

La ligne de contact du chemin de fer Viège-Zermatt

Autor(en): **Leyvraz, Louis-H.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **55 (1929)**

Heft 19

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-42679>

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 TECHNIQUE

Réd. : D^r H. DEMIERRE, ing.

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

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

ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES

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

SOMMAIRE : *La ligne de contact du chemin de fer Viège-Zermatt*, par LOUIS-H. LEYVRAZ, ingénieur diplômé E. I. L., du Bureau d'ingénieurs et Entreprises électriques *Furrer et Frey*, à Berne. — *De l'influence de la forêt sur l'écoulement des eaux en temps de pluie générale*, par l'Inspection fédérale des travaux publics, Berne. — *Cours théorique et pratique sur le béton armé, organisé par la S. I. A., du 8 au 12 octobre 1929, à Lausanne.* — BIBLIOGRAPHIE. — CARNET DES CONCOURS. — Service de placement.

La ligne de contact du chemin de fer Viège-Zermatt,

par LOUIS-H. LEYVRAZ, ingénieur diplômé E. I. L.,
du Bureau d'ingénieurs et Entreprises électriques *Furrer et Frey*,
à Berne.

Généralités.

La Compagnie du chemin de fer Viège-Zermatt a décidé d'électrifier sa ligne en été 1928. La ligne de contact, construite pendant l'hiver 1928-1929 est actuellement terminée ; elle est remarquable par l'emploi de la *suspension caténaire inclinée* dans les courbes (Fig. 1).

Le chemin de fer Viège-Zermatt est du système mixte, à adhérence et crémaillère, comportant des rampes maximum de 25 respectivement 125 ‰. La ligne a une longueur de 35,2 km, dont 6,5 km sont en crémaillère. Le tracé est très sinueux. Les rayons des courbes descendent jusqu'à 80 m (exceptionnellement jusqu'à 50 m).

13,5 km, soit 38,4 ‰ sont en courbe, dont 10,2 km sont des courbes de rayons de moins de 110 m.

Système de courant. Alimentation.

Le courant de traction est du courant monophasé $16 \frac{2}{3}$ périodes/sec, à la tension de 11 000 V. C'est également le premier chemin de fer à crémaillère qui utilise du courant monophasé. Le choix a été guidé d'une part, par la possibilité de pouvoir alimenter la ligne par les Chemins de fer Fédéraux (C. F. F.) à Viège et, d'autre part, en vue de l'électrification du tronçon Viège-Brigue, actuellement en construction, et du chemin de fer Furka-Oberalp (F. O.), Brigue-Disentis qui se joint aux Chemins de fer Rhétiques (Rh. B.), ces derniers étant également alimentés par du courant monophasé $16 \frac{2}{3}$ périodes, à 11 000 V.

D'autre part la haute tension de 11 000 V permet d'alimenter toute la ligne de Viège à Zermatt sans sous-station intermédiaire avec une section de cuivre de 80 mm².

Le courant est fourni par les C. F. F., en gare de Viège, à la tension de 15 000 V à la barre d'entrée de la sous-station V. Z. L'alimentation peut se faire soit par la ligne d'alimentation, directement depuis l'usine de Massaboden, ou par la ligne de contact des C. F. F. Deux interrupteurs

à cornes, verrouillés entre eux, permettent soit l'un soit l'autre mode d'alimentation. La sous-station V. Z., située dans une annexe au dépôt des locomotives, comprend deux auto-transformateurs à huile, de 1600 KVA chacun, ainsi que les appareils de contrôle et de mesures nécessaires. Un interrupteur de contrôle permet de se rendre compte de l'isolation de la ligne de contact.

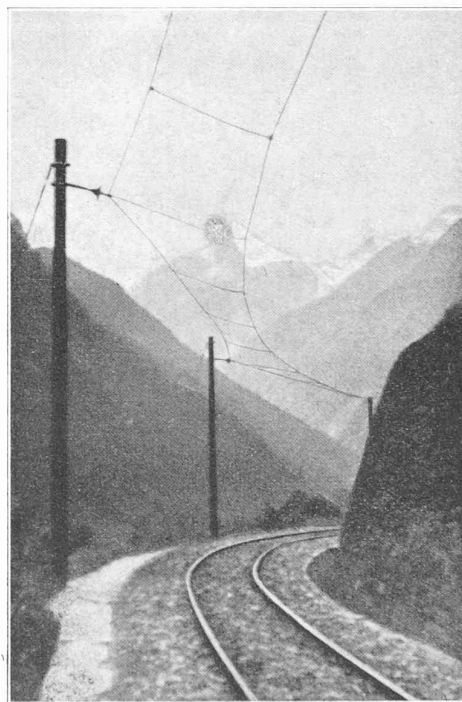
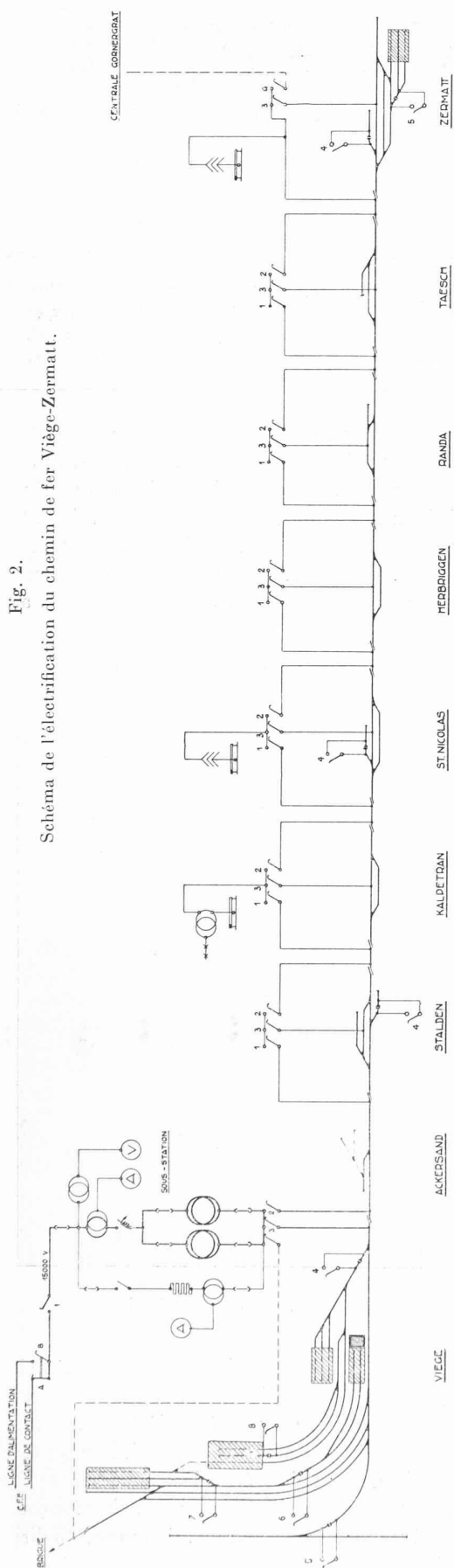


Fig. 1. — Caténaire inclinée.

Le schéma de la ligne de contact est très simple. Il n'existe pas de ligne d'alimentation le long de la voie. Toutes les stations peuvent être déclenchées, sans interrompre le trafic en amont de celles-ci. Par contre, quand la ligne de contact doit être déclenchée entre deux stations, toute la ligne située en amont du tronçon déclenché, est également sans courant. Comme cette disposition, malgré sa simplicité, n'est pas sans inconvénients, il est prévu une alimentation auxiliaire à Zermatt. A cet effet



la centrale triphasée du chemin de fer du Gornergrat recevra un groupe fournissant du courant monophasé $16\frac{2}{3}$ périodes, à 11 000 V. Le courant sera amené depuis la centrale jusqu'à Zermatt par une ligne aérienne bipolaire.

Pour protéger la ligne de contact contre les surtensions, il a été prévu à Saint-Nicolas et à Zermatt un limiteur d'ondes. (Condensateur haute tension pour montage en plein air.) En outre il y a à Kalpetran un transformateur 11 000/220 V pour l'éclairage de la station.

Système de la ligne de contact.

La ligne de contact est du type caténaire simple en alignement et du type caténaire inclinée dans les courbes. Tandis qu'en alignement le fil de contact et le câble porteur sont toujours dans un même plan vertical, en caténaire inclinée le câble porteur est toujours monté à l'extérieur de la courbe ; (voir fig. 1). Le fil de contact n'est pas rappelé en courbe par des antibalançants, comme en caténaire polyédrale, mais il est suspendu librement aux pendules, ces derniers peuvent tourner autour du point de suspension sur le câble porteur. L'ensemble prend une position d'équilibre entre le poids de la ligne et la traction latérale due à la courbe, équilibre qui dépend des valeurs attribuées à diverses variables. Le fil de contact prend sensiblement la forme d'un cercle de même rayon que l'axe de la voie. Le câble porteur est situé à l'extérieur de la courbe ; tous les pendules sont inclinés vers le centre de celle-ci.

Cette disposition est employée depuis 1912 aux Etats-Unis par presque tous les chemins de fer électriques d'intérêt général : New York-New Haven et Hartford Rly ; Pennsylvania R. R. ; Norfolk and Western Rly. ; Virginian Rly. ; Great Northern Rly. etc :

Les Chemins de fer du Midi (France) employent également exclusivement la caténaire inclinée, où elle donne d'excellents résultats aux grandes vitesses jusqu'à 125 km/h. Ces lignes sont remarquables à bien des points de vue.

En Suisse la caténaire inclinée a été employée pour la première fois au Chemin de fer Berne-Neuchâtel sur le tronçon de Chiètres à Ferenbalm, à la suite de la proposition de l'auteur.

Examinons les avantages que présente la caténaire inclinée par rapport à la caténaire polyédrale :

1. La *flexibilité* de la caténaire inclinée est constante. Le fil de contact peut se soulever librement au passage du pantographe par la rotation des pendules autour de leur point de fixation sur le câble porteur, ce soulèvement se fait d'autant plus facilement qu'il provoque une légère diminution de la tension du fil de contact.

Au contraire, avec la caténaire polyédrale, la flexibilité est maximum au milieu de la portée et minimum au droit de l'appui, elle est encore fortement diminuée par la présence d'antibalançants, parfois sollicités même à la compression, donnant lieu à un point dur avec arc-boutement, ce qui est particulièrement mauvais. Aussi peut-on

observer, au passage du pantographe, une étincelle presque à chaque antibalçant dès que la vitesse dépasse 50-60 km/h. L'usure du fil de contact et du frotteur est par conséquent très rapide.

2. Le désaxement du fil de contact peut être plus petit en caténaire inclinée qu'en caténaire polyédrale, car avec la première disposition, on peut le choisir aussi petit que l'on veut en augmentant le nombre des pendules, tandis qu'avec la deuxième disposition il est déterminé par la flèche de la portée soit :

$$\psi = \frac{c^2}{8R}$$

c = portée entre appuis.

R = rayon de la courbe.

Pour obtenir une plus grande portée on choisit un désaxement aussi grand que possible, souvent exagéré. Avec un frotteur de 95 cm de largeur comme au V. Z. et aux

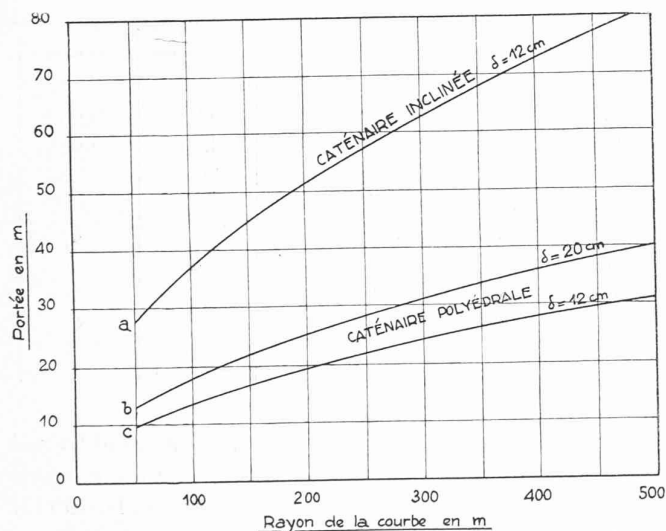


Fig. 3. — Portée des caténaires en fonction du rayon des courbes. δ = désaxement du fil de contact.

C. F. F., le désaxement employé en caténaire polyédrale est de 20 à 22 cm au maximum, tandis qu'avec la caténaire inclinée du V. Z. le désaxement maximum n'est que de 12 cm (à part quelques endroits, où à cause de l'état de la voie il a fallu tolérer un désaxement légèrement supérieur). Or il est évident que plus ce dernier est petit, plus la ligne présente de sécurité contre le déraillement, et par conséquent l'accrochage du pantographe, par suite du vent, de l'état de la voie, des oscillations des véhicules et des appareils de prise de courant. A ce sujet, citons seulement le nombre relativement énorme d'accrochages survenus pendant l'hiver 1928-1929 et provoqués en grande partie par un boursoufflement de 5 cm de haut sur une file de rails pour provoquer à la hauteur du fil de contact un désaxement de 20 cm.

Sous l'action du vent la caténaire inclinée présente une plus petite dérivation que la caténaire polyédrale, toutes

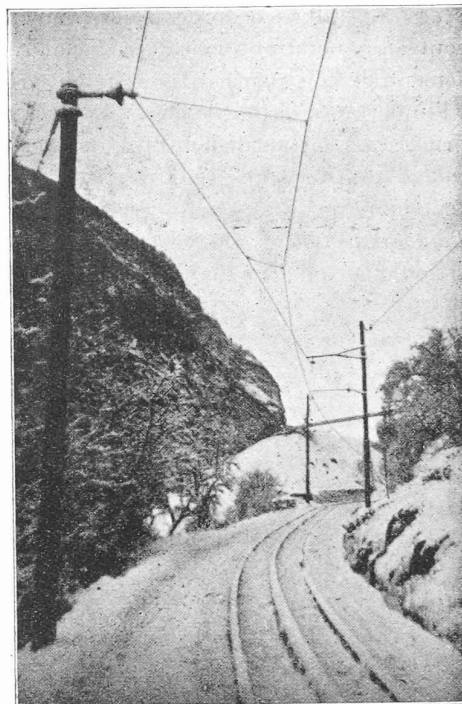


Fig. 4. — Passage de l'alignement à la courbe.

conditions égales, et ceci malgré l'absence d'antibalçants à partir de rayons inférieurs à environ $350 \div 600$ m suivant les cas. C'est pour cette raison que le Chemin de fer Berne-Neuchâtel a décidé de transformer toutes les courbes de rayon 1000 m en caténaire inclinée, à la suite d'accrochages survenus pendant l'hiver passé par un vent violent.

Avec la caténaire polyédrale on est obligé, à cause des

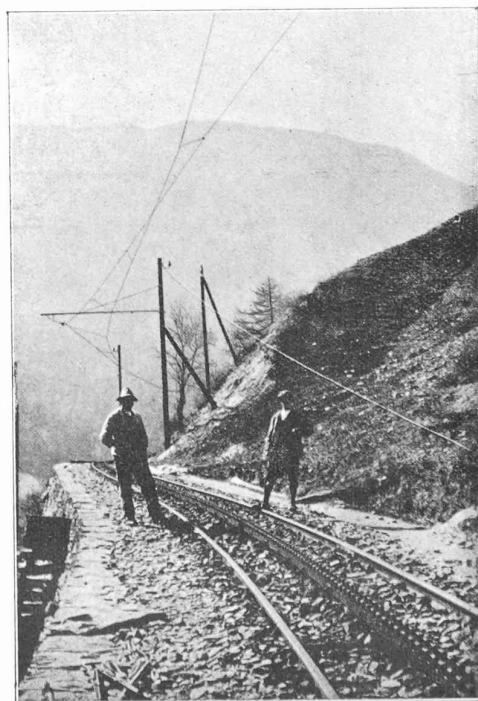
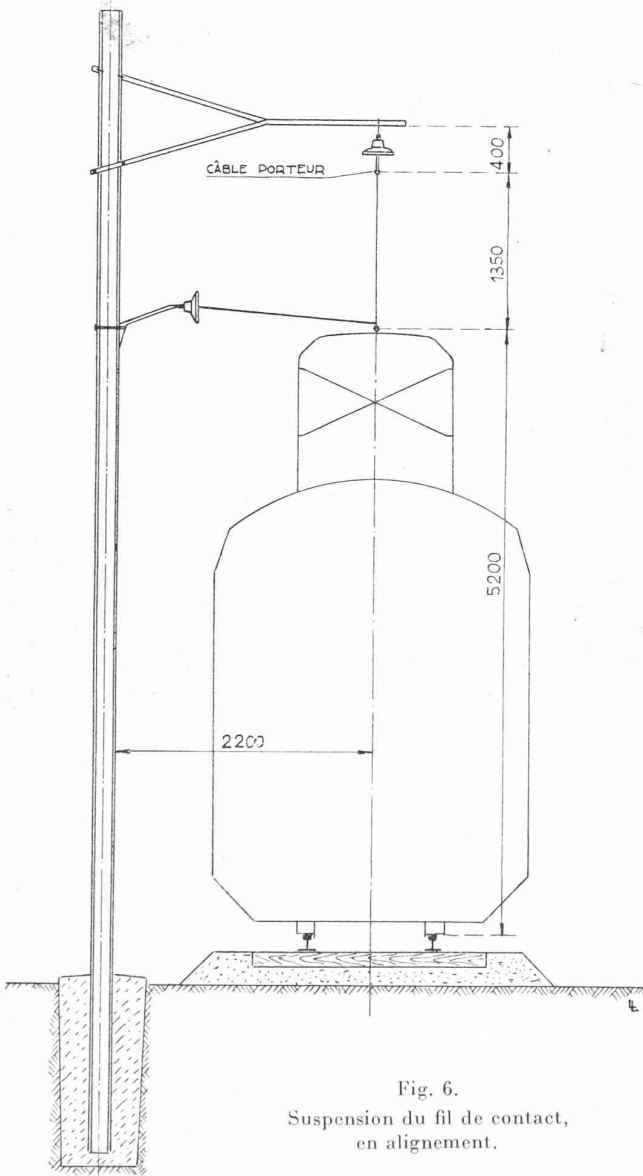


Fig. 5. — Raccordement du fil de contact en courbe.

variations de température, de prévoir des compensateurs. Ceux-ci sont en général automatiques, à poids. Mais le fonctionnement de tels dispositifs est rendu très capricieux par l'importance des résistances passives, principalement formées par les antibalçants dans les courbes, surtout quand ces dernières sont de petit rayon. Par contre la caténaire inclinée présente une propriété remarquable : l'autocompensation. Quand les courbes et les alignements sont bien répartis et que ces derniers ne sont



pas trop longs, la tension du fil de contact reste comprise entre les limites du bon fonctionnement pour toutes les températures. Il faut cependant déterminer dans chaque cas si l'autocompensation est suffisante ou non.

Finalement la caténaire inclinée est plus économique. Les portées peuvent être beaucoup plus grandes qu'avec la caténaire polyédrale (Fig. 3).

Elles atteignent facilement le double des valeurs réalisables en caténaire polyédrale avec un désaxement

$\delta = 20$ cm. La courbe *c* montre les portées maxima si l'on voulait construire une ligne polyédrale, présentant le même désaxement $\delta = 12$ cm que la caténaire inclinée. Il est évident que ces portées maxima ne peuvent pas toujours être employées, eu égard au tracé de la ligne, et ceci pour les deux dispositions possibles. Quand on peut mettre les poteaux à l'extérieur de la courbe il n'est plus besoin d'employer des consoles (Fig. 1), quand les rayons sont inférieurs à une certaine valeur qui peut varier, suivant les cas, de $300 \div 600$ m. La suppression des antibalçants diminue le nombre des isolateurs, de même que l'emploi des plus grandes portées. Ceci est très important au point de vue de la sécurité, car chaque isolateur de moins est un point faible supprimé. L'entretien de la ligne est facilité grandement de ce fait.

Pour illustrer ceci, citons le tronçon d'essai de la ligne Berne-Neuchâtel, où la caténaire polyédrale a été remplacée par la caténaire inclinée, en comparant le nombre des éléments dans les deux cas.

Caténaire	polyédrale	inclinée
Rayon de la courbe	400 m	400 m
Portée	30 m	60 m
Désaxement du fil de contact . .	20 cm	8 cm
Nombre des poteaux Diff N° 18		
avec fondation	8	4
Consoles	4	—
Isolateurs p ^r ligne de contact . .	12	4
» » » d'alimentation	8	4
Antibalçants	8	—

L'économie est considérable.

En revanche la caténaire inclinée exige un grand travail théorique. Il faut choisir convenablement les tensions dans les fils. Il faut déterminer l'encombrement horizontal et vertical de la caténaire pour chaque portée et pour chaque rayon de courbe, afin de connaître la position dans l'espace du point de suspension de la ligne. En outre il faut examiner les effets des variations de température pour la pose et le réglage des fils. La détermination de la tension de pose du câble porteur non chargé est une chose délicate. On ne peut plus employer les équations habituelles pour le calcul mécanique des lignes. Le piquetage de la ligne, soit la détermination de l'emplacement des poteaux, doit être fait avec beaucoup de soins et en connaissance de cause si l'on veut éviter des surprises désagréables lors du réglage de la ligne.

D'autre part il est évident que la caténaire inclinée est plus délicate à construire, car la vérification des conditions de pose semble être moins facile. Cela tient à ce que pour placer le fil de contact dans sa position voulue, les variables sont en plus grand nombre. Mais, d'après les expériences que nous avons faites sur les lignes établies, nous nous sommes rendu compte que la caténaire inclinée n'est pas si sensible et que l'on peut faire des combinaisons qu'il serait impossible de réaliser en employant la caténaire polyédrale.

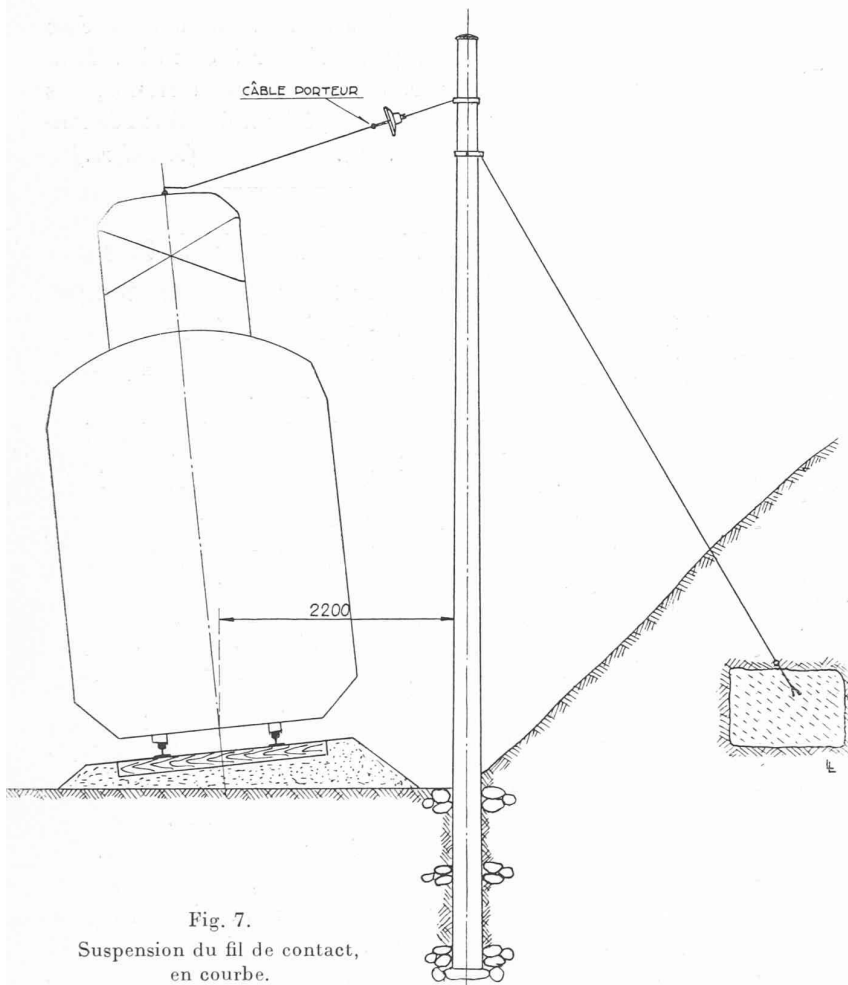


Fig. 7.

Suspension du fil de contact,
en courbe.

Le passage de l'alignement à la courbe se fait progressivement ; dans cette portée intermédiaire le câble porteur passe depuis sa position dans l'axe de la voie jusqu'à son point de suspension vers l'extérieur de la courbe (Fig. 4).

Le fil de contact se raccorde à la courbe par une parabole. Ceci représente l'entrée en courbe idéale. De même le passage d'une courbe de grand rayon à une courbe de faible rayon se fait progressivement. Le passage d'une courbe à une contre-courbe est réalisé facilement. Ici le câble porteur coupe l'axe de la voie au milieu de la portée (Fig. 5).

Il faut toujours que le milieu de la portée se trouve au point d'inflexion de la courbe pour que le fil de contact soit exactement dans l'axe de la voie.

Sur toute la ligne, la caténaire se compose d'un câble porteur en acier, d'une section de 35 mm^2 , et d'un fil de contact profilé, de 80 mm^2 de section.

Le câble porteur est composé de 7 fils de $2,5 \text{ mm } \Phi$ galvanisés. La charge de rupture est de 120 kg/mm^2 . La tension maximum du

câble atteint 20 kg/mm^2 à -25° C , elle tombe à 14 kg/mm^2 à $+35^\circ \text{ C}$. Le fil de contact, en cuivre semi-dur, a une charge de rupture de 37 kg/mm^2 . La tension est maintenue constante à $3,75 \text{ kg/mm}^2$ par des tendeurs automatiques qu'il a été jugé nécessaire de prévoir, mais l'expérience a montré qu'ils pourraient être supprimés sur une grande partie du tracé, soit d'Ackersand à Herbruggen. Les portées du câble porteur sont, au maximum, de 64 m, elles diminuent dans les courbes en fonction du rayon de celles-ci (fig. 3).

La hauteur du fil de contact au-dessus des rails est, au minimum, de 5,50 m, dans les stations, de 5,00 m en pleine voie et descend à 4,20 m. dans les tunnels. En alignement, le fil de contact est monté avec un zig-zag de $\pm 20 \text{ cm}$, afin de régulariser l'usure des frotteurs des pantographes. Le désaxement de 20 cm se trouve toujours au droit d'un support, de telle façon que le fil de contact se trouve toujours dans l'axe de la voie au milieu de la portée. Le câble porteur est monté dans l'axe de la voie, sauf dans les entrées en courbe, où sa position est déterminée au réglage et dans les courbes en caténaire inclinée.

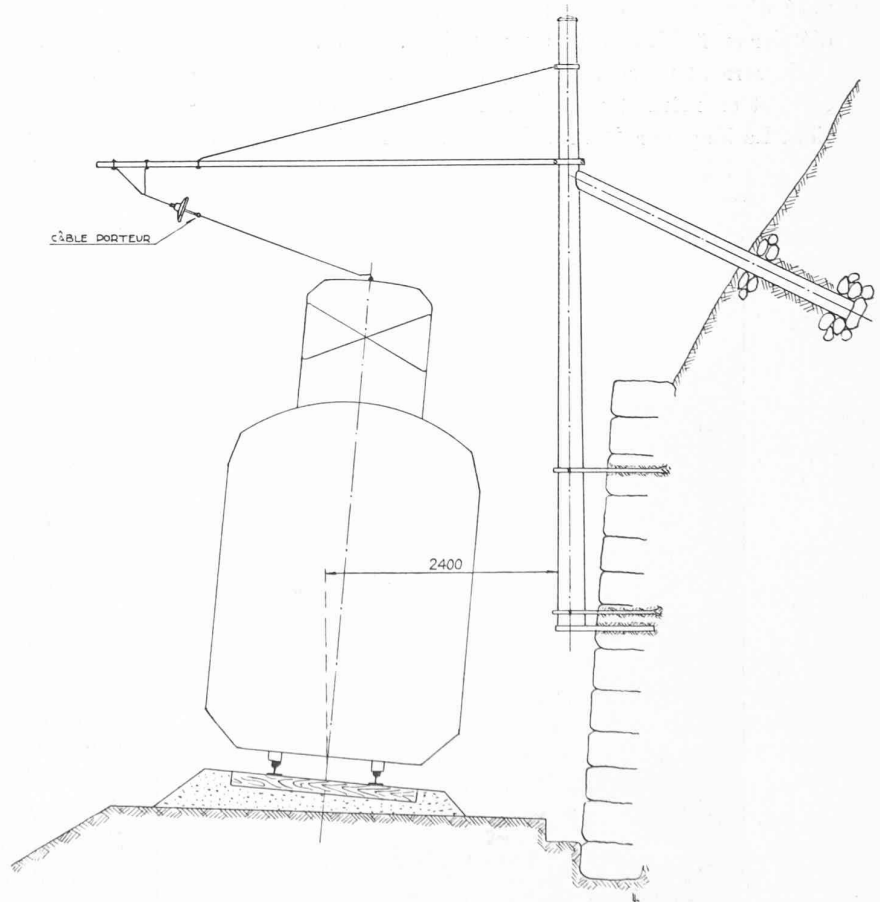


Fig. 8. — Suspension du fil de contact, en courbe.

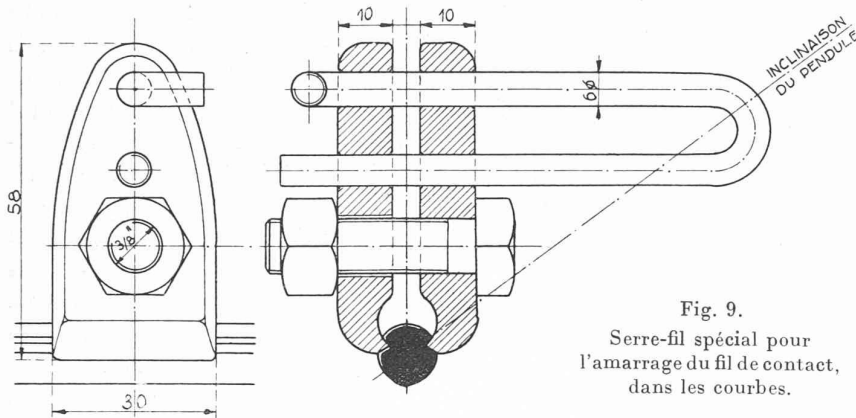


Fig. 9.
Serre-fil spécial pour
l'amarrage du fil de contact,
dans les courbes.

Le fil de contact est suspendu au câble porteur par des pendules en fil bimétal de 4 mm Φ . Il y a toujours un pendule au droit des supports, qui suspend en même temps l'antibalançant. A l'intérieur de la portée il y a toujours 3 pendules, aussi bien en alignement qu'en courbe. En alignement les pendules ont une articulation à 20 cm au-dessus du fil de contact, pour augmenter la flexibilité. Dans les courbes elles sont supprimées. Pour le câble porteur et le fil de contact en alignement, les serre-fils des pendules sont du type habituel. Dans les courbes, où les pendules sont inclinés il faut employer un serre-fil spécial pour que le profil du fil de contact soit d'aplomb et que le frotteur ne s'accroche pas au serre-fil. Ce dernier est composé d'une pince qui porte un bras de levier en forme d'étrier en fil bimétal de 6 mm Φ (Fig. 6 à 9).

En serrant un seul boulon, la pince serre le fil de contact, et en même temps l'étrier est bloqué dans sa position. La longueur du bras de levier est réglée en fonction

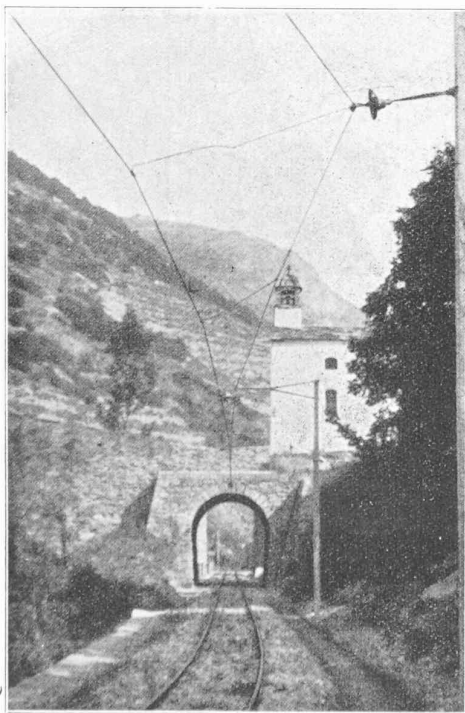


Fig. 10.

du rayon de la courbe. Là où les courbes ont un rayon inférieur à 80 m il a fallu employer, au lieu de ces serre-fils, des antibalançants spéciaux de 80 cm de longueur (Fig. 10). (A suivre.)

De l'influence de la forêt sur l'écoulement des eaux en temps de pluie générale,

par l'Inspection fédérale des travaux publics, Berne.

Dans le N° 6 du « Journal forestier suisse » de juin 1929, M. Hans Burger déclare, sous

le titre : « Communications de la station fédérale de recherches forestières » — qu'il y a encore des ingénieurs, dans des situations dirigeantes, qui doutent de l'utilité du reboisement dans le bassin de réception des torrents et qui se prononcent contre d'autres reboisements.

M. Burger rassemble ensuite (pour l'espace de temps assez grand de 1904 à 1927 d'après les observations d'Engler dans les ravins du Sperbel et du Rappen) 23 cas de pluie générale dans lesquels, à peu d'exceptions près, le ravin boisé du Sperbel débitait moins d'eau que le ravin du Rappen couvert surtout de pâturages. M. Burger en conclut que l'on peut catégoriquement affirmer que, abstraction faite de quelques exceptions, la forêt influence favorablement l'écoulement des eaux, *aussi par temps de pluie générale et périodes prolongées de pluie.*

L'Inspection fédérale des travaux publics tient à apporter sa collaboration à des points de vue intéressant particulièrement les ingénieurs, à l'étude envisagée du rôle des forêts en temps de pluie générale.

Les recherches approfondies d'Engler sont connues, mais elles ne visent que des bassins de réception de très petites dimensions.

La surface est de :

Au ravin du Sperbel (pratiquement complètement boisé) : 0,558 km².

Au ravin du Rappen (peu boisé) : 0,697 km².

Comparativement aux grandeurs usuelles pour l'ingénieur, ces bassins de réception se présentent à peu près dans le même rapport que des essais de laboratoire à très petite échelle sont avec les conditions de l'ouvrage réel. Bien des observations recueillies au cours de recherches dans le ravin du Sperbel et du Rappen ne peuvent être généralisées, Engler lui-même le rappelle en ces termes à la page 618 des « Recherches sur l'influence de la forêt sur l'état des eaux » :

« Après avoir constaté invariablement que chaque phénomène d'écoulement est le résultat de nombreux facteurs qui ne nous sont même pas assez connus et agissent de différentes manières, il faut nous garder de la généralisation sans critiques des résultats de ces recherches à d'autres domaines. » Et plus bas : « Comme nous l'avons vu, la forêt peut, en temps de pluie générale par exemple, perdre complètement sa capacité de rétention, de sorte