

# Chemins de fer funiculaires: recherches sur la tension, le flottement et la compensation du poids des cables

Autor(en): **Ladame, Henri**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes**

Band (Jahr): **14 (1888)**

Heft 8

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-14461>

## **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.

## BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

## DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISANT 8 FOIS PAR AN

**Sommaire :** Chemin de fer funiculaire, par Henri Ladame, ingénieur. (Suite et fin.) — Chemin de fer de Viège à Zermatt, par J. Meyer, ingénieur. — Eclairage électrique du grand théâtre de Genève. — Note sur la cause de la catastrophe de Zoug, par M. Résal, ingénieur. — Société vaudoise, séance du 15 décembre 1888.

## CHEMINS DE FER FUNICULAIRES

## RECHERCHES SUR LA TENSION

## LE FLOTTEMENT ET LA COMPENSATION DU POIDS DES CABLES

par HENRI LADAME, ingénieur.

(Suite et fin.)

*Application.* Reprenons l'exemple ci-dessus pour lequel on avait :

$$d = 75^m \quad l = 300^m \quad t = 10^k \quad \frac{h}{a^2} = 0,00052$$

et supposons qu'entre les points A et B le tracé comprenne deux pentes, l'une de 30 % et l'autre de 20 %, ainsi  $tg \beta = 0,30$   $tg \beta' = 0,20$ .

Nous aurons comme première approximation :

$$\text{de la formule (10)} \quad y = 45^m$$

$$» \quad (11) \quad y' = 30^m6$$

$$\text{d'où} \quad t' = 9^k712$$

$$\text{de la formule (12)} \quad \frac{a'^2}{h'} = 1949,6$$

$$» \quad (13) \quad l' = 97^m48$$

Remplaçant  $l'$  par cette valeur dans l'éq :  $y' = y - \frac{l'}{2} tg \beta$  on a

$$y' = 30^m38$$

$$t' = 9^k714$$

$$\frac{a'^2}{h'} = 1950$$

$$l' = 97^m50$$

d'où

$$(14) \quad y = 0,30x - 0,0005128x^2$$

et

$$(16) \quad f = 1^m22$$

Si l'on augmentait la tension admise, cela aurait pour effet de relever le profil de la ligne sur toute la longueur du raccordement. Pour  $t = 15^k$  on aurait  $f = 1^m85$

et

$$\frac{T}{p} = \frac{15}{0,0094} = 1596 \quad \text{d'où} \quad p = 0,000626 T$$

pour

$$T = 4000^k \quad p = 2^k50$$

$$= 5000^k \quad = 3^k13$$

Dans la détermination de l'effort de traction maximum  $T$  pour lequel le câble doit être calculé, il y a lieu de tenir compte des à-coups qui peuvent se produire au moment de l'arrêt des trains ; mais nous pensons qu'il serait préférable d'en prévenir

l'effet, et surtout le danger, si l'arrêt devenait brusquement nécessaire en pleine voie, en reliant les trains par un fil électrique enroulé dans l'âme même du câble.

## III

## Compensation du poids du câble.

Le poids du câble peut être compensé par un câble continu, ainsi qu'on l'a fait dernièrement au funiculaire Bienne-Macolin, mais cette compensation peut être obtenue dans de meilleures conditions en modifiant le profil en long de la ligne, et en le traçant suivant la courbe que nous allons déterminer.

Soit  $P$  le poids du wagon montant,  $y$  compris le poids des voyageurs et des bagages qu'il transporte.

$P'$  le poids du wagon descendant, ou wagon moteur.

$Q$  le poids du cube d'eau nécessaire pour donner au train la vitesse réglementaire.

$p$  le poids du câble par mètre courant.

$\beta$  l'inclinaison de la voie.

Nous prendrons pour axe des  $x$  la voie même, et pour axe des  $y$  la perpendiculaire en son milieu, en sorte que l'origine des coordonnées coïncide avec le point de croisement des trains.

Au moment où les trains se croisent, la longueur du câble montant est égale à celle du câble descendant, il y a donc équilibre. A partir de cet instant la longueur du câble montant diminue, et celle du second augmente d'autant, à mesure que les trains s'éloignent du point de croisement.

Pour qu'il y ait compensation il suffit de relever la voie de manière que le poids des wagons effectue un travail égal à celui du câble sur le parcours considéré.

Le chemin parcouru par le centre de gravité du câble étant  $\frac{x}{2}$ , si le chemin parcouru par chaque wagon est  $x$ , et la quantité dont il faut relever la voie  $y$  (fig. 3), on a

$$2px \sin \beta \frac{x}{2} = (P' + Q) \cos \beta \cdot y + P \cos \beta \cdot y$$

d'où

$$y = \frac{p \, tg \, \beta}{P + P' + Q} x^2 \quad (19)$$

Equation de la courbe cherchée. Cette courbe est une parabole dont le paramètre est  $\frac{P + P' + Q}{p \, tg \, \beta}$

Nous avons négligé le travail correspondant au relèvement

du câble, le poids de la longueur du câble comprise entre wagons étant insignifiant par rapport au poids de ceux-ci.

Il peut arriver qu'il y ait convenance à ne modifier le profil en long que d'un seul côté de l'axe des  $y$  (fig. 4). Dans ce cas, supposant le wagon moteur en M :

$$y = \frac{p \operatorname{tg} \beta}{P' + Q} x^2 \quad (20)$$

Dans le premier cas le point de croisement se trouve abaissé de

$$\delta = \frac{l p h}{4 (P + P' + Q) \cos \beta} \quad (21)$$

dans le second le point supérieur du tracé est relevé de

$$\delta' = \frac{l p h}{4 (P' + Q) \cos \beta} \quad (22)$$

soit environ  $2\delta$ , le poids du wagon moteur intervenant seul dans le calcul.

## CHEMIN DE FER DE VIÈGE A ZERMATT

par J. MEYER, ingénieur.

La vallée de Zermatt est, depuis un certain nombre d'années, de plus en plus visitée par les touristes, et l'on a compté plus de 12 000 visiteurs par an. C'est en effet une contrée d'où l'on a un choix très varié d'excursions sur des points qui offrent incontestablement les plus beaux sites alpestres, parmi lesquels il faut signaler en tout premier lieu celui, si facilement accessible, du Gornergrat (altitude 3136 m.) d'où l'on a une vue incomparablement belle, probablement la plus belle de tous les sites alpestres. Et cependant l'accès de cette vallée est long et difficile.

On compte 9 lieues soit 43,2 km. de Viège à Zermatt, c'est la distance que la poste prend pour base de ses tarifs de messagerie. Sur les 18 à 19 km. de Viège à Saint-Nicolas, il n'existe qu'un sentier à piétons et à mulets assez pénible; de Saint-Nicolas à Zermatt, il y a une route étroite et très rapide par places. Il faut compter une journée entière pour aller de Viège à Zermatt. Celui qui va à pied de Viège à Saint-Nicolas, et de là en voiture à Zermatt, dépensera, s'il a expédié ses bagages par la poste à l'avance, de 16 à 24 fr. suivant qu'il aura trouvé ou non quelqu'un pour partager avec lui la voiture; et celui qui prend un cheval de Viège à Saint-Nicolas de 26 à 40 fr.

La vallée de Saas, qui débouche dans celle de Viège à Stalden avec une partie commune de 8 km., est aussi visitée chaque année par plus de 2000 voyageurs. Une fois le chemin de fer terminé, le voyage se fera en 2 1/2 ou 3 heures, et coûtera 16 fr. en première et 10 fr. en seconde classe. Il est incontestable que l'établissement d'un chemin de fer de Viège à Zermatt procurera aux visiteurs de ces vallées une telle économie de temps, d'argent et de fatigues corporelles que la fréquentation de ces vallées sera par là considérablement augmentée.

Au transport des voyageurs et de leurs bagages viendra s'ajouter celui des marchandises pour leur alimentation dans les hôtels: vins, légumes, farines, volailles, poissons, liqueurs, denrées coloniales, etc.

C'est ce qui a amené les concessionnaires, soit MM. Masson Chavannes et C<sup>ie</sup>, banquiers à Lausanne et la Banque commer-

ciale à Bâle, à demander une concession pour la construction de ce chemin de fer, concession qui leur a été accordée par arrêté fédéral du 21 décembre 1886.

L'avant-projet, qui était joint à cette demande de concession, prévoyait une ligne mixte avec sections à crémaillère et sections à adhérence. Cet avant-projet, étudié sur les feuilles au 1/50 000 de la carte topographique fédérale publiées par le Club alpin, prévoyait trois sections avec crémaillère, et la demande de concession en laissait entrevoir un plus grand nombre.

Les concessionnaires chargèrent la Compagnie Suisse Occidentale-Simplon, ou son service technique, de faire un avant-projet définitif. Ce travail fut fait en 1887 sous la direction du soussigné et plus particulièrement du chef du bureau technique, M. l'ingénieur Pery.

Il fut d'abord fait une triangulation de la vallée comprenant 188 signaux qui a coûté 5668 fr. 75 c. soit 30 fr. par signal, un nivellement de repères rattaché au nivellement de précision fédéral, fait à double et qui a coûté 1717 fr. 95 c. pour 137 repères; et enfin des levés topographiques à la stadia au 1/5000 avec courbes de 5 m. d'equidistance (2<sup>m</sup> 50 exceptionnellement dans les parties peu inclinées).

La triangulation fut faite par MM. Beyeler aîné et Massard, géomètres; le nivellement par MM. Nicod et Nicole, ingénieurs; les levés topographiques à la stadia par MM. de Weck, Orpizewski, Beyeler, Déglise, Delapraz, Culand, Massard, Solioz et Imfeld, ingénieurs ou géomètres.

Ces levés furent terminés dans l'automne 1887; ils embrassent 13 feuilles avec une surface de 1611 hm<sup>2</sup> 47 a. et ont coûté 11 719 fr., soit 7 fr. 27 c. par hectare en moyenne. L'hiver fut employé à l'étude de l'avant-projet. On a étudié des tracés comparatifs avec et sans l'emploi de la crémaillère. Pour les parties avec crémaillère, on avait adopté un maximum de rampe de 10 % ou 100 ‰, le maximum de la rampe d'adhésion ayant pu être réduit à 45 % au lieu de 50 % prévus dans l'avant-projet; on a étudié ainsi deux variantes.

Pour la première, A, on restait sur la rive droite de la Viège jusqu'au km. 6.150, profitant du terrain facile de l'Akersand entre Neubrücke et Stalden. A ce dernier point, on traversait la Viège et sitôt après on montait en crémaillère avec rampe de 10 %, contournant le mamelon de Stalden jusqu'au plateau de Biel où se trouvait la station de Stalden. De là, on reprenait, en crémaillère, la rampe de 10 % jusqu'au ravin de Mühlebach en se développant sur le plateau de Stalden, mais en coupant les échancures de la falaise ce qui oblige à de grands travaux de terrassements, murs, tunnels et viaducs. Au km. 9 il rejoint la variante B dont nous allons parler.

Avec le second tracé, B, on reste sur la rive droite dans la falaise assez escarpée de Neubrücke jusqu'au km. 5.550 où l'on traverse la Viège pour atteindre avec la crémaillère et la rampe de 10 % la station de Stalden placée dans le milieu du village, derrière l'hôtel. Immédiatement après, il reprend en crémaillère à 10 % se développant entre le chemin et les falaises de la Viège, assez haut cependant pour en contourner les échancures, ce qu'on ne pouvait obtenir avec la variante A, qu'il rejoint vers Mühlebach. Les plus grandes difficultés se trouvent dans la partie commune, comme la traversée du ravin de Mühlebach par un viaduc de 80 m. de longueur et 50 m. de hauteur, celle des ravins des Faulkinn par des viaducs de 55 m. et de 32 m.,