteur avec champignon de 42 mm. de large et semelle de 76 mm. avaient un poids de 17,5 kg.-m. et un moment d'inertie de 51 cm³.

La question la plus importante et qui devait être étudiée en premier lieu était de savoir si la superstructure existante permettait, après suppression des crémaillères, d'utiliser les rails existants pour un trafic beaucoup plus intense. De prime abord, cette condition paraissait incompatible avec le profil très léger et très bas des rails sur lesquels devaient agir les freins des nouvelles voitures. En outre, l'écart considérable des traverses en fers cornières qui atteignait partout 1 m. 02 permettait de douter de cette possibilité.

On ne pouvait songer à remplacer uniquement les rails, car en raison de la faible largeur de leurs semelles, ceci aurait nécessité le descellement de la totalité des traverses et celles-ci auraient dû être percées et rescellées dans les assises en maçonnerie graniteuse très dure de la voie, un travail excessivement pénible et coûteux.

Pour ces raisons et pour ménager le corps de la voie qui se trouvait en excellent état, on a cherché à maintenir, autant que possible, la voie telle qu'elle existait et ce résultat a pu être obtenu presque intégralement. Seules les éclisses de jonction et intermédiaires, ainsi que la totalité des poulies de guidage, ont dû être remplacés tandis que la crémaillère était simplement supprimée.

Il est vrai que l'espace disponible, donné par les rails de seulement 90 mm. de hauteur et fixés en outre par des boulons à grandes têtes, offrait quelques difficultés pour l'application des freins. Ces difficultés ont été vaincues, d'une part, grâce aux qualités favorables du nouveau frein utilisé dans ce cas et, d'autre part, par un nouveau modèle d'éclisses, très solides, enrobant complètement la semelle du rail, tout en dégageant entièrement le champignon dans la partie sur laquelle les freins viennent s'appliquer.

Pour tenir compte des voitures plus lourdes et des nouvelles prescriptions, entrées en vigueur depuis la construction du funiculaire du Salvatore, on a été obligé de renforcer sur le tronçon inférieur de la ligne deux ponts en treillis métallique. Le pont inférieur, de 33 m. de longueur, franchit la ligne internationale du Gothard, le pont supérieur, de 102 m. de longueur (fig. 4), traverse la vallée de Calprino. Enfin, une traversée de route, en fer également, de 4 m. 20 d'ouverture, a dû être remplacée par une construction plus forte pour les mêmes raisons.

Les voitures ont été équipées avec le nouveau frein breveté à serrage rapide, inventé par l'auteur et propriété des Ateliers de Construction de Th. Bell et Cie.

Ce frein s'adapte aux sections de rails les plus diverses et en raison de son mode d'action favorable et moins brutal, l'effort de flexion sur les châssis et la superstructure reste beaucoup plus faible qu'avec les anciens systèmes de freins.

Il y a lieu de remarquer que le nouveau frein agit sur les rails presque uniquement par traction, alors que les anciens freins à pinces sur champignon conique produisent des efforts de flexion considérables sur les voitures aussi bien que sur les rails.

Grâce à l'exploitation de la ligne par deux voitures dont chacune ne parcourt qu'une demi-section, il a été possible de répartir les freins et en conséquence aussi la force de freinage sur les deux rails en raison de l'absence d'une voie d'évitement.

De plus, on supprime ainsi le moment de torsion qui résulterait infailliblement sur la voiture dans le cas où les deux freins n'agissaient que sur un rail et provoqueraient une charge latérale considérable sur ce rail.

Grâce à cette répartition des freins et à leur action douce et concentrique, l'effort maximum à supporter par les rails en cas de freinage reste dans les limites admissibles, même

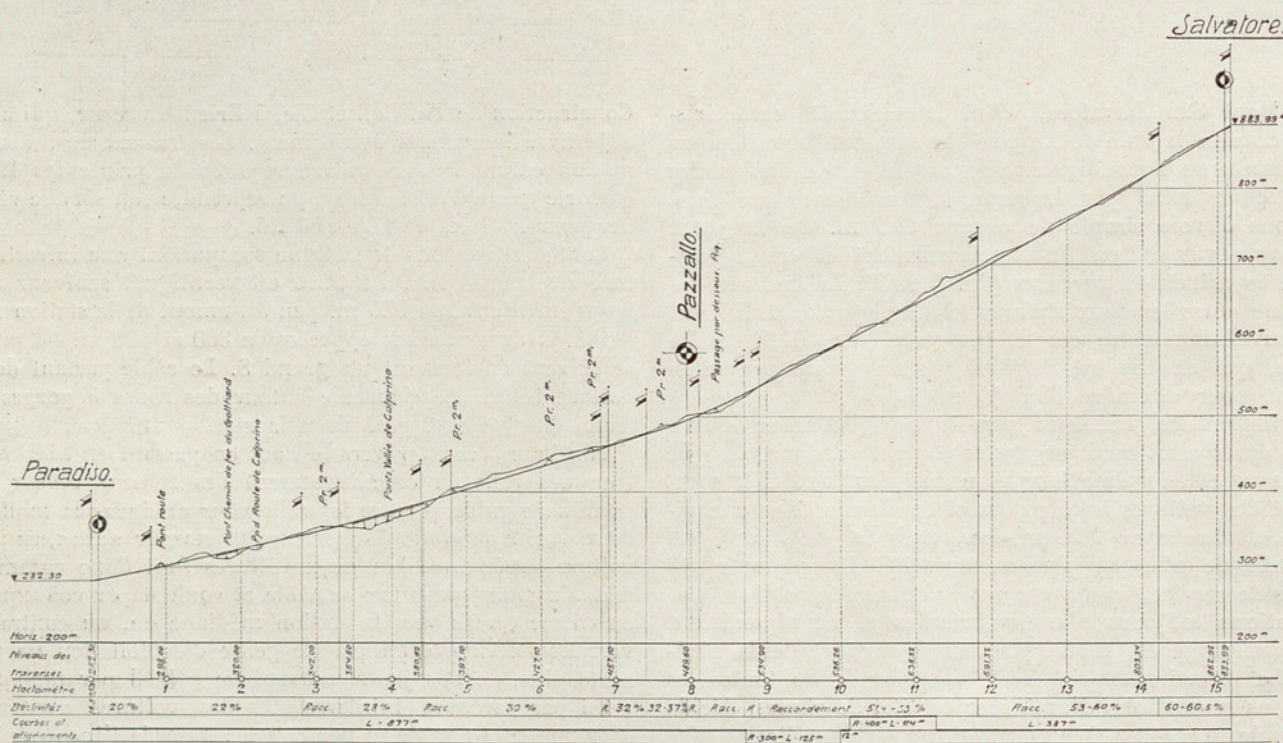


Figure 3. — Profil en long du funiculaire Lugano - San Salvatore. — Echelle : 1/10.000.

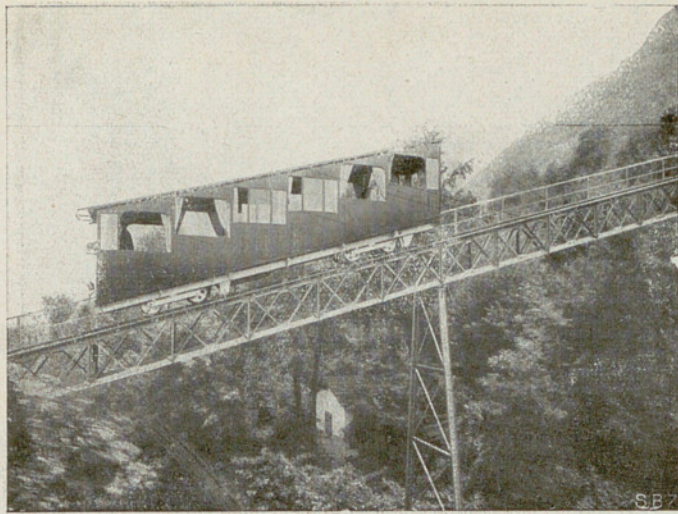


Figure 4. — Wagon de la section I sur le pont de la vallée de Calprino.

pour des voitures considérablement plus lourdes et une vitesse accrue par rapport à l'ancienne installation.

Une condition bien plus délicate pour la conservation des rails existants supportés seulement à des intervalles de 1 m. 02 était donnée par la pression très forte des roues qui s'établissait lorsque toutes les circonstances défavorables s'additionnent pendant l'action des freins automatiques. Alors la voiture a tendance à piquer de l'avant, c'est-à-dire à culbutter autour des roues inférieures, ce qui est empêché par le frein à main formant ancrage. Si au même moment une forte poussée de vent a lieu sur le côté de la voiture, toute la charge de la voiture et éventuellement une charge encore plus grande peut se concentrer sur une seule roue.

Par cette raison, on a été amené à remplacer les 4 roues isolées par 4 boggies de chacun 2 roues construits en forme de balanciers et qui répartissent les charges uniformément et à un écart favorable, en sorte que l'effort sur les rails est réduit de plus de moitié.

Cette nouvelle disposition réalisée ici pour la première fois sur un chemin de fer funiculaire n'a pu être envisagée que grâce aux possibilités données par le nouveau frein qui contrairement aux freins à pince n'est pas actionné par les essieux.

Les rails ont été soumis à des essais consciencieux au laboratoire fédéral des essais de matériaux à Zurich, et ces essais ont démontré que l'acier des rails était de très bonne qualité et excessivement tenace. Cette qualité n'avait pas été diminuée par 36 années de service, ainsi que cela ressortait d'un essai comparatif sur un rail usagé et sur un rail neuf.

Les dispositifs prévus et les constatations faites ci-dessus ont permis de prévoir pour les nouvelles voitures (fig. 4 et 5 et fig. 10) une capacité de 70 personnes et une vitesse de service de 2 m. par seconde, ce qui permettait de tripler la capacité du funiculaire.

Les voitures des deux sections sont identiques dans leur construction à part les modifications nécessitées par la différence de pente, soit 27 et 54 %.

Le châssis supporte par l'entremise de ressorts la carcasse de 2 m. de largeur et 9 m. 60 de longueur horizontale divisée en deux compartiments fermés au milieu, deux compartiments ouverts et deux grandes plateformes de manœuvre ouvertes, avec protection vitrée à l'avant. Les portes sont disposées d'un côté seulement.

Le poids des voitures en ordre de marche est de 6.400 kilos pour l'une et 6.900 kg. pour l'autre.

L'ancienne installation de la station motrice au milieu du parcours était très encombrante et volumineuse. On n'en a maintenu que la grande roue motrice avec couronne dentée et son pignon d'entraînement, ainsi que les deux roues

de renvoi du câble à 1 gorge chacune, avec leurs axes et paliers.

Ces 3 roues à gorges en bois étaient entourées par deux tours de câble en forme de ∞ . Cet enroulement était cependant insuffisant surtout pour un câble poli par l'usage, en sorte qu'à l'entrée en action des freins automatiques, un glissement du câble était à craindre par temps humide ou en particulier s'il venait d'être graissé.

Les gorges en bois ont l'inconvénient d'une usure rapide et irrégulière, ce qui entraînait chaque année des frais de refécution. De plus, l'usure irrégulière entraînait un grand effort de traction supplémentaire analogue à celui d'un pалан différentiel et avec la conséquence d'une surcharge du câble, des roues à gorges et de leurs axes. Ce défaut, une fois amorcé, s'aggrave rapidement, en particulier si les roues de renvoi sont également pourvues de gorges en bois. C'est pour cette raison qu'on a presque abandonné l'emploi des gorges en bois.

Dans le cas particulier, les gorges en bois vissées de part et d'autre sur la couronne dentée de la roue d'entraînement ont été remplacées par deux couronnes en fonte à double gorge, en sorte que l'enroulement du câble a été presque doublé (fig. 6). Ceci a nécessité également le remplacement d'une des roues de renvoi à 1 gorge par une roue en fonte à double gorge, cette nouvelle roue étant montée sur un arbre supplémentaire disposé entre la roue motrice et les deux roues de renvoi inférieures.

Les fig. 7 et 9 montrent le groupe moteur et de freinage entièrement neuf qui a été installé dans la section de commande.

L'équipement électrique du treuil de commande est construit pour courant triphasé 50 périodes, 220 volts. Il se compose d'un moteur de 110 CV de puissance à 730 tours-minute, d'un commutateur de renversement de marche avec des résistances, d'un interrupteur principal automatique avec interrupteur auxiliaire commandé par le frein automatique, d'un déclencheur de frein électro-magnétique, des interrupteurs de fin de course et de secours et des connexions électriques.

La fig. 9 montre le schéma de la disposition des interrup-

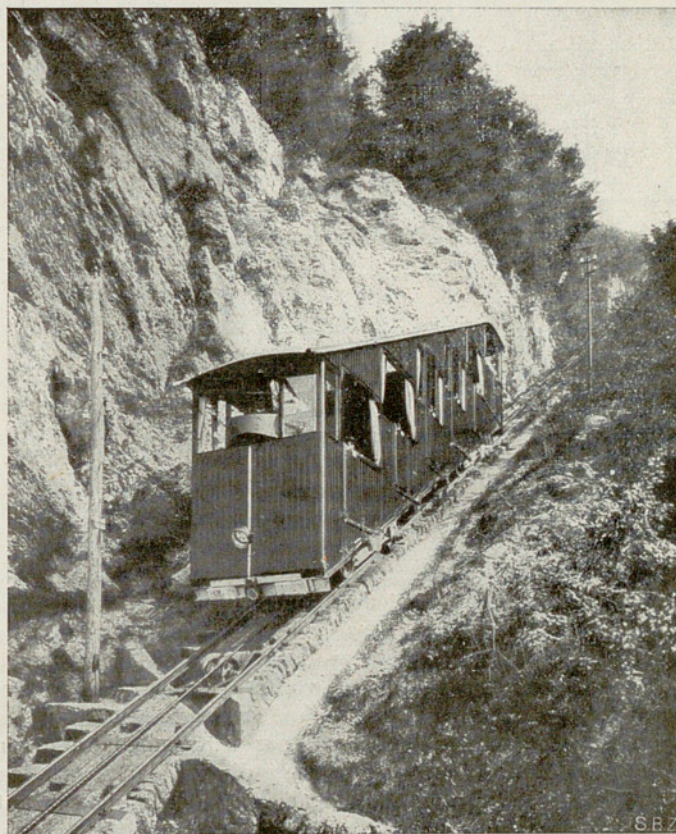


Figure 5. — Wagon de la section II dans la montée vers Salvatore.

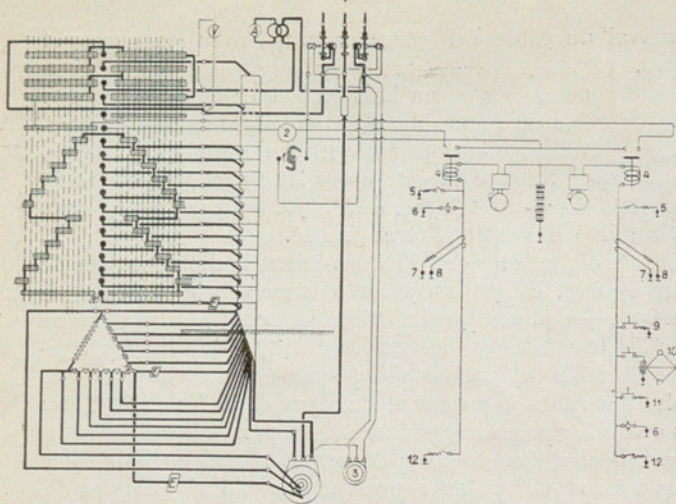


Figure 9. — Schéma des connexions du groupe-moteur et de freinage.

Légende : 1 disjoncteur automatique; 2 interrupteur combiné avec le frein automatique; 3 électro-aimant du frein; 4 relais; 5 signal de départ; 6 interrupteur de fin de course; 7/8 connexion de signalisation et de frein de secours commandés depuis la voiture; 9 premier avant-signal; 10 déclencheur centrifuge; 11 deuxième avant-signal; 12 signal de départ.

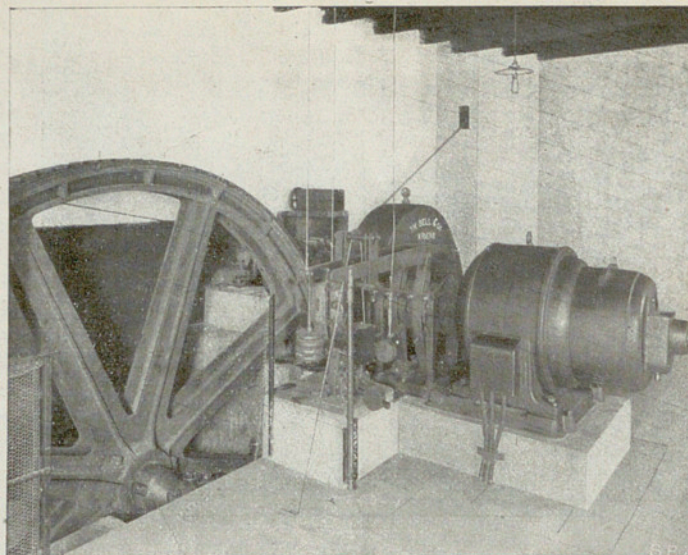


Figure 8. — Vue du groupe-moteur et de freinage dans la station médiane du funiculaire Lugano-San Salvatore.

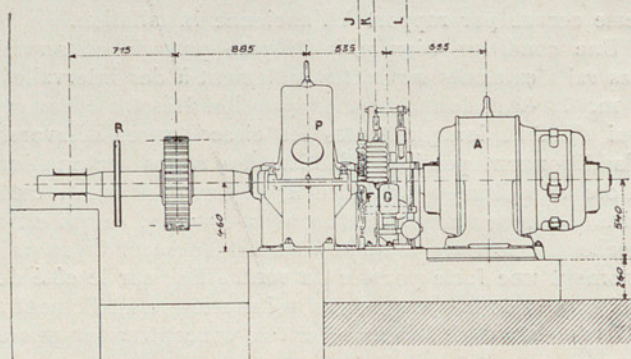
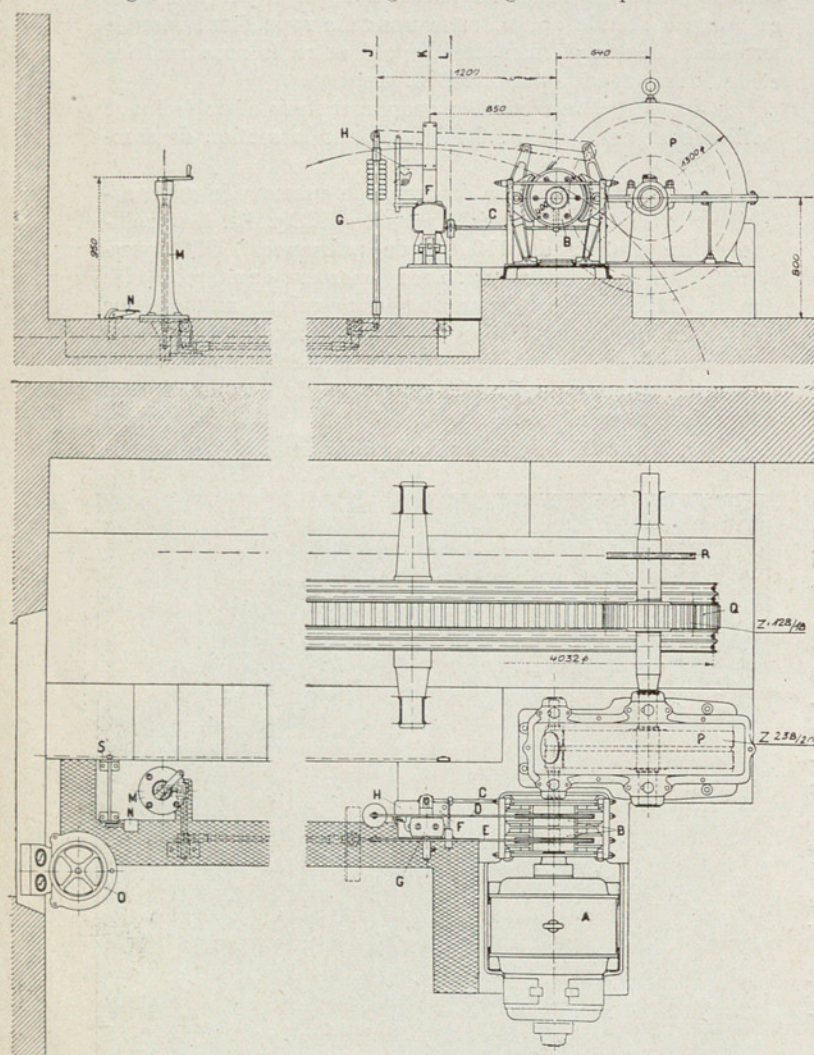


Figure 7. — Groupe moteur et de freinage dans la station médiane. Plan et élévation. Ech. : 1/50.

Légende : A moteur; B accouplement élastique combiné avec un découpleur centrifuge et formant en même temps tambour de frein double; C arbre du découpleur centrifuge; D levier du frein automatique; E levier du frein à main; F support du déclencheur automatique du frein; G électro-aimant de déclenchement du frein; H interrupteur secondaire de l'interrupteur principal; J tendeur du déclencheur; K remontoir du contrepoids du frein; L câbles de commande du déclencheur à pédale et à relâchement de câble; M support du frein à main avec verrouillage; N pédale; O contrôleur; P engrenages de réduction; Q poulie d'entraînement du câble; R roulette de commande du tachymètre; S câble de commande des leviers d'arrêt I et II dans la fosse de visite.

signalisation, de donner des signaux au machiniste. A côté de cette perche, une deuxième perche à contact également par l'intermédiaire de la ligne de signalisation l'arrêt immédiat du treuil. Les perches de signalisation sont pourvues de résistances, de façon à ce que leur emploi ne déclenche pas le relais, mais agisse seulement sur la sonnerie.

De plus, la station Salvatore comporte, à 7 et à 2 m. de distance de la position de fin de course normale, 2 contacts du type crocodile avec résistance, qui signalent au machiniste l'arrivée en gare de la voiture.

A l'extrémité amont de la première section, 2 leviers d'arrêt (I et II fig. 6) sont actionnés par la voiture à environ 5 et 2 m. de distance des butoirs. Ces leviers déclenchent le frein automatique du treuil par un petit câble. Le levier aval I n'est actionné que si la voiture entre à pleine vitesse en gare. Par contre, en ramenant le contrôleur de marche vers la position de repos, une deuxième commande à câble rabat le levier, en sorte que la voiture peut passer sans le déclencher et atteindre le levier II qui se trouve immédiatement en aval de la position d'arrêt normale. Sans le levier de sûreté I, le levier d'arrêt auto-

teurs de fin de course et de secours combinés avec la conduite de signalisation disposée le long de la voie. Cette installation des interrupteurs de secours diffère de celle adoptée normalement. Chaque voiture commande à son arrivée aux stations supérieures un interrupteur de fin de course électrique qui actionne, par l'intermédiaire de la conduite de signalisation, un relais disposé dans la station motrice. Ce relais déclenche par interruption de courant l'interrupteur principal.

Sur chaque plateforme des voitures, une perche de signalisation permet au conducteur, en touchant la ligne de

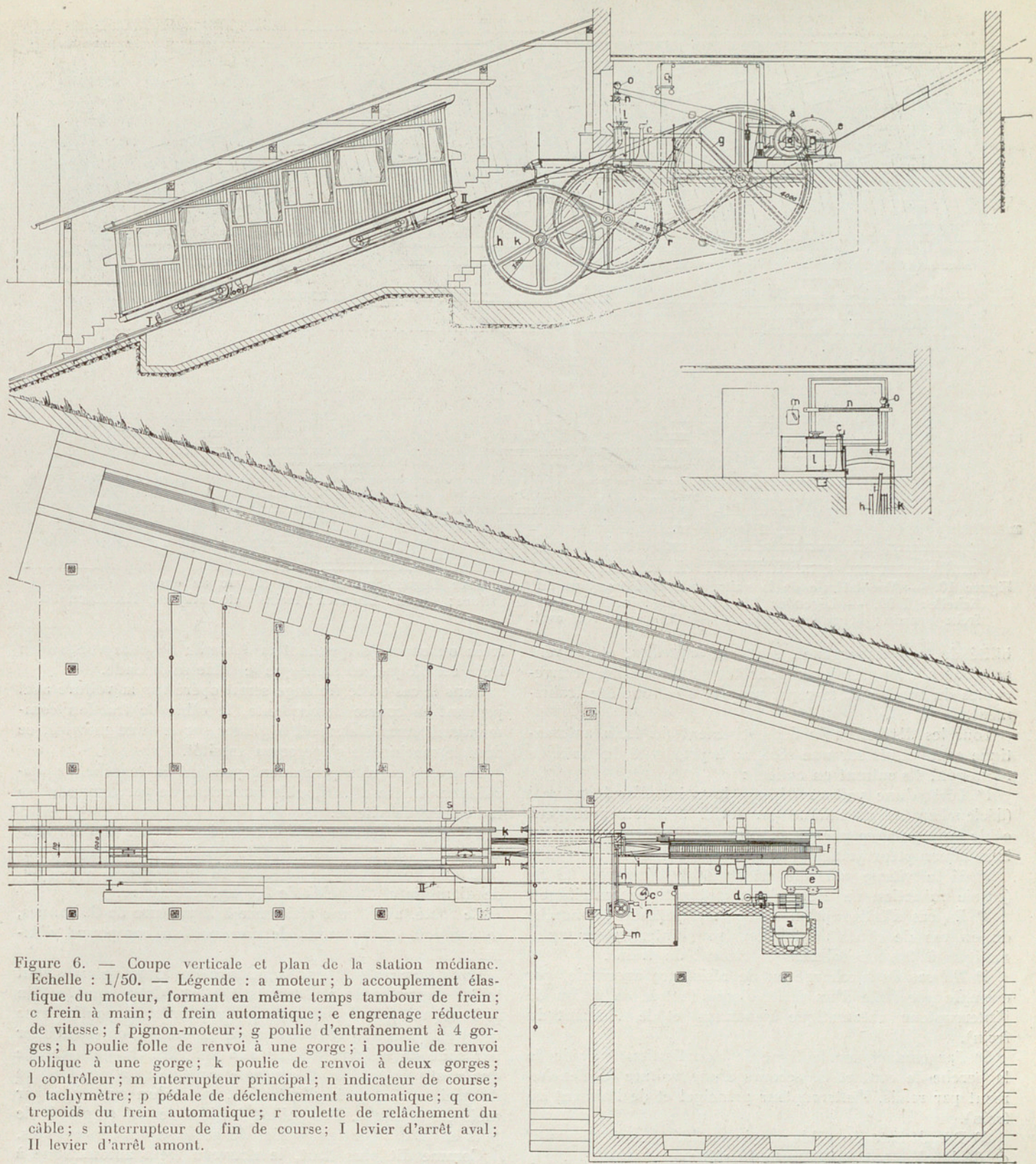


Figure 6. — Coupe verticale et plan de la station médiane.
Echelle : 1/50. — Légende : a moteur; b accouplement élastique du moteur, formant en même temps tambour de frein; c frein à main; d frein automatique; e engrenage réducteur de vitesse; f pignon-moteur; g poulie d'entraînement à 4 gorges; h poulie folle de renvoi à une gorge; i poulie de renvoi oblique à une gorge; k poulie de renvoi à deux gorges; l contrôleur; m interrupteur principal; n indicateur de course; o tachymètre; p pédale de déclenchement automatique; q contrepoids du frein automatique; r roulette de relâchement du câble; s interrupteur de fin de course; I levier d'arrêt aval; II levier d'arrêt amont.

matique II devrait se trouver beaucoup plus à l'aval pour tenir compte du parcours nécessaire à l'arrêt de la voiture arrivant à pleine vitesse et freinée par le frein automatique.

Un dispositif analogue n'a pas pu être envisagé pour la station Salvatore. C'est pourquoi la voiture supérieure comporte un interrupteur centrifuge commandé par chaîne qui, à une assez grande distance à l'aval de la station terminus, rencontre un contact à crocodile qui provoque le déclenchement du frein automatique du groupe moteur par l'entremise de la ligne de signalisation et du relais de la même manière que l'interrupteur de fin de course, pour autant que la vitesse d'arrivée n'ait pas été réduite au préalable au moins à la moitié de la vitesse de marche normale. De plus, à environ 2 m. à l'aval du butoir, l'inter-

rupteur de fin de course déjà mentionné provoque dans tous les cas l'arrêt du treuil.

Le moteur du treuil entraîne un réducteur de vitesse à chevrons taillés tournant silencieusement dans un carter à huile. L'accouplement élastique entre les deux sert en même temps de double tambour de freinage. L'arbre secondaire du réducteur supporté par un palier extérieur porte le pignon denté engrenant dans la grande roue motrice (fig. 6).

Le déclencheur centrifuge pour le frein automatique est monté dans l'accouplement élastique du moteur et entre en action aussitôt que la vitesse normale de marche est dépassée de 20 %.

La simplicité, l'encombrement réduit et la disposition judicieuse de ce groupe moteur, assurant une parfaite accessi-

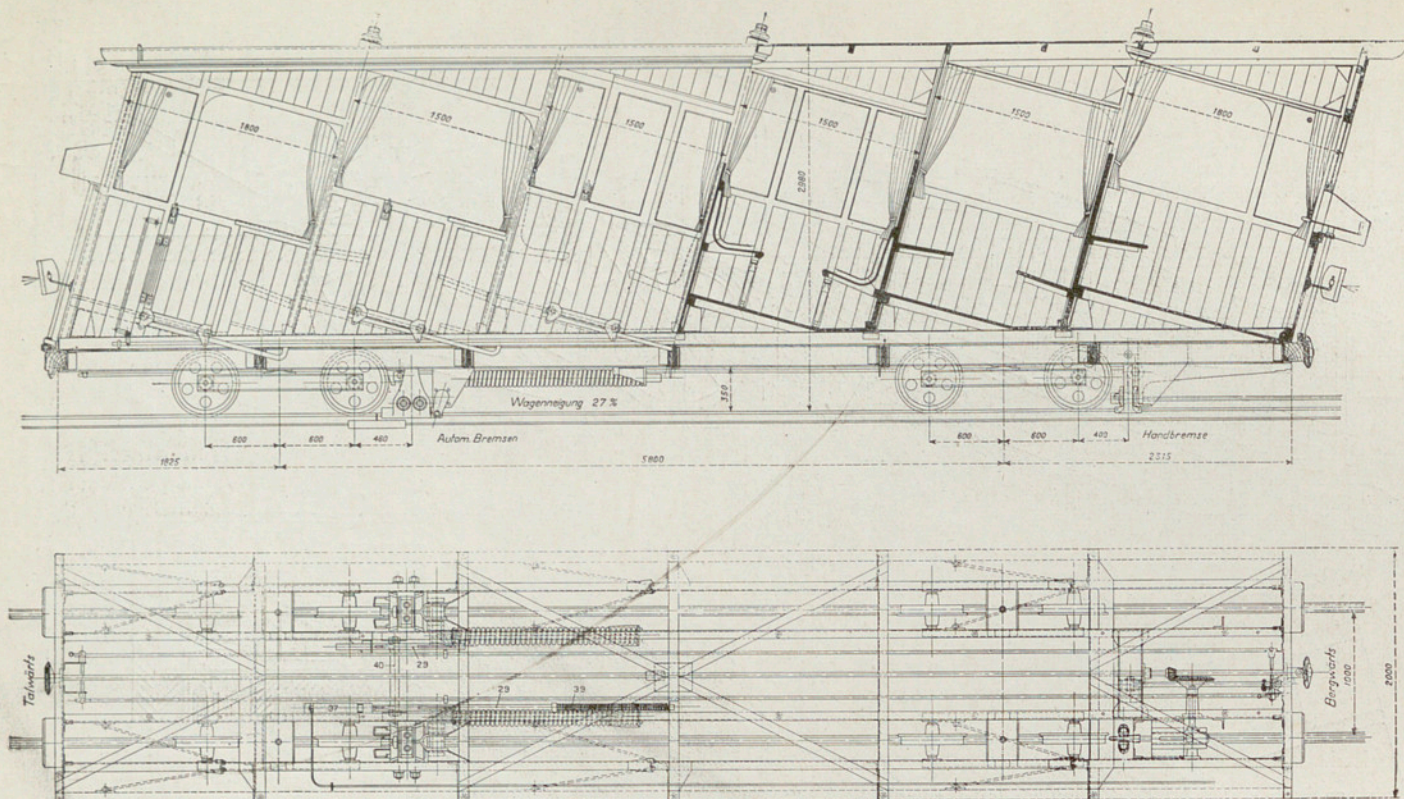


Figure 10. — Vue latérale de la voiture de la 1^{re} section du funiculaire Lugano-San Salvatore et vue de dessus du châssis. Echelle: 1/50. — Légende: Wagenneigung: inclinaison de la voiture; Autom. Bremsen: freins automatiques; Handbremse: frein à main; Bergwärts: côté amont; Talwärts: côté aval.

bilité de tous les organes, sont remarquables, et peuvent se réaliser selon les lieux pour toutes dispositions convenables du groupe moteur par rapport à la roue d'entraînement.

Tous les dispositifs de déclenchement du frein automatique sont réunis sur une colonne à proximité du train de réduction. Ils entrent en action :

1° Lorsqu'une voiture dépasse le point d'arrêt normal (déclenchement mécanique par levier à butoir avec petit câble ou électrique par interrupteur de fin de course et relais, interrupteur principal et aimant du frein).

2° Si la vitesse normale est dépassée d'environ 20 % (entrée en action du déclencheur automatique centrifuge).

3° En cas d'interruption de courant pendant la marche ou en cas de chute de tension (par l'interrupteur automatique à tension minima et aimant du frein).

4° En cas de surcharge ou de résistance anormale, par exemple par suite d'un frein bloqué (entrée en action de l'interrupteur automatique à maxima et de l'aimant du frein).

5° Par contact sur la ligne de signalisation à l'aide de la perche de contact de secours d'une voiture (déclenchement par relais, l'interrupteur principal et de l'aimant du frein).

6° Par détente du câble sur la section amont (dispositif de déclenchement par détente du câble).

7° En cas de danger, le frein automatique du treuil peut également être déclenché par le machiniste en agissant sur une pédale ou sur un levier de l'interrupteur principal.

En cas d'action du frein automatique du treuil, celui-ci provoque en même temps, par un interrupteur auxiliaire, le déclenchement de l'interrupteur principal, en sorte que le courant d'alimentation du moteur est coupé.

En cas d'action de l'interrupteur de fin de course, une mise en marche ne peut plus avoir lieu que dans le sens contraire.

L'interrupteur pour le cas de détente du câble se compose d'un levier pourvu d'une roulette, agissant sur un câble de commande. La roulette appuie sur le brin de câble allant du treuil vers la station amont et entre en action aussitôt, si le treuil est mis en marche pour la descente de la voiture amont, alors que celle-ci serait bloquée par le

frein ou encore si pendant la descente de cette voiture un frein est bloqué, en sorte que le câble se détende.

Dans le cas où le freinage serait opéré sur la voiture aval pendant sa course descendante, le câble de traction commencerait immédiatement à glisser sur la roue motrice, ce dont le machiniste s'apercevra aussitôt.

Pour le contrôle permanent pendant la marche, le machiniste dispose d'un double indicateur de parcours et d'un indicateur de vitesse.

La mise en service de voitures plus lourdes et l'enroulement plus considérable du câble sur le treuil a exigé l'emploi d'un nouveau câble de 1.760 m. de longueur, 35,5 mm. de diamètre et du poids de 3,9 kg. par mètre.

Ce câble, ayant une résistance à la rupture de 66 tonnes, se compose de 6 torons de construction compound d'Albert.

Les nouvelles poulies de guidage en fonte spéciale sont toutes pourvues de roulements à billes. Cette construction présente un grand avantage par rapport aux poulies avec coussinets à métal anti-friction ou en bronze, en particulier par suite de la friction beaucoup moindre, la plus grande durée et surtout de l'économie considérable en matière de graissage et frais d'entretien, vu qu'un graissage par mois est suffisant. Les paliers à billes seront employés de plus en plus pour les poulies de guidage des funiculaires.

Comme dit plus haut, le nouveau frein automatique à action rapide des voitures a permis avant tout de maintenir les rails existants. Nous allons en donner une description en raison de l'importance que cet organe revêt aussi bien pour la sécurité du service que pour les avantages techniques et financiers qu'entraîne son application (fig. 10 et 11).

La fig. 11 montre la disposition normale du frein à main et du frein automatique pour la roue amont de la voiture dans le cas de son application à un funiculaire avec voie d'évitement. Ceci exige que tous les freins n'agissent que sur un seul rail et doivent être disposés soit sur le côté droit, soit sur le côté gauche de la voiture. Le deuxième frein automatique, appliqué la plupart du temps sur les voitures de funiculaires, est disposé à l'amont de la roue aval.

Pour le funiculaire du Salvatore, les deux freins auto-

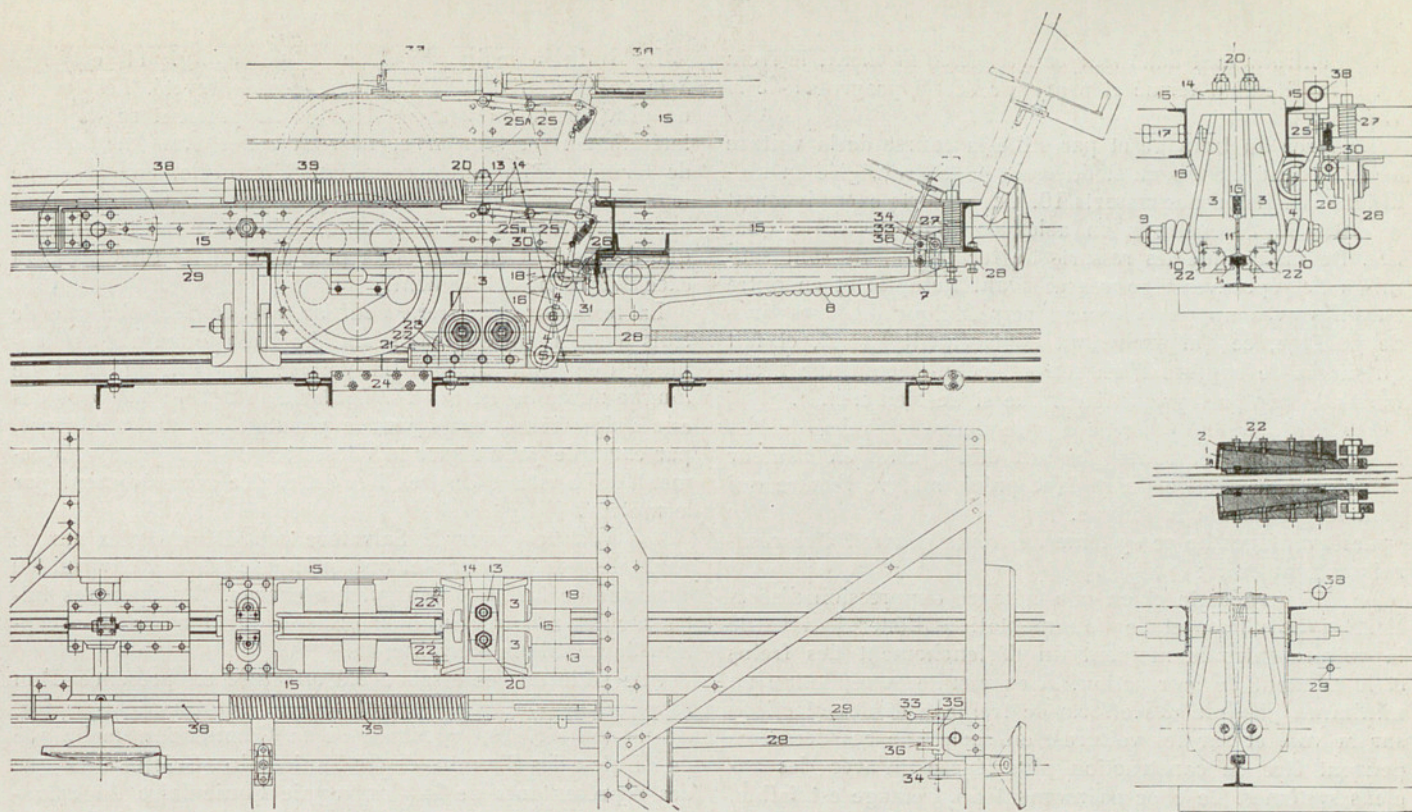


Figure 11. — Frein automatique à action rapide, système Bell et Cie (Brevet Hunziker). Vues, coupes et plan. Echelle : 1/30.

matiques se trouvent de part et d'autre à l'amont des bogies aval et le frein à main à l'amont et du bogie amont de droite. Chacun des deux freins automatiques fig. 11 est construit comme suit :

Deux coins de freinage 1 avec plaque de glissement en bronze 2 sont logés dans la partie inférieure de deux leviers de freinage 3 de part et d'autre du rail et peuvent se déplacer le long de ce rail. Ces coins sont actionnés par les leviers de fermeture 4 avec tourillons 5 et 6, tringle tubulaire de fermeture 7, et ressort de fermeture 8. Les leviers de freinage 3 sont reliés au-dessus du rail par deux entretoises 9, avec chacune deux ressorts à boudin extrêmement robustes 10. Des disques d'écartement 12 assurent, lorsque le frein est ouvert, l'écart nécessaire entre les deux leviers de freinage, tandis qu'une bride 13 relie les deux extrémités des leviers 3 et les maintient à l'écartement voulu. Cette bride 13 avec les deux leviers 3 s'appuient sur un support 14 solidaire de la voiture 15 et peuvent se déplacer latéralement sur celui-ci tout en pouvant effectuer un mouvement de rotation.

La partie inférieure du frein entraînée par le bras 16 du bouclier et se guidant au rail peut également se déplacer latéralement et circulairement. Une tige à ressort 17 maintient le frein ouvert à sa partie supérieure dans la position moyenne. Les deux leviers de frein 3 s'appuient à la fermeture du frein contre un bouclier de frein 18. Des crochets 19 qui viennent s'appliquer de part et d'autre sous le boudin du rail et les écrous 20 empêchent le soulèvement de la voiture et son déraillement. Les articulations 5 assurent un certain jeu au frein par rapport aux mécanismes de commande 4 à 7. Les coins de freinage sont disposés à l'abri de l'encrassement et de la glace et sont graissés depuis l'intérieur vers l'extérieur. Ils peuvent en outre être démontés sans nécessité de dévisser ou d'enlever d'autres pièces.

La fig. 11 porte encore un grand levier coudé 28 auquel est accroché le câble de traction. Ce levier à câble comporte à son extrémité amont un ressort réglable 27 qui, en cas de rupture du câble, fait descendre l'extrémité amont du levier 28, ce qui actionne le mécanisme 36-35-34, attire la tige 29 vers l'amont et déclenche le frein. Sur cette même figure, on voit également la pédale de déclenchement 32.

La tige de dégagement 38 avec ressort de pression 39

est pourvue à sa partie inférieure d'une petite presse à huile 37 (fig. 10) qui est reliée à une petite pompe à pression disposée près du poste conducteur amont. Grâce à cette petite presse, il est possible de dégager les deux freins automatiques lorsque pour une cause quelconque ils se sont fermés, et après que cette cause a été supprimée, en sorte que le frein se trouve rapidement et sans peine de nouveau en état de servir. Les voitures du funiculaire du Salvatore ayant 2 freins automatiques de part et d'autre, sont pourvues de chaque côté d'une tige de dégagement 29 de faible longueur reliées entre elles par un levier 40 en forme d'U et commandé par une seule presse.

L'action du frein automatique à serrage rapide, est la suivante :

Le frein étant ouvert, le ressort de fermeture 8 qui vient s'appuyer sur le châssis de la voiture 15 est tendu et le levier de fermeture 4 est maintenu en position par une genouillère combinée avec un cliquet d'arrêt. Les deux leviers 25-25a ne sont pas complètement alignés, mais coulés par le bas d'environ 5 mm. Au moment du déclenchement du frein par la pédale ou par détente ou rupture du câble, le cliquet 26 est déclenché par la tige 29 avec bague d'arrêt 30 et le doigt 31, de telle sorte que la genouillère 25-25a fléchisse, ce qui permet aux leviers de fermeture 4 de céder à la pression du ressort 8. Le mouvement du levier 4 chasse brusquement les deux coins de freinage 1 dans l'espace entre les leviers de freinage 3 et le rail, tandis que précédemment ces coins se trouvaient à 2 et 3 mm. de distance des rails.

Aussitôt que les coins entrent en contact énergique avec les rails, ils subissent, par suite du frottement, un moment d'arrêt par rapport aux rails.

En outre, grâce à la mobilité du système des leviers de freinage, ceux-ci peuvent s'ajuster de part et d'autre, en sorte que le serrage du rail se fait d'une façon uniforme et parfaite, même si avant la fermeture du frein le centrage de la voiture par rapport au rail n'était pas parfait, soit par suite du déplacement latéral de la voiture, soit du fait d'une courbe de la voie.

La voiture, en continuant son mouvement, fait glisser les leviers du frein 3 pouvant s'écarter sous la pression des ressorts 10 sur les coins adhérents au rail, jusqu'au moment où ils viendront s'appuyer contre la butée 21 des coins

qu'ils entraîneront dans leur course. A ce moment, le frein est complètement fermé et provoque l'arrêt progressif de la voiture.

La force du freinage et par suite la course de la voiture à partir du déclenchement du frein peut être réglée en modifiant la tension des ressorts 10. Ces ressorts excessivement robustes sont construits en acier de toute première qualité. De même que les ressorts de fermeture, ils sont soumis à des épreuves rigoureuses avant l'emploi et en outre enroulés avec un pas tellement serré autour de leurs tiges de guidage, ce qui exclu tout déplacement latéral, et fait qu'en cas de rupture d'un ressort, celui-ci continue néanmoins à agir pratiquement comme si de rien n'était.

Les coins 1 sont pourvus de plaquettes interchangeables la et les freins et roues peuvent être ajustés en hauteur de façon à permettre un réglage précis malgré l'usure qui peut se produire à la longue.

Les avantages de ce système de freins peuvent être résumés comme suit :

Action immédiate et en conséquence suppression d'accélération de vitesse et de l'augmentation d'énergie vive de la voiture entre le moment du déclenchement des freins et le moment de leur action. Il en résulte la réduction au minimum possible des efforts de freinage et des réactions sur la voie et sur les voitures, en sorte que ces dernières peuvent être de construction plus légère qu'avec les anciens systèmes. Le choc au moment du freinage est faible, en sorte qu'on peut envisager une vitesse beaucoup plus élevée pour les voitures, ainsi qu'une charge supérieure à celle usitée jusqu'ici.

Le poids des voitures équipées avec les nouveaux freins est de 10 à 20 % inférieur à celui de voitures avec freins à pinces en supposant la même carcasse et à solidité égale des châssis. Ce fait entraîne aussi une réduction sensible des dimensions et prix du reste de l'équipement. De même, on supprime les essieux lourds et coûteux avec accouplement à gauche et à droite qui étaient nécessaires avec les anciens freins. Chaque roue est montée folle sur un tourillon en acier fixé au châssis de la voiture et peut être remplacée avec la plus grande facilité. Il en résulte une marche silencieuse avec la moindre friction et une usure minimum. Comme pièces de réserve, il suffit de prévoir une paire de roues simples et légères avec leur tourillon. Enfin, il n'est pas nécessaire de prévoir des roues de diamètre parfaitement égal, vu que les roues ne sont plus montées par paires assemblées rigidement par un axe commun.

Des courbes à faible rayon ainsi que des raccordements assez brusques d'une déclivité à une autre peuvent être envisagés avec ce nouveau frein. Son principal avantage, au point de vue de la voie, réside toutefois dans la possibilité d'utiliser des rails de profil normal alors que les anciens freins demandaient un profil tout à fait spécial qui, vu la faible vente, n'est laminé que dans une seule grandeur. On a donc la possibilité de choisir un rail de construction courante et facile à se procurer s'adaptant le mieux aux conditions données. Il en résulte que l'avantage du frein n'est pas limité simplement à une certaine catégorie de funiculaires à capacité moyenne, mais s'étend aussi bien aux petites installations avec voitures d'une capacité de seulement quelques personnes qu'aux très grandes installations avec voitures de capacité inusitée jusqu'à ce jour.

On remarquera en outre que le nouveau frein peut être construit pour n'importe quelle charge de la voiture et déclivité quelconque de la voie et que son bon fonctionnement est indépendant de l'adhésion. Le frein est réglé de façon à ce que les influences atmosphériques ou même un graissage de la voie ne puissent pas porter préjudice à son efficacité. Sa mobilité parfaite garantit une action ferme et sûre et son efficacité est tout aussi bonne dans les lignes droites que dans les courbes.

Le frein à main du type à pince fig. 11 est fixé à la voiture suivant le même principe breveté. Les leviers de pince sont montés en sorte qu'ils puissent se déplacer latéralement et tourner et ils sont reliés avec le dispositif de fermeture par un accouplement à rotule, en sorte que leur libre mouvement ne soit pas entravé. Ce frein peut aussi s'ajuster au rail à volonté, comme le frein automatique de façon à en assurer la pleine efficacité sans pression excentrique ni coincement.

La fermeture du frein neuf ou usé ne nécessite que de trois à six tours au maximum. Le frein à main n'est employé que pour bloquer la voiture pendant un arrêt de longue durée ou en cas d'irrégularité, ainsi qu'au cours des essais des freins, mais jamais pendant le service normal, par exemple pour régler la vitesse ; celle-ci dépend uniquement de la vitesse du treuil et est réglée exclusivement par le moteur.

Les voitures pour le Salvatore ont été essayées sur le banc d'essais à Kriens et ont subi une série d'environ 60 épreuves de freinage sous pleine charge. Ces épreuves faites sur des rails secs et bien graissés ont donné sans exception des résultats convaincants.

Une série de ces essais a été effectuée en présence d'un représentant du Département fédéral des Chemins de fer, une autre série en présence de la Commission technique de l'Union des Chemins de fer Funiculaires Suisses ainsi que des représentants de la Compagnie Funiculaire du Salvatore. La voiture chargée d'un poids équivalent à 70 personnes sur 60,5 % a été freinée sur une pente de 53 % et avec des vitesses allant jusqu'à 5,68 m. par seconde. Au cours de ces derniers essais à vitesse maximale, on a constaté que le serrage des freins se faisait sur un parcours de 0,4 m. et que le parcours de freinage nécessaire à l'arrêt de la voiture était au maximum de 2 m. 815. La fermeture complète du frein s'effectuait donc en environ 1/15 seconde.

Les rails du funiculaire de Salvatore étaient par suite du graissage répété au cours de la longue période de service qui a précédé la transformation de ce funiculaire, revêtus d'une croûte d'huile durcie et tenace. Au cours des premiers essais, on a constaté que cette croûte empêchait un bon contact entre les surfaces des freins et des rails, en sorte que le coefficient de frottement était réduit à la valeur tout à fait minime d'environ 0,05. Après enlèvement de cette croûte d'huile au moyen de gratteurs fixés aux voitures, tous les essais ont été normaux et concluants. Le coefficient de frottement était monté à environ 0,12, alors que pour des rails neufs il est d'environ 0,15 à 0,25, mais peut aussi parfois monter jusqu'à 0,4 et plus.

Pour l'arrêt de la voiture chargée et descendant librement à une vitesse de 2 m. par seconde, le parcours correspondant à la fermeture des freins était de 0,2 m. et le parcours de freinage proprement dit de 0,56 m. En cas de déclenchement du frein, sans parcours libre préalable, c'est-à-dire au moment où la voiture est arrêtée ou en marche vers l'amont, le parcours total était de seulement 20 à 30 mm.

Pour terminer, signalons que jusqu'à présent 11 funiculaires ont été équipés avec le nouveau frein, dont 8 sont déjà en service depuis quelques années et que tous ont donné pleine satisfaction.

Le plus grand funiculaire équipé avec ce frein comporte des voitures de 2 m. 70 de large avec une capacité de 130 personnes, une rampe maximum de 53 % et une vitesse de 2,62 m. par seconde.

H. F. WEBER,
Ingénieur E. P. F. (1).

(1) Traduit de l'allemand avec l'autorisation de l'auteur d'après la S. B. Z., Vol. 87, Juillet 1926.

RF-17-25