

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung

Band: 1 (1923)

Heft: 1

Artikel: Le 2me câble du Simplon

Autor: [s. n.]

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-873064>

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: 13.01.2026

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

Fachschriften Umschau halten und die Leserschaft über die Fortschritte der Technik im Auslande aufzuklären suchen. — Anfragen werden im Briefkasten beantwortet.

Die Lieferung von Beiträgen ist vor allem Sache der technischen Sektionen der Obertelegraphendirektion. Für die Behandlung gewisser Fragen kommen auch die administrativen Sektionen in Betracht. Daneben hoffen wir aber auch auf die Mitarbeit der Kreisdirektions- und der Betriebsbeamten, die vermöge ihrer praktischen Erfahrungen berufen sind, wertvolle Mitteilungen über den Betrieb zu veröffentlichen. Auch Personen, die ausserhalb der Verwaltung stehen, soll das Wort nicht versagt bleiben.

Es ist wohl kaum nötig beizufügen, dass trotz der Herausgabe der Fachschrift durch die Verwaltung die Persönlichkeit der Mitarbeiter voll zum Ausdruck gelangen soll. Jede grössere Arbeit wird unter dem Namen des Verfassers veröffentlicht, dem damit auch die Verantwortung für den Inhalt zufällt.

Die Mitarbeiter mögen sich stets vergegenwärtigen, dass ein grosser Teil der Leserschaft nur über bescheidene technische Kenntnisse verfügt und dass die Zeitschrift sich auch an Anderssprachige richtet. Einfache, übersichtliche und gemeinverständliche Darstellung des Gebotenen ist daher unerlässlich. Sie kann erreicht werden, wenn die Verfasser ihren Stoff völlig durcharbeiten, alle Weitschweifigkeit vermeiden und nach grösstmöglicher Treffsicherheit im Ausdruck streben.

Die Einsendungen erscheinen in der Landessprache, in der sie vom Verfasser geschrieben worden sind. Sie werden in einer zweiten Sprache veröffentlicht, wenn angenommen werden kann, dass sie für einen weiteren Leserkreis von Interesse sind.

Wertvolle Arbeiten können mit bescheidenen Preisen bedacht werden.

Redaktionelle Beiträge sind zu richten an die *Redaktion der technischen Mitteilungen, Obertelegraphendirektion, Bern.*

Bern, 1. Februar 1923.

Die Redaktion.

Le 2^{me} câble du Simplon.

Les communications télégraphiques et téléphoniques sont actuellement réalisées soit par fils aériens montés sur traverses ou herses, soit par fils isolés au papier, toronnés ensemble et protégés par une gaine de plomb, l'ensemble constituant un câble. Ce câble peut être posé en tranchée, recouvert d'une protection mécanique suffisante, ou être posé, comme les fils nus, sur poteaux où il est supporté par une corde en acier ou fils de fer. Toutefois, ce dernier mode de pose ne joue et ne jouera probablement jamais un grand rôle en Suisse, où pour des raisons d'esthétique et de sécurité on ne saurait développer un système qui, n'offrant que peu ou point d'avantages, présente au contraire de sérieux inconvénients vis-à-vis du mode communément employé.

et, à l'aide des renseignements que nous y aurons puisés, nous nous efforcerons de mettre nos lecteurs au courant des progrès qui s'accomplissent à l'étranger dans le domaine de la technique. Une rubrique intitulée « Petite correspondance » permettra de donner les renseignements qui seront demandés.

C'est en tout premier lieu aux sections techniques de la direction générale des télégraphes qu'il incombe d'alimenter la nouvelle revue. Les sections administratives auront, elles aussi, à traiter certaines questions. Nous comptons également sur la collaboration des fonctionnaires des directions d'arrondissement et des bureaux d'exploitation, lesquels, grâce à leurs expériences pratiques, sont appelés à fournir de précieux renseignements sur le service d'exploitation. Enfin, nous accepterons des communications de personnes qui ne font pas partie de notre administration.

Le fait que le « Bulletin technique » est publié par les soins de l'administration ne doit pas empêcher les collaborateurs d'exprimer librement leurs idées personnelles. Les travaux d'une certaine importance seront publiés sous la signature et, par conséquent, sous la responsabilité de leur auteur.

Les collaborateurs du Bulletin technique ne devront point perdre de vue que la majorité des lecteurs ne sposèdent, en technique, que des connaissances limitées, et que ce bulletin s'adresse aussi à des personnes qui ne parlent pas leur langue. Ils s'efforceront donc de donner une forme claire et simple aux articles qu'ils rédigeront. Pour arriver à ce résultat, ils devront étudier à fond le sujet qu'ils désirent traiter, bannir la prolixité et s'appliquer à exprimer les choses aussi exactement que possible.

Les articles fournis paraîtront dans la langue où ils auront été rédigés. Ils seront traduits dans une autre langue si leur nature fait supposer qu'ils intéresseront un cercle plus étendu de lecteurs.

De modestes prix pourront être décernés aux travaux de valeur.

Les communications devront être adressées à la *Rédaction du Bulletin technique, Direction générale des Télégraphes, Berne.*

Berne, le 1^{er} février 1923.

La Rédaction.

Les avantages d'un câble sur une ligne aérienne, avec fils nus, sont suffisamment connus. Ils sont constitués avant tout par les facteurs suivants: Sécurité d'exploitation avec rendement excellent, protection efficace contre l'influence des lignes de transport d'énergie électrique, minimum d'encombrement, qui avec le développement de la téléphonie est un facteur à considérer, réduction des frais d'entretien, etc. Dès le début de la construction des câbles, on s'est heurté à de sérieuses difficultés parce que, ensuite du rapprochement des fils, la capacité électrostatique prend des valeurs telles que les courants transmis s'affaiblissent rapidement. Il n'est pas possible de décrire ici, à moins de trop allonger, les différents progrès réalisés jusqu'à nos jours dans

la construction des câbles. Rappelons seulement qu'il n'est plus nécessaire de réduire, à tout prix, la capacité électrostatique, des éléments ayant été trouvés pour combattre efficacement ce facteur parasite. Il est beaucoup plus important d'obtenir que les usines fournissent des câbles très homogènes avec des tolérances extrêmement réduites. En Amérique, pays qui nous devance depuis si longtemps dans ce domaine, on a déjà abandonné le câble à espace d'air pour utiliser presque exclusivement le câble « pressé » plus homogène et aussi meilleur marché. Ce dernier facteur joue un certain rôle dans les câbles à longue distance et à forte capacité (nombreux circuits).

Les progrès réalisés en vue d'obtenir une transmission de la voix à longue distance se résument en ceci:

- Insertion dans les circuits téléphoniques de bobines de self suivant une loi déterminée (système Pupin) ou enroulement en hélice d'un fil de fer autour du conducteur (système Krarup).
- Installation de relais amplificateurs constitués par les lampes à trois électrodes.

Grâce à ces progrès, les réseaux de câbles se multiplient maintenant non seulement en Amérique, mais aussi en Europe. L'Angleterre a déjà un réseau assez étendu et le Post Office a commandé dans le courant de l'année 1922 1300 km de câbles combinables à forte capacité. En Allemagne, on fait de grands efforts pour compléter le réseau aérien, insuffisamment entretenu et surchargé, par des artères en câbles. En Suisse, il y a en première ligne l'électrification des chemins de fer qui pousse l'Administration à éliminer les lignes aériennes longeant les chemins de fer. Pour les raisons citées plus haut, la mise en câble s'impose dans la majorité des cas.

Dans le cas qui nous occupe, il fallait, faute de circuits dans le câble existant du Simplon, augmenter les moyens de jonction, insuffisants, entre les réseaux d'Italie et de Suisse. La construction, en 1913, des circuits Berlin-Francfort-Milan et Bâle-Milan a eu pour effet d'occuper entièrement le câble à 7 conducteurs doubles du type Krarup. Après discussion approfondie, les Administrations intéressées optèrent pour la pose d'un câble à 20 conducteurs doubles de 1 mm de diamètre, combinables, du système Pupin. La fourniture et la pose du câble ont été mises en adjudication en mai 1922, sur la base d'un cahier des charges élaboré à Milan en mars 1922 d'un commun accord par les deux Administrations, et dont voici les clauses principales:

Les conditions se rapportent à la fourniture et pose d'un câble armé, isolé au papier et à circulation d'air sec du système Pupin pour l'exploitation simple ou en duplex à 20×2 conducteurs (10 groupes de quatre) de 1 mm de diamètre, toronnés par paires et les paires par groupe de quatre conducteurs. Le câble aura une longueur d'environ 22 km, y compris la distance qui sépare les entrées du tunnel du Simplon des deux extrémités du câble, formées du côté de l'Italie par le raccordement à la ligne aérienne d'Iselle et du côté de la Suisse, par le bureau central de Brigue.

Il sera livré en sections de 250 m et 8 sections forment l'unité de 2 km admise pour la pupinisation.

La commande comprendra en outre la livraison de 11 séries de bobines Pupin pour circuits physiques et combinés, des manchons de jonction en plomb, les boîtes de fin pour les extrémités du câble, ainsi que le montage, l'équilibrage et l'exécution de tous les essais nécessaires pour la constatation des propriétés électriques du câble.

Les manchons de jonction en plomb seront soudés sur la gaine de plomb du câble pour obtenir d'un bout à l'autre un câble pneumatique, permettant, au besoin, le séchage du câble par l'introduction d'air sec sous pression et assurant la continuité électrique de la gaine de plomb.

Dans le tunnel, le câble sera logé dans un lit de sable, à côté de ceux à courant faible des chemins de fer fédéraux et dans le canal existant établi lors de la construction du 1^{er} tunnel. En dehors du tunnel, un canal spécial, formé par deux fers Zorès, éclissés aux extrémités, forme la protection mécanique du câble. Les manchons de jonction seront logés dans des chambrettes en briques recouvertes de dalles. Les bobines Pupin, passablement encombrantes, seront placées dans des niches creusées dans dans le pied-droit du tunnel, du côté opposé au canal. L'Administration des chemins de fer fédéraux se chargera des travaux de pose du câble et de la remise en état du canal.

Les conducteurs seront en cuivre électrolytique doux d'une conductibilité d'au moins 57, et accusent une forme cylindrique. Ils doivent supporter, sans se rompre, un allongement de 25% de leur longueur.

Les fils doivent être soudés exclusivement au moyen de soudure d'argent.

Avant d'être réunis en câble, les conducteurs seront vérifiés tant au point de vue de leur diamètre qu'à celui de leurs propriétés électriques.

Chaque conducteur sera complètement recouvert d'une enveloppe de papier isolant. Pour obtenir les propriétés électriques prescrites, le fabricant pourra utiliser à volonté soit un papier simple en forme de tube, et d'une épaisseur appropriée soit deux bandes de papier enroulées en spirales, qui seront lâches autour du fil.

Le papier utilisé pour l'isolement des conducteurs doit être exempt de tout produit chimique (chlore, acides, etc.). Il ne doit contenir aucune trace de métal et son épaisseur devra être tout à fait uniforme. Il doit répondre aux exigences suivantes:

- La résistance à la rupture ne devra pas être inférieure à 2,8 kg par mm^2 de section de la bande de papier.
- L'allongement du papier, au moment de la rupture, devra être de 1,8% au minimum.
- On devra pouvoir enrouler autour d'une tige d'un diamètre de 10 mm au plus les conducteurs munis de leur papier isolant sans que le papier se rompe ou se déchire.
- Une épaisseur de papier de 0,1 mm devra supporter, sans se perforer, la tension d'un courant alternatif d'au moins 500 volts et de 40 à 50 périodes.

Les conducteurs munis de papier isolant seront tournés deux à deux en un toron lâche et accusant de forts interstices d'air. La longueur d'un tour de

toron n'est pas prescrite. Le fabricant la choisira de façon que les propriétés électriques répondent aux prescriptions.

Les paires de conducteurs seront toronnées deux à deux en groupes de quatre, d'après le système Dieselhorst-Martin. Pour ce qui est des teintes, le papier sera blanc, bleu, rouge et vert. On s'en tiendra à cette succession de teintes pour la disposition des conducteurs.

Les groupes de quatre seront disposés en couches concentriques. Le sens de torsion d'une couche devra être contraire au sens de torsion des couches voisines. Le fabricant disposera le groupe du centre et les couches concentriques et déterminera la longueur des torsions de façon à obtenir les propriétés électriques requises. Le groupe du centre et chaque couche seront entourés d'une bande de papier non coloré. Un groupe de quatre de chaque couche sera caractérisé par une marque spéciale. Le faisceau entier sera enveloppé de trois couches de papier, qui devront se recouvrir complètement l'une l'autre.

Une gaine de plomb sans couture sera appliquée sur l'enveloppe en papier du faisceau de conducteurs. On n'emploiera que du plomb absolument pur. La gaine de plomb aura une épaisseur de 2,5 mm.

Dix flexions du câble sur un cylindre d'un diamètre 16 fois plus grand que celui du câble ne doivent provoquer ni brisures ni crevasses.

Le câble recouvert de sa gaine de plomb et hermétiquement obturé à l'un de ses bouts doit, pendant au moins 12 heures, être soumis à une pression intérieure d'air comprimé de 3 atmosphères. L'étanchéité de la gaine de plomb sera démontrée si, pendant toute la durée de l'épreuve, la pression n'a pas diminué.

L'Administration qui a fait la commande se réserve de soumettre les câbles achevés à la même épreuve, par longueur de pupinisation.

La gaine de plomb sera goudronnée à chaud et enveloppée ensuite de 4 couches de bandes de papier imprégné.

Un enroulement de jute goudronnée d'une épaisseur de 2 mm au moins recouvrira le tout sans laisser d'interstices.

La jute goudronnée sera recouverte d'une armature composée de fils de fer galvanisés au feu et lisses, bien serrés les uns contre les autres et entourant le câble en ligne hélicoïdale. Comme fils d'armature, on utilisera des fils de fer ronds de 3 mm de diamètre.

La longueur du pas de l'hélice ne doit pas dépasser une longueur correspondant à 10 fois le diamètre du câble.

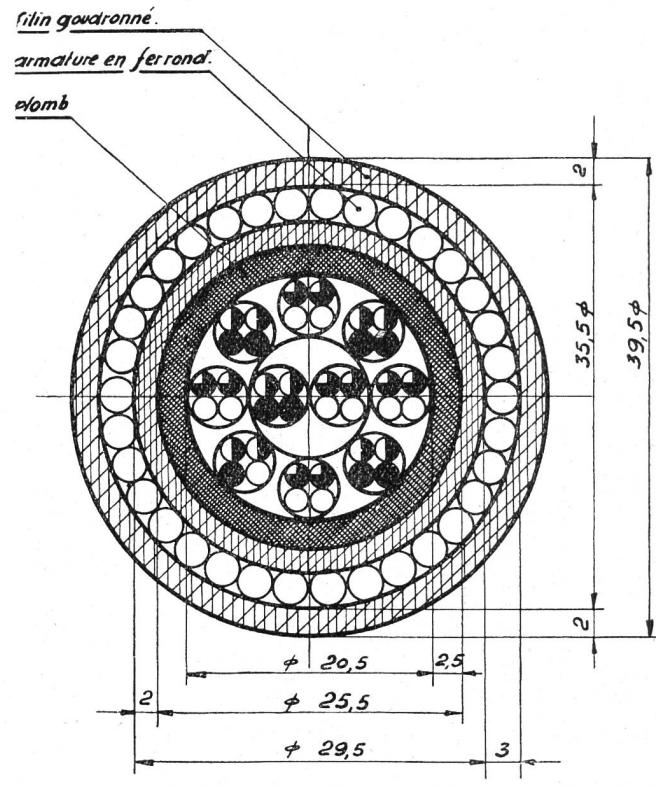
L'armature devra enserrer étroitement le câble. Les fils dont elle sera composée devront autant que possible être continus. Les raccordements éventuels doivent être faits au moyen de la soudure au cuivre (brasés) ou à l'autogène.

La galvanisation au feu des fils d'armature doit être telle que, après 5 immersions d'une minute chacune dans un bain composé d'une partie de sulfat de cuivre et de cinq parties d'eau, les fils d'armature ne soient pas recouverts d'une couche de cuivre adhérente. Après chaque immersion le fil sera rincé dans de l'eau pure et essuyé au moyen d'un papier

buvard ou d'un chiffon. Après la cinquième immersion, le fil ne devra pas être recouvert d'une couche de cuivre compacte. Le dépôt de cuivre devra pouvoir s'enlever facilement au moyen d'un chiffon.

L'armature sera asphaltée, puis enveloppée de quatre couches de papier imprégné qui devront se couvrir complètement l'une l'autre. Un enroulement de jute goudronnée d'une épaisseur de 2 mm au moins recouvrira le tout sans laisser d'interstices.

Cette opération sera suivie d'un badigeonnage avec du lait de chaux ou un produit semblable, cela pour empêcher que les spires du câble se collent les unes aux autres.



Section droite du câble du Simplon.

Le câble devra répondre aux conditions électriques suivantes:

A la température de 15° Celsius, les câbles achevés devront accuser par kilomètre les propriétés électriques suivantes:

a) Mesures au moyen de courant continu:

1^o La résistance d'un conducteur ne doit pas dépasser 22,5 ohms.

La différence de résistance entre les deux conducteurs d'une paire ne doit pas être supérieure à 2%.

$$(A \ R = Ra - Rb < \frac{Ra + Rb}{100})$$

2^o La résistance d'isolement d'un conducteur par rapport à tous les autres conducteurs, y compris la gaine de plomb, mesurée dans la fabrique au moyen d'un courant continu de 300 volts, doit être supérieure à 10,000 meg-ohms.

b) Mesures au moyen de courant alternatif:

1^o Les valeurs obtenues au moyen de courant alternatif de 800 périodes pour la capacité entre deux conducteurs d'une paire ne devront pas être supérieures à 0,04 mf. par km. La capacité moyenne doit être de 0,036 mf., mesurée par section de pupinisation.

La capacité des groupes de quatre mesurée dans les mêmes conditions ne doit pas être supérieure à 0,067 mf., et sera, en moyenne, de 0,061 mf.

2^o La perdissance kilométrique mesurée au moyen de courant alternatif de 800 périodes ($\omega = 5000$) entre les deux conducteurs d'une paire sera au maximum

$A = 1.0 \times 10^{-6}$ mhos et entre groupes de quatre, au maximum

$A = 1.7 \times 10^{-6}$ mhos.

3^o La résistance à la perforation entre les conducteurs et la gaine de plomb sera constatée au moyen d'un courant de 2000 volts et de 50 périodes. Chaque câble sera soumis à cette épreuve pendant une minute.

Les circuits physiques et les circuits combinés doivent être pupinisés. La distance entre deux piles de bobines Pupin est fixée à 2000 mètres, et se compose de 8 longueurs de câble de 250 m.

Les propriétés électriques des bobines Pupin sont les suivantes:

a) pour les circuits physiques:

selfinduction	0,177 henry	$\pm 2\%$
résistance effect. moyenne .	10,6 ohms	
résistance ohmique moyenne	7,5 ohms	

b) pour les circuits combinés:

selfinduction	0,107 henry	$\pm 2\%$
résistance effect. moyenne .	3,3 ohms	
résistance ohmique moyenne	1,8 ohms	

La résistance effective et la selfinduction sont mesurées au moyen de courant alternatif d'une fréquence de $\omega = 5000$ par seconde et d'une intensité de 1,0 milli-ampère.

L'inductance ne devra pas varier, de façon permanente, de plus de 5% après le passage d'un courant continu de 2 ampères dans chaque enroulement. L'Administration se réserve le droit de faire des essais sur quelques bobines prises au hasard.

Les bobines Pupin devront être construites avec des matériaux de premier choix et seront montées en piles de 10 groupes. Chaque point de pupinisation renfermera un pot à bobines, modèle W E C N° 4027 B avec entrée et sortie séparées. Ce pot sera formé de bobines W E C 4584 pour circuits physiques et W E C 4583 pour circuits combinés.

La résistance d'isolement, la capacité ainsi que l'induction mutuelle (crosstalk) entre les groupes d'enroulement insérés dans les circuits physiques et combinés devront présenter les valeurs garanties par la W E C pour les types de bobines prévus.

Le câble posé et pupinisé (prêt à être exploité) présentera les valeurs de garantie suivantes:

1^o Résistance d'isolement mesurée au moyen d'un courant continu de 300 volts par une température de 15° Celsius = au minimum 5000 megohms par kilomètre.

2^o Atténuation mesurée au moyen d'un courant alternatif d'une fréquence de $\omega = 5000$ par seconde et d'une intensité de 1 milliampère:

a) pour les circuits physiques au maximum $\beta = 0,0175$

b) pour les circuits combinés au maximum $\beta = 0,0145$

Lorsque l'installation du câble sera terminée, une conversation téléphonique à échanger sur tous les circuits pupinisés devra pouvoir se faire d'une façon parfaite comme sur une ligne artificielle ayant la même atténuation totale et la même impédance caractéristique que les circuits à vérifier ($\omega = 5000$).

Les tolérances admises pour les conditions électriques des bobines et les autres dissymétries ne devront avoir aucune influence pratique sur le fonctionnement des circuits et sur les valeurs garanties pour l'atténuation et l'impédance caractéristique.

L'induction mutuelle entre n'importe quels circuits physiques ne devra, en circuit ouvert ou fermé, pas être inférieure à $\beta l = 8$. Elle ne sera pas inférieure à $\beta l = 7.5$ entre circuits fantômes de deux quadruples ou entre fantômes et circuits physiques. On ne devra donc constater aucune induction mutuelle appréciable entre les différents circuits, tant fantômes que physiques, sur le câble entier, de façon que les paroles ou chiffres transmis sur un circuit ne pourront être entendus sur n'importe quel autre circuit du câble. L'influence inductive mutuelle entre circuits, aussi bien pour les paroles que pour différentes fréquences téléphoniques, ne devra pas être supérieure à l'audition d'un circuit équipé d'appareils du même type que les appareils d'essais et ayant une impédance caractéristique de 2000 ohms et une atténuation totale de $\beta l = 7.5$.

Pour les épreuves, l'appareil de transmission sera inséré dans l'une des extrémités du circuit à essayer et le récepteur dans un point quelconque du circuit influencé et, en particulier, au même point où est stationné l'appareil de transmission.

Le fournisseur garantit, en ce qui concerne les phénomènes inductifs dus à la traction électrique, que le câble fonctionnera aussi bien que le câble Krarup actuel,posé en 1906.

La caractéristique Z du câble doit être

a) pour les circuits physiques $Z = 1560$
b) pour les circuits combinés $Z = 1000$.

La fréquence naturelle du câble ne doit pas être inférieure à $\omega = 17,600$ tant pour les circuits physiques que pour les circuits combinés.

Le degré de distorsion calculé suivant la formule

$$\Lambda = \frac{(\beta' 7000 - \beta' 3500) 100}{^{1/2} (\beta' 7000 + \beta' 3500)}$$

ne devra pas être supérieur au 3,5% tant pour les circuits physiques que pour les circuits combinés.

Vu l'avancement des travaux de la 2^e galerie du Simplon, et afin de pouvoir profiter de la mise hors de service partielle de la 1^e galerie où se trouve le canal des câbles, il a fallu réduire passablement le délai de livraison des câbles. Malgré la commande tardive, il a été possible de commencer les travaux le 15 juin, et vers fin juillet le câble téléphonique, y compris les nouveaux câbles des chemins de fer fédéraux, furent posés en entier. Le 15 septembre,

la fabrique avait terminé les raccordements ainsi que tous les engagements contractuels et il a été procédé à la vérification finale selon les clauses du contrat.

Voici les résultats des essais obtenus lors de la vérification effectuée entre le 2 et le 9 octobre 1922.

Longueur du câble	22,25 km
Nombre des bobines intercalées . . .	11
Selfinduction des bobines pour circuits physiques	0,177 henry
Selfinduction des bobines pour circuits combinés	0,107 henry
Nombre des paires de conducteurs . . .	20
Nombre des circuits combinés	10
Diamètre de chaque conducteur . . .	1,0 mm

1. Mesure d'Isolation.

Un conducteur mesuré contre tous les autres conducteurs, y compris la gaine de plomb, au moyen d'un courant continu de 300 volts. Lecture après 30 secondes:

Maximum: 38,600 megohms par km
Moyenne: 33,150 " "
Minimum: 29,600 " "
par une température moyenne de 15° Celsius.

2. Mesure de la Résistance.

Résistance d'un conducteur:

Maximum: 533,8 ohms
Moyenne: 532,8 " $\Lambda R = 2$ ohms = 0,38%
Minimum: 531,8 "
Résistance moyenne d'un circuit: 47,9 ohms par km, avec bobines
Résistance moyenne d'un circuit: 43,2 ohms par km, sans bobines
par une température moyenne d'environ 15° Celsius.

3. Détermination du degré d'amortissement de l'influence inductive (cross talk).

Les mesures ont été effectuées, à une fréquence de $\omega = 5000$, au moyen d'une jauge établie par M. le Professeur Breisig (v. Elektrotechnische Zeitschrift 1921) et intercalée de la même façon qu'un circuit en exploitation, c'est-à-dire avec, au point d'aboutissement à la station d'essais, deux bobines de translation et, à l'extrémité opposée, des circuits physiques et des circuits combinés fermés sur une impédance appropriée.

Les valeurs obtenues sont:

$\beta l = 9,6$ ou davantage pour cross talk entre circuits physiques

$\beta l = 8,5$ ou davantage pour cross talk entre circuits physiques et circuit combiné, ou vice versa, dans le même groupe de quatre (Mitsprechen)

$\beta l = 9,8$ ou davantage pour cross talk entre circuits combinés choisis au hasard.

De nombreux essais ont démontré, en outre, que l'influence inductive (cross talk) d'un circuit combiné quelconque sur un circuit physique également choisi au hasard, ou vice versa, donne, dans le cas le moins favorable, une valeur de

$$\beta l = 8,7.$$

Les valeurs obtenues au cross-talk-meter de la Western Electric Co. lors d'essais d'audition effectués dans les mêmes conditions sont de quelques dixièmes de βl inférieures aux valeurs données par les mesures, mais se trouvent, cependant, être supérieures aux valeurs contractuellement garanties.

4. Mesure de Capacité.

La capacité des circuits de base a été mesurée au moyen d'un galvanomètre balistique. Il ne fut guère possible de constater une différence entre les 20 paires de conducteurs. En regard aux bobines Pupin, cette méthode de mesurage donne, en effet, des valeurs quelque peu réduites. Les résultats démontrent, toutefois, que la valeur contractuelle de 0,036 MF par km a, en moyenne, été atteinte.

5. Détermination de la Caractéristique et de l'Amortissement.

Le mesurage s'est fait à une fréquence de $\omega = 5000$, et les valeurs ont été déterminées sur la base de l'impédance à circuit ouvert et de l'impédance à circuit fermé.

Résultats:

a. Amortissement:

Maximum $\beta = 0,0168$	+	1,9 %
Moyenne $\beta = 0,0165$		pr. circuits physiques
Minimum $\beta = 0,0163$	-	1,2 %
Maximum $\beta = 0,0137$	+	1,0 %
Moyenne $\beta = 0,0136$		pr. circuits combinés
Minimum $\beta = 0,0133$	-	1,9 %

Des essais d'audition effectués par comparaison avec un circuit artificiel ont donné en moyenne $\beta = 0,0165$ pour circuits physiques et $\beta = 0,0135$ pour circuits combinés.

Des mesures comparatives de l'amortissement obtenu en voltage initial et en voltage final ont donné, en moyenne, des valeurs équivalant à celles calculées sur la base du circuit ouvert et du circuit fermé.

b. Caractéristique

déterminée sur la base de l'impédance à circuit ouvert et à circuit fermé, la fréquence étant de $\omega = 5000$:

Maximum $Z = 1607$ ohms	+	1,6 %
Moyenne $Z = 1582$ "		pr. circ. physiques
Minimum $Z = 1552$ "	-	1,9 %
Maximum $Z = 1005$ "	+	1,2 %
Moyenne $Z = 993$ "		pr. circ. combinés
Minimum $Z = 986$ "	-	0,7 %

c. Distorsion.

Mesurée et calculée d'après la formule:

$$\Lambda = \frac{\beta^{\omega} 7000 - \beta^{\omega} 3500}{[\beta^{\omega} 7000 + \beta^{\omega} 3500]} \cdot 200 = \text{distorsion en \%}$$

la distorsion est:

pour la paire 1 de $\Lambda = 6,2 \%$ pour le combiné I
 " " 2 " $\Lambda = 5,5 \%$ de $\Lambda = 3,4 \%$
 " " 19 " $\Lambda = 5,3 \%$ pour le combiné II
 " " 20 " $\Lambda = 5,3 \%$ de $\Lambda = 2,8 \%$

La valeur garantie de 3,5% se trouve dépassée. Il a été constaté que, même par une compensation artificielle très exacte des longueurs initiale et finale,

les valeurs garanties pour circuits physiques et circuits combinés ne peuvent pas être obtenues.

6. Rapport de dépendance entre la Fréquence et l'Impédance du circuit.

Pour la paire de conducteurs 1 et le combiné I, la courbe de l'impédance a été fixée sous forme de fonction de la fréquence et cela dans les conditions suivantes: L'extrémité du câble est fermée sur une impédance équivalant à la caractéristique mesurée à 800 périodes. La longueur initiale de 1380 m à Brigue et la longueur finale de 760 m à Iselle ne sont pas corrigées. Dans ces circonstances la courbe résultant des valeurs de l'impédance et de la fréquence est tout à fait régulière, mais elle accuse des variations considérables dont la cause principale doit être attribuée, sans doute, à la trop courte longueur de la section finale à Iselle et non pas à des irrégularités dans le câble même.

Des essais préliminaires effectués par la Western Electric Co., après adaptation artificielle de la longueur initiale et de la longueur finale à la moitié de la distance qui sépare deux bobines Pupin, ont donné des écarts de 3 % seulement de la courbe moyenne.

Le câble même ne saurait donc manquer d'homogénéité.

7. Influence de l'exploitation électrique du Chemin de fer sur le nouveau câble.

Afin de connaître l'influence de la ligne de contact sur un conducteur du câble, il a été procédé à une série de mesures et de réceptions oscillographiques.

En cas d'une seule aménée du courant d'exploitation (alimentation de la ligne de contact par Iselle) on obtient: 7,0 mvolts par ampère-kilomètre pour l'exploitation au moyen d'une phase seulement et en déduisant la chute de tension de la ligne de contact;

12 mvolts par kilomètre-ampère pour l'exploitation au moyen de 3 phases et en déduisant la chute de tension de la ligne de contact. Les valeurs de tension sans déduction de la chute de voltage de la ligne de contact, valeurs qui entreraient en considération en cas de dérangement du câble, ont également été déterminées. Elles équivalent

à 20 mvolts par ampère-kilomètre pour l'exploitation au moyen d'une phase seulement et
à 35 mvolts par ampère-kilomètre pour l'exploitation au moyen de 3 phases.

Des mesurages exécutés alors que le chemin de fer était en exploitation normale et le conducteur de câble mis à la terre à ses deux extrémités, n'ont jamais donné une tension supérieure à 80 volts. Cette tension correspond à une chute de voltage d'environ 90 volts dans le conducteur téléphonique isolé.

Afin de juger du bruit dont le câble serait éventuellement affecté par l'influence du chemin de fer, les 7 circuits qui empruntent actuellement l'ancien câble ont été raccordés au nouveau câble. Il en est résulté que tous les circuits restés isolés dans ce dernier câble accusaient un bruit qui se manifestait avec un degré d'intensité à peu près égal et sur les circuits physiques et sur les circuits combinés sans, cependant, en entraver l'exploitation. Nous ajoutons que les constatations faites ne permettent nulle-

ment de conclure que les circuits combinés soient influencés à un degré plus perceptible que les circuits physiques. Les mêmes observations ont prouvé, en outre, que, les conditions restant les mêmes, les bruits étrangers perceptibles dans les combinés du nouveau câble n'étaient pas plus forts que ceux qui se manifestent sur les circuits physiques du premier câble.

Isolé aux deux extrémités, le nouveau câble est absolument silencieux, de sorte qu'on peut admettre avec certitude que les bruits étrangers y arrivent par l'intermédiaire des circuits aériens. Par mesure de précaution, le câble doit, du reste, être séparé de la ligne aérienne tant à Brigue qu'à Iselle par des bobines de translation, ce qui aura également pour effet de réduire sensiblement l'intensité du bruit.

Ajoutons encore que le nouveau câble, qui servira exclusivement à l'exploitation téléphonique — l'ancien câble Krarup sera destiné au télégraphe — a été livré:

le tronçon suisse: par la Société d'Exploitation de câbles électriques, Cortaillod,
le tronçon italien: par la S. J. R. T., à Milan,
le tout sous la surveillance de la Western Co. à laquelle incombaient, en outre, la livraison des bobines Pupin et les travaux de jonction et d'équilibrage du câble.

Il résulte des essais ci-dessus que ces entreprises ont rempli leurs engagements à la satisfaction des deux Administrations intéressées.

Il nous paraît intéressant de comparer ici les mesures effectuées, en 1906, sur l'ancien câble du Simplon, qui se compose de 7 circuits krarupés (voir Journal télégraphique Nos 1 et 2 de 1907, article de Mr. le Professeur Dr. G. Di Pirro, Directeur général de l'Institut supérieur des Postes et Télégraphes à Rome) avec les résultats obtenus sur le nouveau câble. Nous mentionnerons encore que chaque conducteur de l'ancien câble est constitué par 3 fils de cuivre de 1 mm tordus ensemble, formant une section totale de 2,35 mm², tandis que le nouveau câble se compose de conducteurs de 1 mm de diamètre seulement avec une section de 0,785 mm².

	Câble Krarup ancien câble	Câble Pupin nouveau câble
Mesure d'isolement moyenne par km; T = 15° C	4,000 Még Ω	33,150 Még Ω
Mesure de la Résistance d'un circuit; T = 15° C	319 Ω	1065 Ω
Par km: T = 15° C	16,23 Ω y compris les bobines	47,9 Ω
Capacité mutuelle du lacet par km	0,042 MF	0,036 MF
Self induction du lacet par km	0,0080 H	0,0885 H
Constante d'amortissement d'un circuit physique:		
a) amortissement spécifique β	0,0177	0,0165
b) amortissement total bl	0,3938	0,3671

Il ressort de ces quelques chiffres que l'affaiblissement de la voix sur le nouveau câble, sera, grâce à l'insertion, dans les conducteurs, de bobines de self et, quoique le poids du cuivre n'atteigne que le tiers de celui de l'ancien câble, *inférieur* à celui provoqué par les circuits krarupés.

Ce qui parle aussi en faveur du procédé Pupin, c'est le fait qu'il est, avec quelques précautions, possible — les chiffres figurant ci-dessus, sous 3, le confirment — d'obtenir des circuits physiques et combinés parfaitement équilibrés et exploitables, résultat qui ne saurait être atteint avec un câble du système Krarup. Sans vouloir prédire une mort prochaine et certaine aux câbles construits selon le système Krarup, nous ne croyons cependant pas qu'il soit hasardeux de prétendre ici, qu'il en est du système Krarup comme de la Télégraphie et de la Téléphonie sans fil. Son emploi restera restreint et n'aura lieu que dans des cas particuliers où, par suite de conditions locales, d'obstacles naturels, etc. (câbles sous-marins et lacustres) l'installation d'un câble Pupin rencontrera de grandes difficultés. Il n'est cependant pas exclu que les progrès encore à réaliser dans le champ nouveau des relais amplificateurs puissent modifier, dans quelques années, nos conclusions, non pas en faveur du système Krarup, mais plutôt d'un câble encore meilleur marché, composé de circuits à faible diamètre sans charge de self ou autres

appareils brevetés qui, par suite de leur prix élevé, forment aujourd'hui encore un obstacle à l'extension plus rapide des réseaux de câbles, pourtant si nécessaire dans tous les pays du continent.

En terminant, nous formulons le vœu que le nouveau câble, prêt à être exploité, pourra bientôt recevoir les nouvelles liaisons stipulées dans le contrat, à savoir les liaisons: Milan-Genève, Milan-Berne et le combiné Milan-Bâle II, formé des circuits physiques Milan-Berlin et Milan-Bâle. L'ancien câble, entièrement occupé, sera libéré de tous les circuits téléphoniques, soit les circuits Milan-Lausanne, Milan-Bâle, Milan-Francfort/Berlin et Domodossola-Brigue. Nous obtiendrons ainsi une occupation de 3 sur 7 circuits pour le câble Krarup qui reste réservé à l'exploitation télégraphique et une telle de 6 sur 20 circuits physiques et un sur 10 circuits combinés pour le câble Pupin.

Sans vouloir affirmer que la nouvelle installation suffira pour toujours aux besoins du trafic passant par la voie du Simplon, nous ne croyons cependant pas qu'il soit téméraire de prétendre que les réserves obtenues par l'adjonction du deuxième câble permettront de faire face, pendant de longues années, au développement du trafic télégraphique et téléphonique qui s'échange entre l'Italie, la Suisse et les pays limitrophes. *M.*

Massnahmen zur Vermeidung störender Einwirkungen der Hochspannungs-Wechselstrombahnen auf die Telegraphen- und Telephonleitungen.

Von Ing. E. Trechsel, Bern.

In der Schweiz kommen zur Zeit für die Beurteilung der Störungsfragen folgende mit hochgespanntem Einphasen-Wechselstrom elektrifizierte Bahnenlinien in Betracht:

Mit 15,000 Volt und $16\frac{2}{3}$ Perioden:

Die *Bundesbahnenlinien* Luzern - Chiasso (Gotthardbahn) und Bern-Thun; die Linien der *Berner-Alpenbahn-Gesellschaft* Spiez-Brig (Lötschbergbahn), Thun-Interlaken, Spiez-Zweisimmen, Bern-Belp-Thun und Bern-Schwarzenburg.

Mit 10,000 Volt und $16\frac{2}{3}$ Perioden:

Die Linien der Rhätischen Bahngesellschaft, Chur-Landquart-Davos, Chur-Filisur-St. Moritz, St. Moritz-Schuls, Davos-Filisur und Reichenau-Disentis.

Die Massnahmen, die zur Vermeidung störender Einwirkungen des Hochspannungs-Bahnbetriebes auf die staatlichen Telegraphen- und Telephonlinien getroffen wurden, und die angestellten Versuche haben bisher zu den nachstehend zusammengestellten Wahrnehmungen geführt:

1. Längere Parallelführungen mit geringem seitlichem Abstand zwischen Schwachstromleitungen und Hochspannungs-Fahrleitungen müssen im Interesse eines störungsfreien Betriebes der Telegraphen- und Telephonanlagen soweit als irgend möglich vermieden werden. Die Schweiz. Telegraphen- und Telephonverwaltung hat deshalb ihre vor der Elektrifikation längs den Bahnen geführten Leitungen gänzlich wegverlegt, und zwar zum Teil in unter-

irdische Kabel und zum Teil auf neu erstellte Freileitungsgestänge. Der Abstand der Freileitungsgestänge von den Fahrleitungen beträgt nun im Minimum 20 m, misst aber in der Regel mehrere 100 m und übersteigt oft sogar das Mass von 1000 m. Das Minimum von 20 m wurde nur ausnahmsweise auf ganz kurzen Strecken zugelassen, wo die engen Alpentäler die Einhaltung eines grössern Abstandes nicht gestatteten. Die unterirdischen Kabel wurden ebenfalls in reichlich grosser Entfernung von der Bahn geführt; jedoch mussten dieselben auf den Tunnelstrecken (Gotthard- und Lötschberg-Tunnel) in den Tunnels selbst untergebracht werden, da eine andere Führung nicht möglich war. Die in Bahntunneln untergebrachten Kabel weisen indes, infolge des geringen Abstandes von der Bahn, sehr beträchtliche Induktions-Spannungen auf, welche zur möglichsten Vermeidung solcher Annäherungen mahnen.

2. Einfachdrähtige Stromkreise mit Erd-Rückleitung sind nicht mehr betriebsfähig, sobald sie ganz oder teilweise im Einflussbereich von Hochspannungsbahnen verlaufen. Sämtliche Telegraphen- und Telephonleitungen mussten deshalb doppeldrähtig angelegt werden. Auch die Telegraphenstromkreise mit Erd-Rückleitung, welche unter Simultanschaltung auf Telephonleitungen angeordnet waren, mussten durch unabhängige, metallische Doppel-Leitungen ersetzt werden.

3. Die störenden Einwirkungen der Induktionsströme wurden durch vermehrte Kreuzungen der