

Les murs ancrés de la région du funiculaire Vevey-Chardonne-Mont-Pèlerin

Autor(en): **Cérenville, Henri-B. de**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **97 (1971)**

Heft 22: **L'autoroute du Léman et ses ouvrages**

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-71260>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

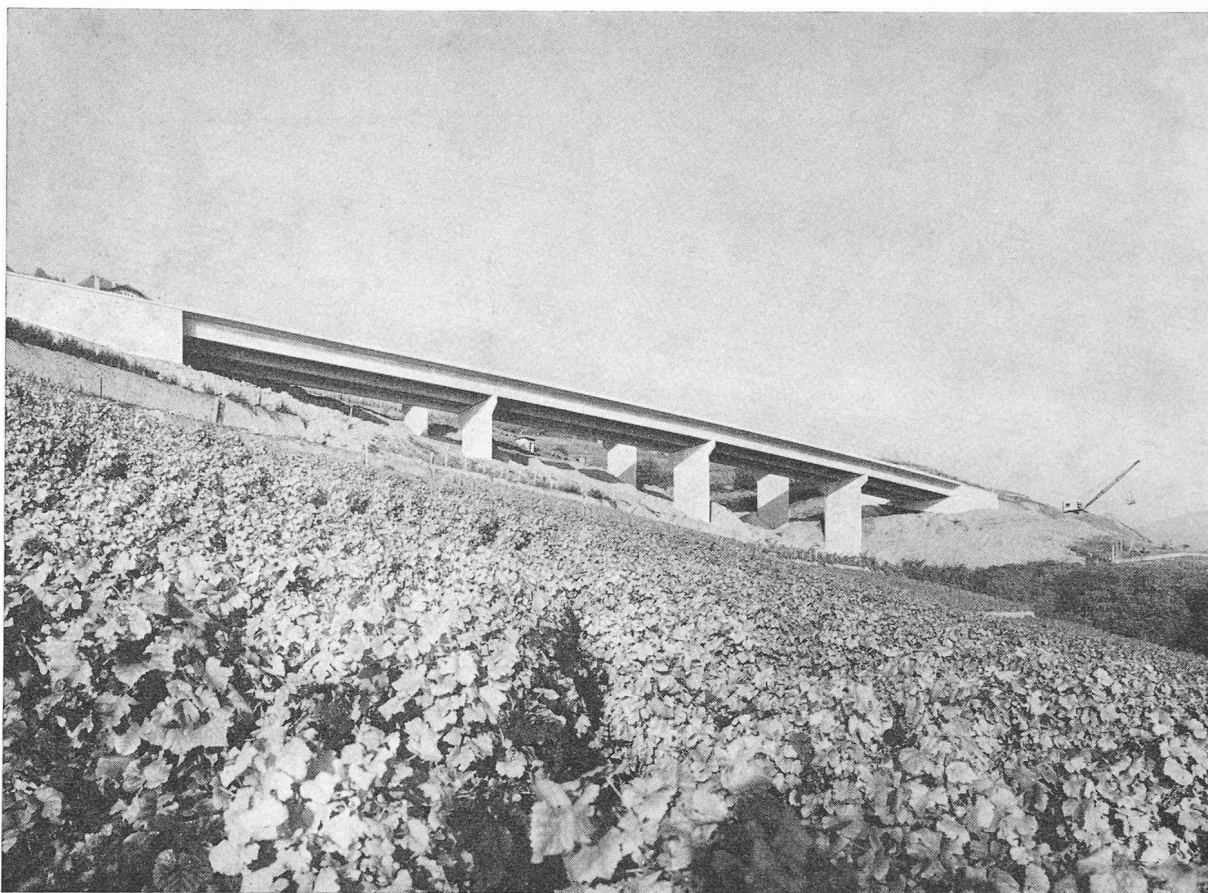


Fig. 6. — Les ponts du Chenaux.

(Photo Germond)

treoise elle-même. Par contre les moments transversaux dans la dalle sont majorés d'environ 10% par suite des efforts d'entretoisement.

Les poutres sont précontraintes chacune par quatre câbles dont les tensions initiales varient de 165 à 215 tonnes.

Le câblage est continu sur toute la longueur du pont. Un câble par poutre est interrompu et ancré au droit du troisième appui intermédiaire, la travée de 28 m comprenant ainsi trois câbles par poutre. La précontrainte initiale totale, sans surtension, est de 2480 tonnes sur l'appui extrême côté Lausanne et de 1880 tonnes à l'autre extrémité.

Nous avons vérifié les contraintes dans l'hypothèse de la précontrainte partielle au sens des nouvelles normes.

6. Exécution

Les travaux ont été exécutés par l'entreprise Zschokke S.A. Lausanne à la satisfaction générale.

La simplicité de forme du tablier a permis le bétonnage de la section complète en une fois sans difficultés.

Le coffrage des poutres et de la dalle a été aussi grandement facilité par l'absence d'entretoises médianes et de goussets à la dalle. L'offre de l'entreprise a été faite forfaitairement pour le tablier sur la base de quantités garanties par le bureau d'ingénieurs, ceci pour permettre la comparaison avec un contreprojet, en construction mixte, présenté par un des concurrents. La solution retenue, décrite ci-dessus, était d'environ 5 % meilleur marché sur le coût du tablier.

Les murs ancrés de la région du funiculaire Vevey-Chardonne-Mont-Pèlerin

par HENRI-B. DE CÉRENVILLE, ingénieur SIA

1. Pourquoi des murs ancrés?

Le tronçon de l'autoroute N 9 de Chexbres à Vevey comprend un nombre considérable de murs de soutènement dont la longueur totale dépasse 80 % de la distance entre ces deux localités. Il s'agit le plus souvent de murs en béton armé classiques en forme de T renversé.

Dans la région du funiculaire Vevey-Chardonne-Mont-Pèlerin (VCMP) cependant, du km 24.670 à l'aval de

Chardonne au km 26.470 à Nant sur Champ-de-Ban, les soutènements amont, d'une hauteur atteignant 11 m, ont dû être construits pour retenir des terrains constitués en grande partie par des roches calcaires, fortement litées et fissurées, en général marneuses ou avec intercalations marneuses, dont le pendage, dirigé vers l'aval, est compris en général entre 25° et 35°, parfois 45° ou plus.

Les angles de frottement des roches en question étant compris approximativement entre 20° et 25°, les excava-

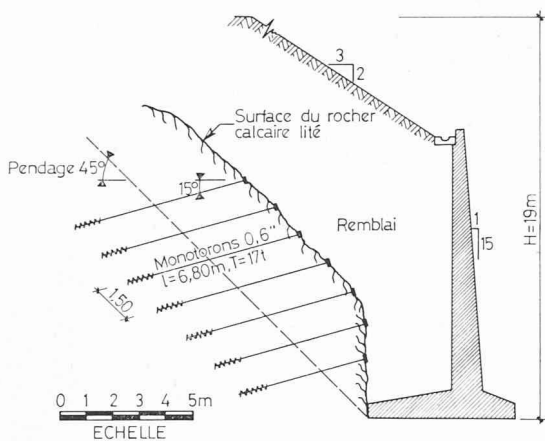


Fig. 1. — Consolidation du rocher, km 25,430 — Beau-Site.

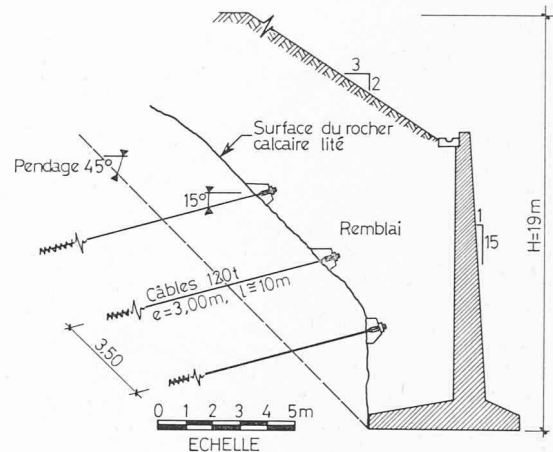


Fig. 2. — Consolidation du rocher, km 25,430 — Beau-Site.

tions pour la construction des soutènements se sont immédiatement révélées irréalisables à moins de coucher les talus à une pente égale ou inférieure à l'angle de frottement.

Vu la pente du terrain naturel, la hauteur des excavations et la présence de chemins ou immeubles à proximité, cette solution n'était pas réalisable.

Dans toute cette région donc, il a été utilisé des tirants précontraints ancrés dont le but était double :

- 1) permettre l'exécution des terrassements et du mur sans danger, c'est-à-dire sans éboulement, ni glissement ;
- 2) diminuer l'importance des soutènements, notamment de la semelle arrière et de l'épaisseur du mur, c'est-à-dire réduire les quantités d'excavation, de béton, d'acier d'armature, et de remblayage.

2. Types de solutions

La première utilisation d'ancrages a été faite à la suite d'un éboulement survenu lors des excavations en rocher pour la construction d'un soutènement amont de l'autoroute à Beau-Site au km 25.430. Il s'agissait d'une fouille de 19 m de hauteur à soutenir par un mur de 11 m. L'éboulement s'est produit dans le rocher après talutage de la couverture morainique.

Deux solutions ont été utilisées, la première exécutable rapidement, au moyen de monotorons $\varnothing 0,6$ de 17 t, espacés de 1,50 m verticalement, comme indiqué sur la figure 1. La seconde solution, adoptée plus tard, s'est faite au moyen de câbles précontraints de 120 t, sur un quadrillage de 3×3 m, selon figure 2. Dans ce cas, les tirants ont servi essentiellement à tenir la fouille pendant l'exécution d'un soutènement normal. Les poussées sur celui-ci ont été réduites à celles du sol remblayé, la roche étant déjà retenue pour son propre compte par les ancrages.

Le même principe a été appliqué pour consolider la culée amont du passage supérieur du funiculaire VCMP sur l'autoroute. En effet, cette culée, construite avant les excavations de l'autoroute, était fondée sur une roche marneuse litée à 6 m au-dessus du fond des fouilles de l'autoroute.

Huit tirants de 120 t ont été placés, comme indiqué sur la figure 3, par paires, sur quatre contreforts en béton armé servant d'appui aux têtes d'ancrage. Ces contreforts ont été fondés au niveau de l'autoroute pour reprendre les composantes verticales des tensions des tirants.

Un troisième cas est celui d'un long mur entre les km 26.280 et 26.470 sous Nant, où la roche calcaire dure, litée avec un pendage à $28-35^\circ$, glissait très facilement. Des ancrages de 95, 125 et 160 t ont été posés et tendus au fur et à mesure des excavations exécutées par tranches

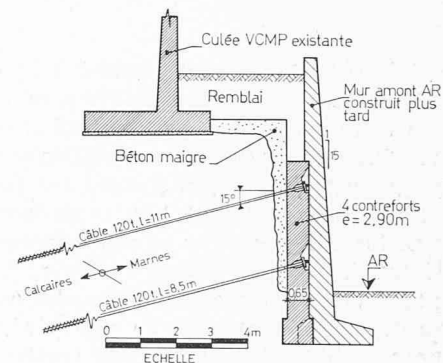


Fig. 3. — Consolidation de la culée VCMP.

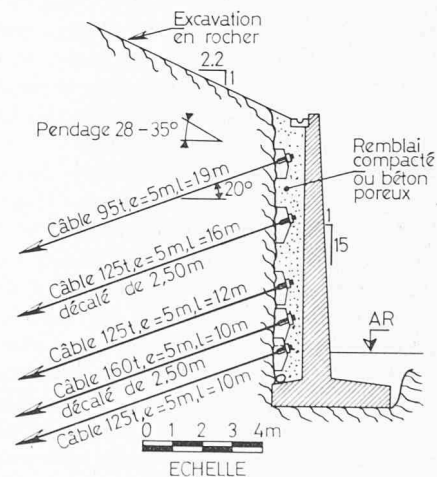


Fig. 4. — Ancrages du soutènement à Nant.

horizontales de 1,40 à 2,00 m de hauteur. Les têtes ont été prises dans des blocs de béton armé carrés isolés. Le mur lui-même n'a pas été accroché aux tirants, mais sa section a été fortement réduite. La figure 4 montre la disposition du mur et des ancrages.

Lorsque le soutènement devait retenir des terrains meubles dans sa partie supérieure et le rocher glissant dans sa partie inférieure, on a adopté un mur avec semelle arrière surélevée au niveau de la surface du rocher. La partie supérieure du mur travaille alors comme un soutènement normal, alors que la partie inférieure, où le rocher est ancré, transmet les efforts du mur supérieur à la fondation tout en servant de revêtement au rocher.

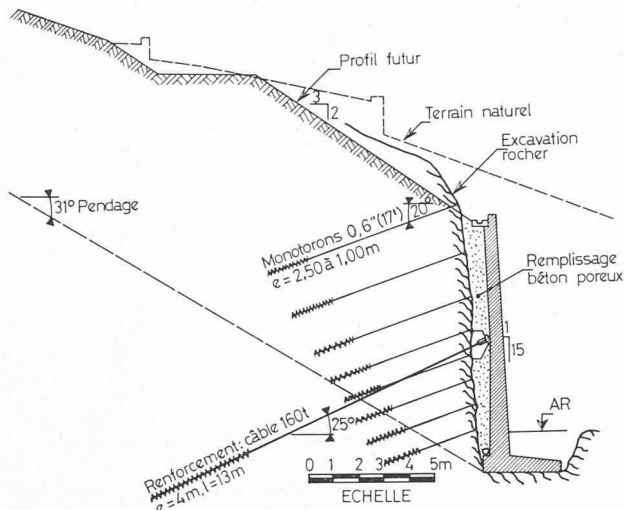


Fig. 5. — Murs avec ancrages, km 24,710 — 25,052.

Le travail le plus délicat s'est présenté à l'ouest du funiculaire VCMP sur une longueur de 270 m où la roche litée était en outre particulièrement diaclasée et fissurée, et par endroit fortement marneuse. L'excavation en rocher, en principe presque verticale, a d'abord été faite par tranches descendantes de 1,80 à 1,20 m de hauteur et consolidée au fur et à mesure au moyen de monotrons de 0,6" précontraints comme indiqué à la figure 5. L'exécution des tirants en monotrons, possible dans des trous exécutés au fleuret par l'entreprise de génie civil, a présenté beaucoup de difficulté. La longueur requise de 7 à 9 m n'a pas pu être obtenue, car les fleurets restaient coincés dans la roche très diaclasée ou dans les zones marneuses. En outre, l'exploitation du rocher à l'explosif a produit, toujours à cause de la forte fissuration pluridirectionnelle, une surface très irrégulière, instable et abîmée, sur laquelle il a été difficile de mettre en place les plaques d'appui des têtes de câbles. Enfin, un nombre non négligeable des scellements de monotrons dans les roches marneuses n'a pas résisté à l'arrachement.

La fouille a néanmoins été terminée pratiquement jusqu'à son niveau définitif sans accident. C'est un peu plus tard qu'un prisme de roche marneuse de 35 m de longueur s'est effondré, dans la zone précisément où les scellements étaient déficients. Il a alors été décidé de reprendre la zone éboulée en plaçant des tirants de 125 t espacés de 5 m horizontalement et 3 m verticalement, ancrés au-delà de la zone marneuse. Les terrassements et les ancrages ont été exécutés par tranches horizontales et en descendant. La figure 6 donne la position du rocher avant éboulement et les mesures prises. On voit que le soutènement a dû alors reprendre les poussées de tout le prisme remblayé.

Quant aux zones non éboulées, il a été jugé plus prudent de les renforcer au moyen d'un certain nombre de tirants assez espacés, sur un niveau quand le rocher paraissait meilleur, et sur deux niveaux quand le rocher était plus défavorable. A ces emplacements, le soutènement est devenu un revêtement avec une petite fondation. Les espaces entre le rocher et le parement amont du mur ont été remplis de béton poreux avec un tuyau de drainage au pied.

3. Calculs

Les calculs de poussées et de tensions dans les tirants ont été faits de deux manières, toujours pour deux valeurs limites du pendage et deux valeurs limites de l'angle de

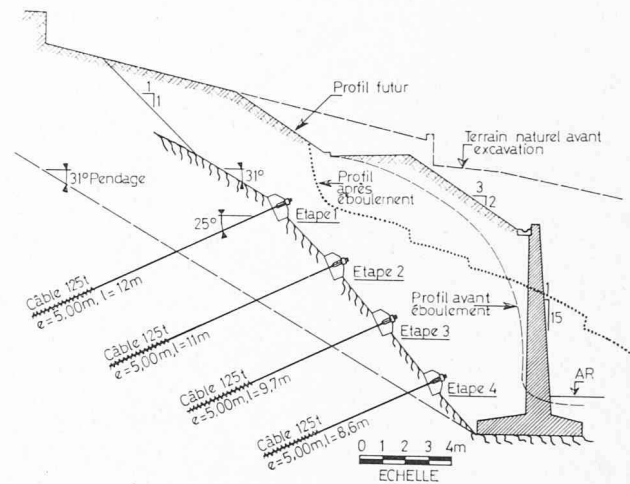


Fig. 6. — Consolidation après éboulement, km 24,830.

frottement interne, de manière à déterminer les tensions extrêmes des tirants.

La première méthode utilisée est celle de l'étude de la stabilité du prisme délimité par la face verticale derrière le mur, le ou les plans de glissements probables, et la surface du terrain. Cette méthode n'est pas bien applicable lorsque le plan de glissement s'étend très loin en amont. Pour ne pas arriver à des valeurs trop grandes, il faut alors fixer arbitrairement une limite à l'extension du glissement à l'amont.

La seconde méthode, développée par le Dr G. Lombardi, a été exposée dans le *Bulletin technique de la Suisse romande* du 26 juillet 1969 par M. E. Naef, ingénieur. Elle utilise le cercle de Mohr pour déterminer les contraintes sur le plan de rupture.

La première méthode donne en général des valeurs des poussées sensiblement plus grandes que la seconde.

4. Exécution et drainages

Il est clair que, d'une manière générale, lorsque l'on risque des éboulements ou des glissements en cours de terrassement, il faut procéder à la pose des tirants du haut en bas au fur et à mesure des excavations par tranches horizontales de hauteurs qui dépendent de la nature des terrains et de leur tendance à glisser. On est ainsi toujours protégé.

Il faut aussi prendre en considération l'effet de la composante verticale de la tension des tirants, qui est d'autant plus grand que l'inclinaison est forte. Cette composante verticale peut, si elle est grande et si les circonstances sont défavorables, provoquer une rupture sous les blocs d'ancrage, ou au pied de la fouille.

Il y a donc lieu de trouver une valeur optimale de l'inclinaison qui ne conduise pas à des tirants inutilement longs.

On a constaté que, dans bien des cas, il est intéressant de ne pas faire des blocs isolés pour chaque tête d'ancrage, mais plutôt des contreforts continus jusqu'au pied de la fouille, ces contreforts étant naturellement exécutés en plusieurs étapes. Ceci est surtout utile lorsque le rocher est très mauvais et lorsque la face de l'excavation est très irrégulière.

Les drainages sont naturellement importants. Lorsque l'espace libre entre le parement amont du mur et la face excavée est faible, il n'est pas possible de coffrer correctement le mur ni de procéder à des remblayages. On est alors amené à remplir cet espace avec du béton poreux, soit en

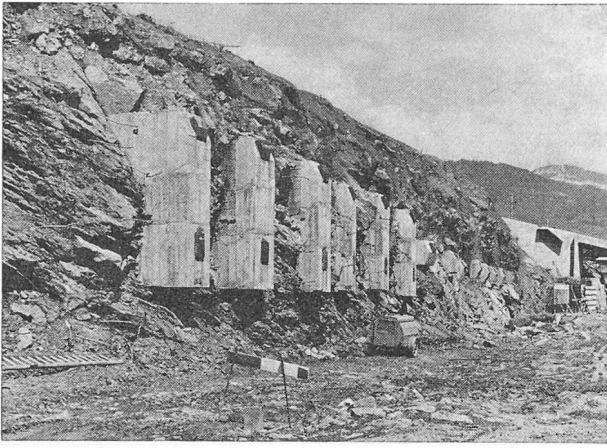


Fig. 7. — Ancrages à proximité de l'ouvrage du funiculaire Vevey-Chardonne-Mont-Pèlerin. (Photo Germond)

coffrant d'abord le béton poreux et en bétonnant le mur contre lui, soit en montant le béton du mur par petites tranches horizontales et en remplissant derrière au fur et à mesure.

Les tirants doivent être protégés contre la corrosion. De même, les têtes d'ancrages doivent être traitées spécialement ou cachetées avec du béton normal lorsqu'on emploie du béton poreux comme remplissage.

5. Conclusions

Les murs ancrés sont particulièrement appropriés lorsqu'on se trouve en présence de roche litée avec pendage vers l'aval dépassant l'angle de frottement interne. En ancrant au fur et à mesure que l'excavation s'approfondit, on se protège contre des éboulements ou des glissements. Le travail de construction peut alors se faire sans danger. En outre, l'épaisseur du mur et ses fondations peuvent être fortement réduites, ainsi que le volume d'excavation et de remblayage.

L'expérience a montré qu'il est plus intéressant de consolider la fouille avec des tirants que d'appuyer les têtes d'ancrages dans le mur lui-même. Cela n'empêche pas qu'on puisse ensuite accrocher le mur aux blocs d'ancrage au moyen de barres d'attente.

D'une manière générale, il faut s'assurer que la longueur des tirants est assez grande et que la zone de scellement se trouve entièrement au-dessous de la surface de glissement présumée.

Le passage supérieur du funiculaire Vevey-Chardonne-Mont-Pèlerin

par NGUYEN VAN NGAT, ingénieur au Bureau technique Tappy et Dutweiler

1. Introduction

Le tracé de l'autoroute coupe celui du funiculaire Vevey-Chardonne-Mont-Pèlerin. Un pont a été nécessaire pour enjamber l'autoroute. Le pont supporte, à la fois, la voie du funiculaire et un passage pour piétons.

Pour des raisons de gabarit, le pont est à tablier inférieur. Deux avant-projets ont été étudiés, l'un en béton précontraint, l'autre en métallique. Finalement, la solution « béton » a été choisie.

Pendant les travaux et pour maintenir le trafic du funiculaire, la voie a été déviée sur 140 m environ.

Le trafic du funiculaire n'a pratiquement pas été interrompu durant les travaux. La construction de l'ouvrage a pu être coordonnée avec certains travaux prévus par la compagnie du funiculaire. Ainsi, la déviation temporaire de la voie fut exécutée alors que le câble tracteur avait atteint son allongement maximum. Un nouveau câble fut installé lors de la mise en service de l'ouvrage, ainsi que de nouvelles voitures.

2. Conception de l'ouvrage

L'ouvrage se compose de deux travées de 23,12 m et 24,00 m. La pente du pont atteint jusqu'à 20 % environ. L'appui fixe est sur la culée aval, les autres appuis sont mobiles (figure 1).

a) La culée aval est constituée par deux caissons liés, reposant sur un terrain composé de sable et de gravier.

La palée centrale et la culée amont sont fondées sur une roche plus ou moins altérée en surface.

b) Le tablier est en forme d'auge.

Les deux bords servent de poutres longitudinales. Celles-ci ont une hauteur de 1,30 m et une largeur de 0,365 m.

La dalle a une épaisseur de 25 cm (figure 2).

Etant donné que la voie n'est pas placée dans l'axe du pont, les câbles de chaque poutre ne sont pas les mêmes.

— Poutre côté passage piétons : quatre câbles de 179 tonnes de 50 m environ, avec 52 fils de \varnothing 6 mm.

— Poutre côté funiculaire : quatre câbles de 208 tonnes de 50 m environ, avec 46 fils de \varnothing 7 mm.

c) *Détails constructifs.*

Pour empêcher le glissement du ballast dû à la forte pente, des nervures en béton ont été placées horizontalement à des intervalles de 5,50 m.

A la demande du Département fédéral des transports, un essai de charges a été effectué par l'Institut de statique des constructions de l'EPFL. Le résultat des essais révèle un comportement élastique satisfaisant du pont.

L'ouvrage a été construit par l'entreprise Zublin.