Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 60 (1934)
Heft: 19

Artikel: Le chemin de fer funiculaire du "Monserrate" à Bogota (Colombie)
Autor: Marthaler, C.R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-46410

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

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

60e année 15 septembre 1934 N° 19

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 12 francs
Etranger : 14 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 10 francs
Etranger : 12 francs
Prix du numéro : 75 centimes.
Pour les abonnements s'adresser à la librairie F. Rouge & C°, à Lausanne.

Rédaction : H. Demierre et J. Peitrequin, ingénieurs.

Paraissant tous les 15 jours

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

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

ANNONCES :
Le millimètre sur 1 colonne, largeur 47 mm. : 20 centimes.
Rabais pour annonces répétées
Tarif spécial pour fractions de pages.
Régie des annonces : *Indicateur Vaudois* (Société Suisse d'Edition) Terreaux 29, Lausanne.

SOMMAIRE : *Le chemin de fer funiculaire du « Monserrate », à Bogota (Colombie)*, par C. R. Marthaler, ingénieur. — *Preventorium « Le Rosaire » aux Sciernes d'Albeuve, Gruyère* (Planche hors texte). — *Nouveaux volets métalliques à panneaux indépendants.* — *A propos des matériaux dits « isolants phoniques »*, par L. Villard fils, architecte. — Chronique genevoise. — *La crise de la Dixence.* — Bibliographie.

Le chemin de fer funiculaire du « Monserrate » à Bogota (Colombie),

par C. R. MARTHALER, ing. dir. Bogota (Colombie), depuis 1933 associé du Bureau d'études de chemins de fer spéciaux ci-devant Ing. H. H. Peter à Zurich.

Détails du projet et de la construction.

Longueur d'exploitation de la ligne mesurée horizontalement	684 m
Longueur d'exploitation de la ligne, mesurée suivant la rampe	820 m
Hauteur de la station inférieure	2729,96 m
Hauteur de la station supérieure	3184,30 m
Différence de niveau	454,34 m
Rampe maximum	39 %
Rampe minimum	80,5 %
Rampe moyenne (rapportée à la longueur d'exploitation)	70 %
Durée du trajet	7,5 min.

La voie d'abord en alignement de 80 m traverse un petit pont en béton armé (d'une ouverture de 3,80 m) en dessus du « camino à Monserrate » ; à l'hm. 0,545 le tracé s'incurve à droite en un arc de cercle de 300 m de rayon sur 186 m de longueur à peu près en passant sur un viaduc de 50 m avec 7 ouvertures de 4,70 m chacune, puis un second alignement de 389 m précède une courbe à gauche d'un rayon de 300 m et de 111 m de développement, pour finir par une ligne droite de 54 m de longueur. Les courbes sont sans dévers, vu la faible vitesse des véhicules (1,80 m/sec) (fig. 1).

L'étude aussi soignée qu'approfondie du projet a permis l'élaboration d'un tracé plus ou moins parfait au point de vue théorique, qui s'adapte de façon remarquable au relief de la montagne.

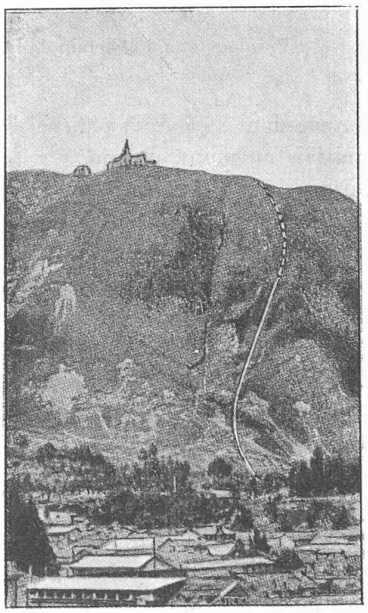


Fig. 7. — Vue d'ensemble du funiculaire.

Le profil en long (fig. 1) accuse des rampes de 39 à 80,5 %. Le changement de rampe que comporte la ligne est raccordé par un arc de parabole à axe vertical déterminé par l'équation générale ci-dessous fournissant pour une abscisse donnée (c'est-à-dire la distance dès l'origine de la ligne) l'ordonnée correspondante, soit la cote d'un point quelconque P du tracé :

$$y = y_0 + b + c.$$

Où, y_0 est la cote de T_0 le point tangent inférieur de l'arc de parabole,

b est la hauteur au-dessus de T_0 de la projection de P sur la tangente initiale,

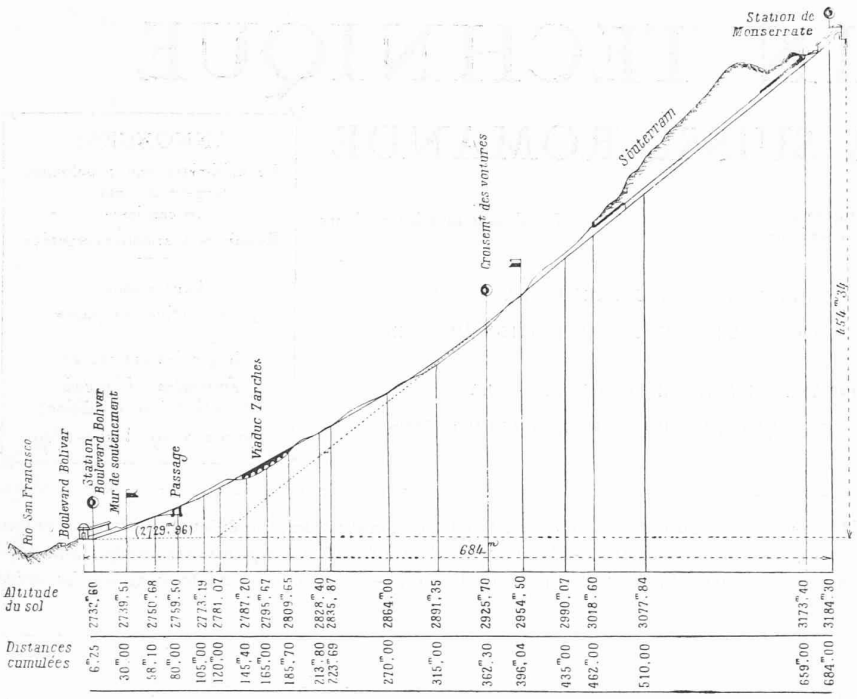


Fig. 1. — Profil en long du chemin de fer funiculaire de Monserrate.

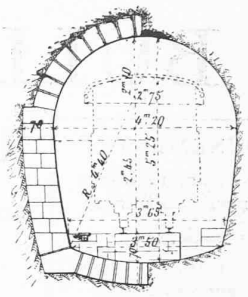


Fig. 2. — Demi-coupes, en terrain tendre et dans le roc, de la partie en souterrain.

c est la hauteur dont s'élève la parabole au-dessus de la tangente initiale au point cherché.

En introduisant les valeurs on obtient tous les points de raccordement, c'est-à-dire de l'arc de parabole.

Malgré le soin apporté à l'adaptation aussi exacte que possible du tracé au terrain, des remblais et tranchées, ainsi que plusieurs ouvrages d'art importants durent être prévus ; hm. 0,800 passage en béton armé de 3,80 m d'ouverture ; hm. 1,650, viaduc en maçonnerie avec 7 voûtes en béton armé de 4,70 m d'ouverture (fig. 3 et 4) ; hm. 4,100 évitement en maçonnerie, 100 m de longueur et divers murs de revêtement, tous en mauvais terrain.

Un tunnel de 252 m a dû être percé en mauvais rocher aréneux, d'une exécution difficile surtout dans la partie supérieure, avec un revêtement complet dans les voûtes et partiel dans les piédroits (fig. 1 et 2) ; la marche normale des travaux fut entravée par ces faits pendant assez longtemps, sans parler des difficultés provenant du transport des matériaux, de la variabilité des prix, de la main-d'œuvre, etc.

Le corps de la ligne est maçonné sur toute sa longueur au mortier de ciment ou en béton ; à droite du corps de voie proprement dit un escalier construit en pierre suit le tracé dans les tranchées (fig. 5), il est supporté par des traverses prolongées en porte à faux sur le viaduc et le passage ; dans l'axe même de la voie, des marches ont été taillées, permettant une inspection soignée du câble et des poulies. La largeur normale du corps de voie maçonné est de 1,50 m lorsque l'escalier latéral est en porte à faux et de 2,45 m quand il est taillé dans la maçonnerie. La plateforme des terrassements en déblai a été établie sur une largeur de 3,80 m ; le tunnel a une largeur libre de 4,20 m et une hauteur à la clef de 4,55 m au-dessus du rail.

Le transport des matériaux s'effectua au moyen de

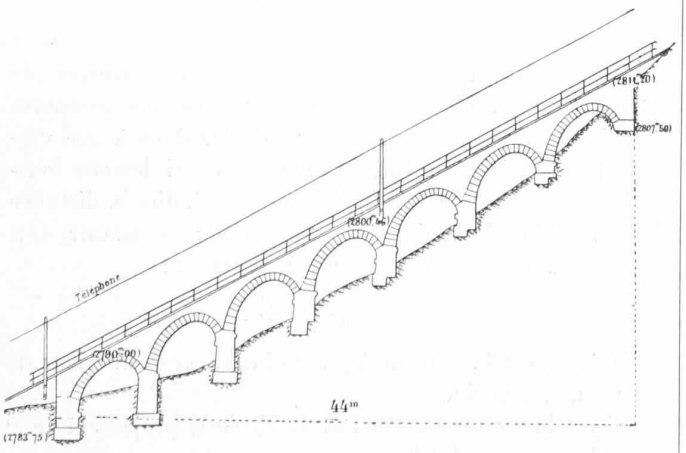


Fig. 3. — Elévation du viaduc.

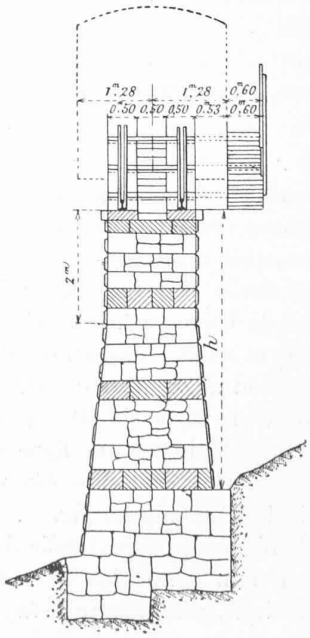


Fig. 4. — Coupe verticale du viaduc.

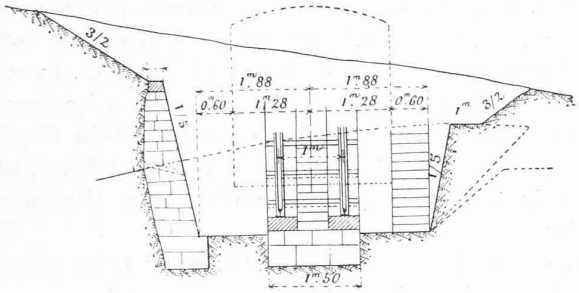


Fig. 5. — Profil de la voie en tranchée.

wagonnets empruntant une voie provisoire (Decauville) pour la partie inférieure et d'un funiculaire aérien, plus tard avec des wagonnets sur la voie définitive pour la partie en tunnel ; de solides treuils et une grue à portique, mus par l'électricité, hissaient ces wagonnets jusqu'aux différents chantiers et permettaient le transbordement des matériaux à la tête du tunnel. Dans la partie

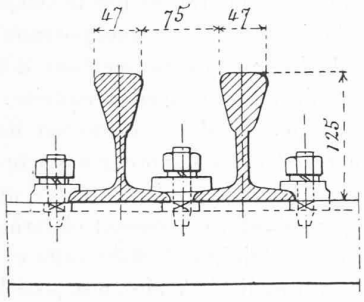


Fig. 6. — Coupe des rails.

supérieure une bétonnière, un concasseur et d'autres machines furent installés et restèrent souvent jour et nuit en activité ininterrompue.

Les bâtiments des gares.

Les deux bâtiments de la station inférieure (fig. 8) et de la station supérieure sont traités très simplement, leur construction ne visant que l'adaptation aux exigences de l'exploitation, s'harmonisant entièrement avec le paysage qui lui sert de cadre.

L'équipement mécanique.

Les installations mécaniques du funiculaire ont été entièrement livrées par la *Fonderie de Berne*, succursale des *Usines de L. de Roll.*

Superstructure : Le rail en acier du type spécial à tête conique de la Fonderie de Roll à Berne (fig. 6), adopté de façon générale pour les funiculaires, a été choisi aussi ici. Les rails de 10 m de longueur et d'un poids de 28,6 kg/m, reposent sur des traverses en fer cornier, espacées de 0,81 m, ancrées dans la maçonnerie, leur écartement étant de 1,00 m.

Les galets supportant le câble sont en fonte de fer. Le diamètre de gorge des galets droits écartés de 12 à 13 m est de 300 mm, celui des galets inclinés écartés de 3 à

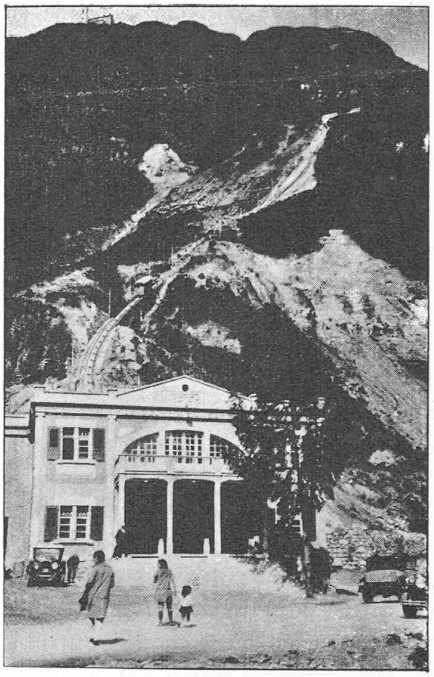


Fig. 8. — Vue de la station de départ du funiculaire.

7 m est de 270 mm. Le graissage est assuré par des boîtes à graisse consistante. Les fosses à galets sont convenablement asséchées, afin d'assurer une bonne conservation du câble et des galets.

Le câble est du système Lang, et ses caractéristiques sont :

Diamètre	41 mm
Ame	en chanvre
Poids par mètre	5,53 kg
Nombre de torons	6
Nombre de fils composant l'âme d'un toron	7
Nombre de fils au pourtour d'un toron	9
Nombre total des fils	96
Longueur d'une spire des torons	290 mm
Section métallique effective	624 mm²
Charge totale de rupture	94 tonnes
Allongement du câble avant la rupture	3,6 %

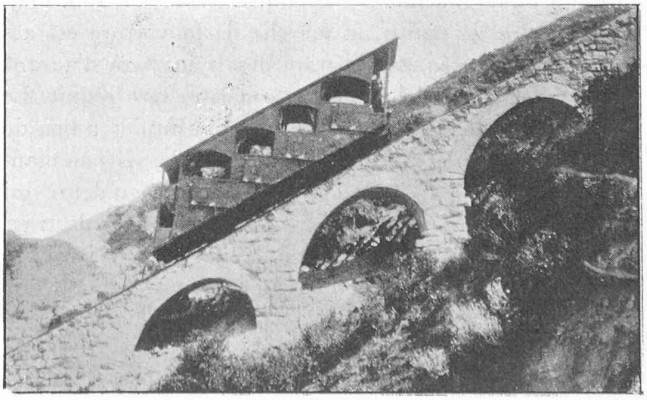


Fig. 9. — Vue d'une voiture sur le viaduc.

La tension maximum normale du câble en exploitation, se monte à 8680 kg et le coefficient de sécurité du câble, à l'état neuf, est donc de $= \frac{94\,000}{8680} = 10{,}8$.

Matériel roulant. — Les voitures (fig. 9) ont une longueur totale de 9,4 m ; l'écartement des essieux est de 5,0 m, et la capacité des quatre compartiments est de 60 voyageurs. Les bandages en acier des roues ont un diamètre de 550 mm. Chaque voiture est équipée avec un frein à main et un frein automatique. Le frein à main, peut être mis en action depuis les deux plateformes, à l'aide d'une manivelle.

Le frein automatique entre en fonction :

a) en cas de rupture de câble ou pour une cause quelconque, faisant cesser la traction dans ce dernier ;

b) par l'action d'une pédale mue par le conducteur.

L'énergie nécessaire pour le serrage du frein automatique est dérivée de la voiture descendante même, de façon que l'action de serrage continue jusqu'à l'arrêt de la voiture. Au moment où la tension du câble cesse, ou lorsque le frein est mis en action par le conducteur, des embrayages à griffes viennent se fermer, et le mouvement de rotation de chaque essieu de la voiture est transmis par une chaîne Gall à une double vis à pas contraires qui, en tournant, rapproche les deux pinces d'une paire : le rail est donc serré entre les deux mâchoires et la pression devient de plus en plus intense jusqu'à l'arrêt complet du convoi. C'est donc la rotation même des roues du véhicule qui provoque le freinage. L'intensité du freinage croissant encore lorsque la vitesse diminue, il s'ensuit que l'arrêt doit être brusque, aussi pour atténuer cet inconvénient et éviter le faussement ou le bris d'un organe, les roues dentées de Gall embouties sur la vis sont accouplées à un embrayage de sûreté à friction ; cet embrayage cesse d'être entraîné lorsque le moment de rotation dépasse une valeur déterminée.

A ce système bien connu de frein de sûreté, la Fonderie de Berne a ajouté le perfectionnement suivant, qui est de la plus grande importance, soit un dispositif breveté dit « *à fermeture rapide* ».

L'avantage de cette nouvelle construction est la réduction du chemin parcouru par la voiture jusqu'au moment où les mâchoires s'appliquent contre le rail. Pendant ce laps de temps, la marche de la voiture est accélérée, par conséquent l'action des freins sera d'autant moins forte que ce chemin de fermeture sera réduit. Le fonctionnement de ce dispositif à action rapide a lieu de la manière suivante : sur l'arbre à double vis commandant les pinces de freinage est monté un pignon denté qui engrène avec une crémaillère. Lorsque le câble de traction se relâche à l'extrémité du levier de la voiture, la crémaillère, sous l'effet d'un ressort qui se détend, fait tourner l'arbre à double vis et les pinces de freinage viennent s'appliquer presque instantanément contre le rail. En même temps a lieu l'embrayage de l'accouplement monté sur l'axe des roues qui commande les freins.

Station motrice. — Le câble est enroulé plusieurs fois autour de la roue motrice et la roue de renvoi, de sorte qu'il est entraîné par le frottement des surfaces. La roue motrice a 3 gorges d'un diamètre de 3,5 m. L'engrenage intermédiaire marche dans un carter à bain d'huile. Comme organe de sûreté, le treuil possède 2 freins, soit un frein à main et un frein automatique. Il entre en action :

1. lorsque la vitesse de marche de 1,8 m/sec est dépassée d'environ 15 % ;
2. lorsque le courant est interrompu ;
3. lorsque la voiture montante dépasse le point d'arrêt fixé dans la gare.

En outre le frein automatique peut être déclenché par le mécanicien.

Dès que ce frein entre en action, le courant au moteur est interrompu automatiquement.

Un indicateur renseigne constamment sur la position des deux voitures, il y a encore un tachymètre, un voltmètre et un ampèremètre.

Les deux stations sont reliées par le téléphone de service longeant la ligne; sur les mêmes poteaux sont montés les deux fils de la sonnerie permettant d'échanger des signaux entre voitures et la station motrice.

La vitesse de marche des voitures est de 1,8 m/sec ; le moteur du treuil est un moteur asynchrone triphasé d'une puissance maximale de 100 ch, avec un nombre de tours de 600 par minute. Le courant électrique à disposition est du courant triphasé à 6600 volts et 60 périodes, dont la tension est abaissée à 440 volts pour l'équipement électrique du treuil.

Equipement électrique.

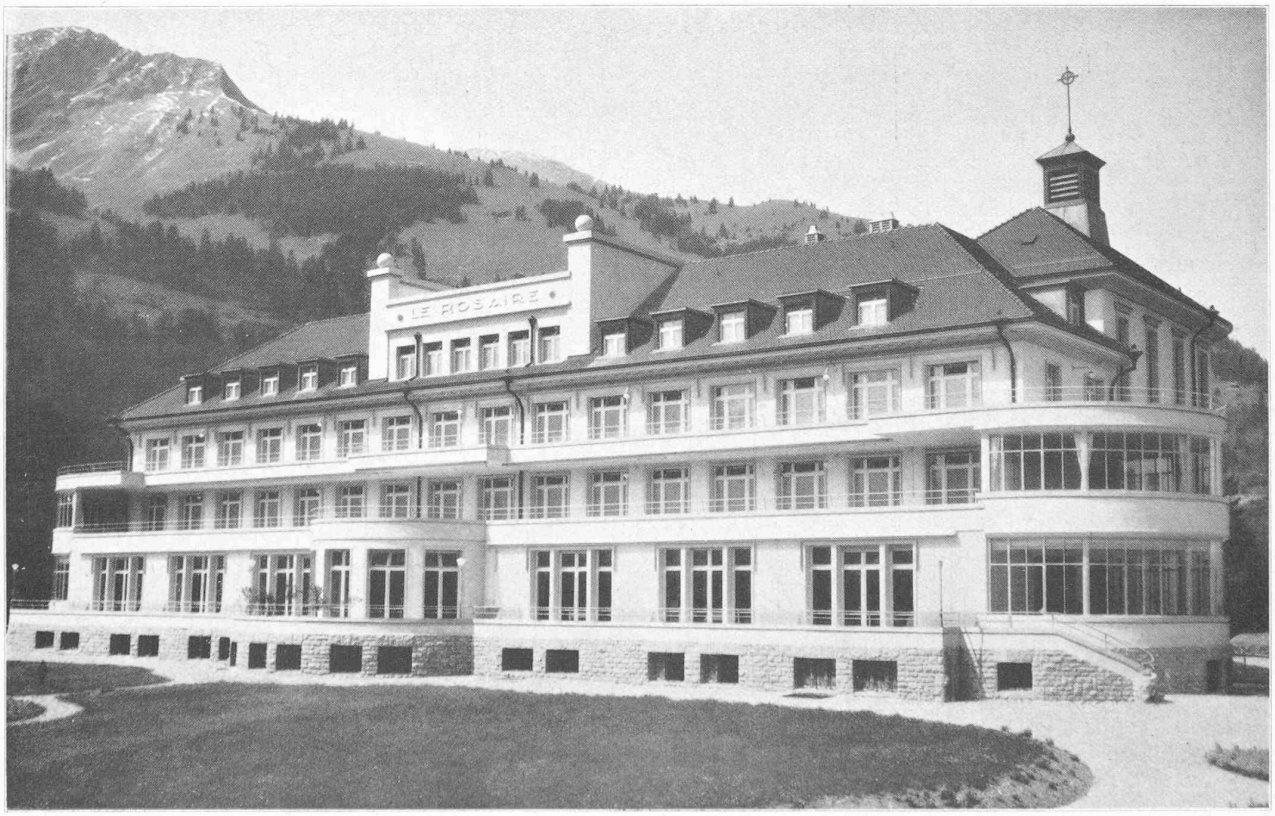
L'énergie électrique est fournie par « Las Empresas Unidas de Electricidad S. S., en Bogotà » (E. U. B.) : courant triphasé à 6600 volts. Dans une sous-station de la gare inférieure du funiculaire, sont placés les appareils pour la ligne d'alimentation du funiculaire.

Trois sectionneurs permettent de séparer complètement la ligne d'alimentation du funiculaire du réseau de la *E. U. B.* Un interrupteur à huile d'une intensité nominale de 12,5 ampères, à une tension de service de 6600 volts, avec déclenchement à maximum d'intensité, avec résistances de protection, protège la ligne d'alimentation contre les surcharges. L'interrupteur déclenche aussi lorsque la tension manque. La consommation de courant est mesurée par un ampèremètre branché sur un transformateur d'intensité, à bain d'huile, construit pour une tension de 6600 volts et une fréquence de 60 pér/sec, le rapport de transformation étant de 6600/110 volts en pleine charge avec un cos $\varphi = 0{,}3$.

La sous-station de la *E. U. B.* est reliée à la station motrice par un câble triphasé à haute tension. Dans cette station, les trois phases du câble sont connectées à trois sectionneurs permettant la mise hors de service de toute l'installation, en cas de révision. Après ces sectionneurs est branché un transformateur pour service

LA CHAPELLE

Vitraux composés par M. *O. Cattani*, artiste-peintre, à Fribourg, et exécutés par MM. *Kirsch et Fleckner*, maîtres-verriers, à Fribourg.



FAÇADE SUD

Preventorium « Le Rosaire » aux Sciernes d'Albeuve.

Architecte : M. *Guido Meyer*, à Fribourg.

Photos S. *Glasson*, Bulle.

Seite / page

leer / vide / blank

auxiliaire au moyen de coupe-circuits. L'appareillage principal de la station motrice est installé sur un tableau en fers profilés, avec tôles et rideaux métalliques divisés en quatre panneaux contenant les appareils de mesure à savoir plusieurs transformateurs de tension et l'installation du transformateur pour les services auxiliaires, l'interrupteur principal tripolaire à commande et à déclenchement automatique à tension nulle, et le transformateur triphasé à bain d'huile, construit pour une puissance continue de 110 kW, à une fréquence de 60 pér/sec.

En cas de marche normale, le transformateur est branché directement sur le contrôleur de démarrage placé dans le poste de commande, à proximité de la commande du frein à main. Il est du type inverseur tournant dans un sens ou dans l'autre.

Deux plaques indiquent le mouvement à exécuter pour faire monter l'une ou l'autre des deux voitures. Au-dessus du contrôleur se trouvent les contacts de verrouillage pour les dispositifs de frein et de fin de course et devant le contrôleur sont placés un ampèremètre pour le moteur, un voltmètre et l'ampèremètre indiquant le courant d'excitation, lors de la marche du moteur en freinage électrique, avec échelle de 0 à 150 amp.

Les résistances de démarrage sont prévues pour environ 6 démarrages par heure, à pleine charge de la voiture montante et absorbant une puissance de freinage d'environ 30 kW produite par la descente d'une voiture complètement chargée et de la voiture montant à vide. Elles sont formées d'éléments en fonte et placées dans trois caisses adossées au contrôleur.

Directement accouplé au pignon de la première réduction se trouve le moteur asynchrone triphasé. Ce moteur est du type ouvert, avec 12 pôles, rotor à bague et balais pour contact permanent prévus pour une puissance de 105 ch à une tension de 440 volts, 600/580 t : min. et une fréquence de 60 pér/sec. Du côté opposé se trouve une excitatrice à 4 pôles, d'une puissance continue de 1,0 kW à 600 t/min. et 9 volts aux bornes, pour l'excitation du stator en cas de freinage électrique, lorsque le courant triphasé vient à manquer.

Le frein automatique de secours déclenche lorsque le courant triphasé venant à manquer, l'électro-aimant de frein tombe par suite de son propre poids. L'électro de frein est construit pour 440 volts, 60 pér/sec et fournit un travail de 185 cm-kg pour une course de 50 mm. L'interrupteur combiné avec l'électro de frein n'est fermé que lorsque le poids du frein automatique est complètement relevé. Chaque fois que le poids tombe, le contact fait déclencher l'interrupteur principal.

Un interrupteur de fin de course est placé à côté de la voie, de telle sorte que la voiture elle-même atteint sa position extrême, avant toutefois de buter contre les tampons.

Fonctionnement de l'équipement. — En service normal, le moteur est alimenté par du courant triphasé et marche en moteur asynchrone. Le démarrage des voitures se fait d'une façon normale en court-circuitant les différents échelons de la résistance de démarrage au moyen du contrôleur déplacé de touche en touche jusqu'à la position de travail, mais en ayant soin de ne pas engendrer de trop grosses pointes de courant par un fonctionnement trop rapide du contrôleur.

En cas de manque d'énergie primaire de la station d'alimentation (service exceptionnel) le moteur est déconnecté du réseau et marche en génératrice synchrone branchée sur la résistance de freinage. La mise en marche des voitures se fait par elles-mêmes, sous leur propre poids, lorsqu'on ouvre graduellement leur frein à main. Le service normal avec moteur asynchrone peut être repris lorsque la tension triphasée est de nouveau à disposition, ce qui est indiqué par le voltmètre. Il suffit alors de commuter de nouveau le sectionneur et de déclencher l'interrupteur principal suivant les instructions prescrites.

Toutes les installations électriques du funiculaire ont été exécutées par la maison *Brown, Boveri & Co*, à Baden.

Dépenses de construction et d'exploitation. Tarifs.

Les dépenses de construction se sont élevées à 450 000 pesos colombiens environ (soit a peu près 2 300 000 fr. suisses).

Le personnel d'exploitation se compose de : 1 gérant, 1 directeur technique, 1 comptable, 1 inspecteur, 1 mécanicien, 2 conducteurs, 1 receveur et 4 agents suppléants.

Les prix des places sont les suivants : 1re classe, montée 1 peso (environ 5 fr. suisses) ; descente : 0,70 peso ; aller et retour : 1,3 peso. 2me classe : montée : 0,70 peso ; descente : 0,50 peso ; aller et retour : 1 peso.

Bagages et marchandises paient de 5 à 8 pesos par tonne.

Le funiculaire de Monserrate est la propriété d'une société anonyme constituée au capital de 200 000 pesos, divisé en 20 000 actions de 10 pesos. Cette société est administrée par un comité de direction dont les fonctions sont incompatibles avec tout autre emploi dans la société.

Zurich, le 31 mars 1934.

Preventorium « Le Rosaire » aux Sciernes d'Albeuve (Gruyère)

M. Guido Meyer, architecte, à Fribourg.

(Planche hors texte).

Ce preventorium, construit par la *Société des Sanatoria fribourgeois*, est situé dans la haute Gruyère, sur le versant méridional des Alpes fribourgeoises à environ 1000 m d'altitude, avec une vue magnifique sur un panorama de montagnes : Rochers de Naye, Dent de Lys, Vanil Noir, Dent de Broc.

Il contient environ 100 lits et est destiné à abriter des femmes, jeunes filles et enfants devant faire des cures d'air et de repos.

Dans son étude, l'architecte désirant réserver à chaque chambre un maximum de soleil et à la plupart d'entre elles l'accès à une large terrasse, a décomposé les surfaces