

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: 3 (1925)

Heft: 3

Artikel: Câbles aériens

Autor: [s. n.]

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-873902>

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: 24.02.2026

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

Jahrgang
Année
Anno } III

Nº 3

Bern, den
Berne, le
Berna, il } 1. VI. 1925

Technische Mitteilungen

der schweizerischen Telegraphen- und Telephon-Verwaltung

Bulletin Technique

de l'Administration des
Télégraphes et des Téléphones suisses

Herausgegeben im Auftrage
der Obertelegraphendirektion



Bollettino Tecnico

dell' Amministrazione dei
Telegrafi e dei Telefoni svizzeri

Publié par ordre de la
Direction Générale des Télégraphes

Pubblicato per ordine della
Direzione Generale dei Telegrafi

Câbles aériens.

Toujours à nouveau se pose la question: „admettra-t-on, à l'avenir, à côté des câbles souterrains aussi des câbles aériens“? Quoique pour le réseau interurbain on se trouve aujourd'hui devant un fait quasi accompli — la canalisation en tuyaux à travers la Suisse soit de Genève à St-Gall ayant été terminée l'année dernière — ce sujet n'en présente pas moins aujourd'hui encore un grand intérêt pour l'administration. Si le principe, excellent en soi, que les grandes artères interurbaines, munies d'amplificateurs doivent être mises sous terre demeure intangible, il reste toujours le développement grandissant des lignes d'abonnés, celles-ci utilisant très souvent les routes, où elles sont exposées à des bris d'isolateurs et à des contacts avec des branches d'arbres. Les dérangements sont assez fréquents, mais aussi longtemps qu'il s'agissait de lignes exploitées en B. L., ceux-ci étaient supportables et l'exploitation s'en accommodait. Aujourd'hui, où la B. L., pour des raisons économiques, disparaît petit à petit pour faire place à l'exploitation B. C. ou automatique, le problème se pose différemment. Une perte ou un mélange dans une ligne provoque la décharge de la batterie commune et, si cette décharge est assez forte, le fonctionnement du relais d'appel. Dans les stations automatiques où la tension de la batterie est portée de 24 à 48 ou à 60 volts, ces défauts se manifesteront dans une plus large mesure, sans parler du fonctionnement des organes d'appel (pré-selecteurs, chercheurs de lignes) et du blocage d'un sélecteur de groupe ou d'un registre.

Pour les bureaux de II^e et III^e classe et les succursales d'un grand office souvent abandonnés à eux-mêmes pendant des jours, de pareils dérangements peuvent avoir des conséquences assez graves, puisqu'ils peuvent plus ou moins bloquer leur exploitation. Outre ces facteurs, qu'on ne saurait négliger dans une exploitation moderne et bien ordonnée, il en est un autre qui exige impérieusement un isolement parfait et un équilibrage constant des fils a et b d'un circuit: c'est l'induction causée par les courants industriels. Ces troubles qui, en Suisse surtout, jouent depuis longtemps un rôle important, vont s'aggraver encore avec l'électrification de nos chemins de fer et l'extension des lignes de tramways

ou chemins de fer secondaires. De plus en plus l'administration devra chercher, par des constructions appropriées, à obtenir des lignes stables, bien isolées et bien équilibrées, en se rendant indépendante des influences des saisons et des conditions météorologiques.

Ce but ne peut être atteint que par un développement croissant de nos installations de câbles, car on ne saurait songer à un échange des fils de bronze nu par des fils isolés (p. ex. fils Hackethal), qui se modifient aussi sous l'action des intempéries, acides, etc. D'autre part, la mise sous terre de toutes les lignes d'abonnés d'importance moyenne ou secondaire entraînerait des frais hors de proportion avec le but à atteindre, et notre administration, qui doit faire face à d'autres charges importantes, ne serait pas en mesure de les supporter sans mettre l'équilibre de son budget en péril. Ce problème prend une autre face dès que l'on envisage l'utilisation des installations *existantes* et le remplacement des fils nus par un câble aérien. Les frais pour les conduites tombent et l'entretien de la ligne aérienne devient minime et facile.

L'idée de poser des câbles aériens pour les communications d'abonnés, voire même interurbaines, n'est pas nouvelle. Les Américains sont, depuis fort longtemps, maîtres dans l'art et quoiqu'on n'approuve généralement pas ce procédé pour les longues communications téléphoniques munies de relais amplificateurs, on peut cependant dire que ce genre de montage a fait ses preuves. Les Suédois, gens pratiques, économes et avisés, sachant tirer de la technique tous les avantages qu'elle peut offrir, ne posent en terre que les lourds câbles au delà de 200×2 conducteurs. Les câbles secondaires sont en l'air et les mêmes appuis servent à la distribution aérienne des faubourgs peu peuplés. D'autres pays ont adopté des procédés analogues, mais l'administration suédoise est sans doute la première, en Europe, qui ait poursuivi ce problème depuis de nombreuses années avec méthode et en parfaite connaissance de cause. En Suisse, on a fait un essai timide en 1923, en posant entre Thoune et Spiez, sur la ligne aérienne, un câble à 14 paires pour obtenir une ligne plus homogène entre Thoune et Interlaken.

Cet essai n'a pas donné de mauvais résultats jusqu'à ce jour, mais il serait quelque peu téméraire de tirer de ce cas isolé des conclusions positives déjà maintenant, ceci d'autant moins qu'il s'agit là d'un vieux câble n'ayant pas été construit pour ce but. Nous savons aussi que chez nous, en général, on regarde ce procédé avec une certaine méfiance et que le personnel préposé au service de construction n'a guère montré beaucoup d'enthousiasme pour le développer. Les objections qu'on élève contre ce système de construction sont multiples et peuvent se résumer comme suit:

1° Les câbles aériens sont laids, et gâtent l'aspect du paysage.

2° Les câbles se détériorent plus vite, parce que exposés aux oscillations et aux intempéries; ils sont exposés, en outre, aux actes de vendales et de mauvais plaisants (coups de feu, coupures, etc.), ce qui diminue la sécurité d'exploitation. De plus, en cas de troubles, grèves, etc., il est facile de démolir des installations de ce genre.

3° On prétend que l'expérience d'autres pays prouve que les câbles aériens sont exposés aux mêmes inconvénients que les lignes aériennes en cas de surcharge de neige, givre, ouragans, etc., et que la rupture d'un câble aérien peut avoir des conséquences plus graves que c'est maintenant le cas avec une ligne aérienne.

4° Finalement, on trouve qu'une canalisation souterraine présente beaucoup plus de garanties pour le maintien en bon état et la durée des circuits téléphoniques, sans coûter plus cher qu'un câble aérien.

Ce sont là des affirmations qui peuvent avoir un petit fond de vérité, mais nous estimons les avantages du système envisagé tellement supérieurs au procédé actuel qu'il vaut la peine de fouiller de plus près les arguments de l'opposition.

ad 1° Nous admettons d'emblée qu'un câble aérien n'embellit pas le paysage, mais il ne le défigure pas davantage qu'une ligne aérienne, dont la présence oblige bien souvent à tailler, voire à abîmer des arbres d'ornement, arbres fruitiers, etc. En limitant l'usage des câbles aériens aux cas intéressants, où parallèlement à la canalisation souterraine il faut encore maintenir une ligne aérienne pour la distribution des circuits d'abonnés et autres cas similaires, il est certain que la préservation du paysage est pour le moins tout autant garantie que par des lignes aériennes pures. D'autre part, qu'on le veuille ou qu'on ne le veuille pas, on est obligé aujourd'hui, avec les exigences sans fin émises par divers gouvernements cantonaux pour la remise en état des chaussées, exigences qui atteignent chaque année des sommes considérables, de chercher à réduire sinon à éviter ces faux frais, ceci d'autant plus que personne ne sait gré à l'administration des charges qu'elle consent librement en mettant ses lignes principales sous terre. Ce qu'elle a fait dans cette direction pour embellir le paysage a été défait presqu'en même temps par l'établissement des lignes de transport d'énergie!

ad 2° Il est certain que les anciennes installations de câbles aériens laissaient à désirer, ce qui a provoqué une usure plus rapide de la gaine de plomb. Les anneaux de suspension étaient mal conditionnés, et s'enfonçaient dans la gaine. Ils étaient en général trop écartés les uns des autres et le câble se tordait ou se pliait entre deux brides. La cordelette de suspension était généralement fixée au poteau même, au lieu d'en être séparée par une certaine distance, afin de permettre les oscillations du câble sans heurter chaque fois un corps rigide. Il est indispensable que le câble, sur tout son parcours, puisse se mouvoir librement sans être gêné par un obstacle quelconque, afin d'éviter des efforts transversaux, pouvant provoquer, par la suite, des fentes longitudinales ou rendre la gaine de plomb cassante.

Les anneaux de suspension doivent être larges, bien conditionnés, et, pour éviter toute action chimique entre la gaine de plomb et le métal de la bride de suspension, il est recommandable d'entreposer un anneau de plomb entre ces deux corps, ce qui donne en même temps à la bride une meilleure assise. Il est possible, même probable, que les câbles aériens soient exposés aux actes de vendales et de mauvais plaisants. Un câble est une cible pour un tireur comme l'isolateur en est une pour les gamins! On peut voler aussi facilement des fils de bronze qu'un câble aérien mais cela n'empêche nullement la construction des lignes aériennes. Les câbles souterrains sont aussi exposés à des détériorations en cas de travaux de terrassement et autres, et personne ne songe à abandonner complètement ce mode de pose, à cause de cet inconvénient. En cas de troubles, il est tout aussi facile de descendre dans une chambre et d'y couper les câbles que de monter sur un poteau pour y faire la même opération. D'ailleurs, il n'est pas possible d'approprier nos installations aux cas exceptionnels; il faut, avant tout, considérer le côté pratique et le rendement des capitaux investis.

ad 3° En ce qui concerne la sécurité mécanique des installations aériennes, il est facile de prouver, par des calculs, qu'une ligne de câble aérien présente une sécurité plus grande qu'une ligne aérienne avec le même nombre de fils.

Pour établir cette preuve, nous prenons comme base de calcul les nouvelles prescriptions sur la construction des lignes aériennes et admettons la portée normale de 40 m.

1. Dimensions et poids des câbles d'abonnés

a) Comportant des conducteurs de 0,8 mm de diam.

| Nombre des conducteurs | Diamètre extérieur de la gaine de plomb | Poids par mètre de câble |
|------------------------|---|--------------------------|
| 20 × 2 | 22 mm | 1,8 kg |
| 40 × 2 | 29 mm | 2,5 kg |
| 60 × 2 | 34 mm | 3,7 kg |
| 80 × 2 | 38 mm | 4,3 kg |

b) Comportant des conducteurs de 0,6 mm de diam.

| Nombre des conducteurs | Diamètre extérieur de la gaine de plomb | Poids par mètre de câble |
|------------------------|---|--------------------------|
| 20 × 2 | 18 mm | 1,5 kg |
| 40 × 2 | 23 mm | 2,0 kg |
| 60 × 2 | 26 mm | 2,4 kg |
| 80 × 2 | 31 mm | 3,3 kg |

2. Dimensions, coefficient de sécurité, poids spécifiques virtuels de la corde de suspension.

a) Corde de suspension composée de 7 fils d'acier de 2 mm de diamètre.

La charge de rupture de chaque fil doit atteindre au minimum $14,000 \text{ kg par cm}^2$. Pour la corde entière, elle sera dès lors de $0,95 \text{ kz} = 13,300 \text{ kg/cm}^2$. La plus grande charge spécifique ne devra pas dépasser $\frac{13,300}{2} = 6650 \text{ kg/cm}^2$ et celle admise à -20° C ,

$\frac{13,300}{6} = 2220 \text{ kg/cm}^2$. La section de la corde d'acier

sera de $7 \times 3,14 = 22 \text{ mm}^2$ et sa charge de rupture absolue de $0,22 \times 13,300 = 2926 \text{ kg}$.

La corde a un diamètre de 6 mm à peu près et pèse $0,25 \cdot 7 = 0,175 \text{ kg par m}$. Quant à la pression du vent, elle comporte, par mètre de corde, $0,006 \cdot 1 \cdot 50 = 0,3 \text{ kg}$. Le tableau ci-après montre ce qu'elle est par mètre de câble:

| Conducteurs de 0,8 mm | | Conducteurs de 0,6 mm | |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Nombre | Pression du vent par mètre de câble | Nombre | Pression du vent par mètre de câble |
| 20 × 2 | 1,10 kg | 20 × 2 | 0,90 kg |
| 40 × 2 | 1,45 kg | 40 × 2 | 1,15 kg |
| 60 × 2 | 1,70 kg | 60 × 2 | 1,30 kg |
| 80 × 2 | 1,90 kg | 80 × 2 | 1,55 kg |

La corde d'acier a un poids spécifique de $7,95 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$. La neige adhérente pèse $0,8 \text{ kg par mètre de corde et autant par m de câble}$, soit en tout $1,6 \text{ kg}$. Les poids spécifiques virtuels suivants servent de base pour déterminer la contrainte de traction de la corde:

I II III
 $\gamma_{\text{Corde+câble}}$ $\gamma_{\text{Corde+câble+vent}}$ $\gamma_{\text{Corde+câble+neige}}$
 Les valeurs des poids spécifiques virtuels sont indiquées dans le tableau ci-dessous:

| Type de câble | $\gamma_{\text{Corde+câble}}$ | $\gamma_{\text{Corde+câble+vent}}$ | $\gamma_{\text{corde+câble+neige}}$ | $\gamma_{\text{Corde+câble}}$ |
|---------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 20×2 | $89,8 \cdot 10^{-3}$ | $111,0 \cdot 10^{-3}$ | $162,1 \cdot 10^{-3}$ | 0,55 |
| | 121,2 „ | 145,5 „ | 194,2 „ | 0,62 |
| | 176,0 „ | 198,0 „ | 249,0 „ | 0,71 |
| | 203,0 „ | 227,0 „ | 276,0 „ | 0,74 |
| 40×2 | 76,3 „ | 93,8 „ | 149,0 „ | 0,51 |
| | 98,8 „ | 119,0 „ | 171,5 „ | 0,57 |
| | 117,0 „ | 137,5 „ | 190,0 „ | 0,61 |
| | 157,8 „ | 179,0 „ | 230,5 „ | 0,68 |

La plus grande contrainte se manifeste donc lorsque la corde est recouverte d'un dépôt de neige. Le coefficient d'élasticité de chaque fil figure dans le calcul par $0,8 E$; il comporte donc $0,8 \cdot 2,2 \cdot 10^6 = 1,76 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$. La charge maximum de la corde d'acier, à la température de 0° C . et supportant le câble et la neige, se détermine d'après la formule suivante:

$$\begin{aligned} p^3 + p^2 & \left(\frac{7,95^2 \cdot 10^{-6} \cdot 4000^2 \cdot 1,76 \cdot 10^6}{24 \cdot 2220^2} + \right. \\ & \left. + \{0 - (-20)\} 11 \cdot 10^{-6} \cdot 1,7610^6 - 2220 \right) = \\ & = \frac{4000^2 \cdot 1,76 \cdot 10^6}{24} \gamma_{\text{neige}}^2 10^{-6}. \end{aligned}$$

ou $p^3 - 1817,8 p^2 = 1,172 \gamma_{\text{neige}}^2$.

Les tractions maximums par cm^2 de section de corde, calculées pour les différents câbles sont indiquées dans le tableau suivant:

| Type de câble | Traction maximum de la corde à 0° et neige | Coefficient de sécurité de la corde de suspension avec charge de neige |
|---------------|---|--|
| 20×2 | 3870 kg/cm ² | S = 3,4 |
| | 4260 „ | S = 3,1 |
| | 4870 „ | S = 2,7 |
| | 5180 „ | S = 2,56 |
| 40×2 | 3700 „ | S = 3,6 |
| | 3990 „ | S = 3,3 |
| | 4210 „ | S = 3,16 |
| | 4670 „ | S = 2,85 |

b) Corde de suspension composée de 5 fils d'acier de 2 mm de diamètre.

La corde comporte une section de $5 \times 3,14 = 15,7 \text{ mm}^2$ et une charge de rupture absolue de $0,157 \cdot 13,300 = 2090 \text{ kg}$. Son diamètre est de 5 mm à peu près et son poids par mètre de $0,25 \times 5 = 0,125 \text{ kg}$. La pression que le vent exerce sur un mètre de corde est de $0,005 \times 1 \times 50 = 0,25 \text{ kg}$. Quant aux poids spécifiques virtuels, ils ressortent du tableau suivant:

| Type de câble | $\gamma_{\text{Corde+câble}}$ | $\gamma_{\text{Corde+câble+vent}}$ | $\gamma_{\text{Corde+câble+neige}}$ | $\gamma_{\text{Corde+câble}}$ |
|---------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 20×2 | $122,5 \cdot 10^{-3}$ | $150,0 \cdot 10^{-3}$ | $224,0 \cdot 10^{-3}$ | 0,55 |
| | 174,0 „ | 204,0 „ | 276,0 „ | 0,63 |
| | 244,0 „ | 274,0 „ | 346,0 „ | 0,71 |
| | 282,0 „ | 314,0 „ | 384,0 „ | 0,74 |
| 40×2 | 103,0 „ | 127,0 „ | 205,0 „ | 0,495 |
| | 135,0 „ | 162,0 „ | 237,0 „ | 0,57 |
| | 161,0 „ | 189,0 „ | 263,0 „ | 0,61 |
| | 218,0 „ | 246,0 „ | 321,0 „ | 0,68 |

Les différentes charges seront égales à:

$$p^3 - 1817 p^2 = 1,172 \gamma_{\text{neige}}^2$$

| Type de câble | Charge maximum de la corde à 0° et neige | Coefficient de sécurité de la corde de suspension avec dépôt de neige |
|------------------------------|--|---|
| 20×2 40×2 60×2 80×2 | 4600 kg/cm ² | S = 2,9 fois |
| | 5160 " | S = 2,58 |
| | 5880 " | S = 2,26 |
| | 6250 " | S = 2,13 |
| 20×2 40×2 60×2 80×2 | 4400 " | S = 3,0 |
| | 4750 " | S = 2,8 |
| | 5030 " | S = 2,65 |
| | 5630 " | S = 2,36 |

c) Corde de suspension composée de 4 fils d'acier de 2 mm de diamètre.

Section = 12,55 mm².

Résistance à la rupture absolue = 12,55 · 13,300 = 1575 kg. Diamètre = 5 mm; poids = 0,1 kg.

| Type de câble | γ Corde + câble + neige | σ max. | Sécurité S | γ Corde + câble | γ Corde + câble + neige |
|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------|------------------------|--------------------------------|
| 20×2 40×2 60×2 80×2 | 279 · 10 ⁻³ | 5230 kg/cm ² | 2,54 | 153 · 10 ⁻³ | 0,55 |
| | 335 " | 5780 " | 2,30 | 207 " | 0,62 |
| | 430 " | 6680 " | 1,99 | 303 " | 0,70 |
| | 478 " | 7120 " | 1,86 | 351 " | 0,74 |
| 20×2 40×2 60×2 80×2 | 255 " | 4950 " | 2,68 | 127,5 " | 0,50 |
| | 295 " | 5370 " | 2,48 | 167 " | 0,57 |
| | 327 " | 5690 " | 2,34 | 199 " | 0,61 |
| | 398 " | 6380 " | 2,08 | 271 " | 0,68 |

d) Corde de suspension formée de 3 fils d'acier de 2 mm de diamètre. Section = 9,42 mm², résistance à la rupture = 1250 kg, diamètre = 4 mm, poids = 0,075 kg.

| Type de câble | γ corde+câble +neige | σ max | sécurité s |
|------------------------------|-----------------------------|--------------|------------|
| 20×2 40×2 60×2 | 369 · 10 ⁻³ | 6100 | 2,18 |
| | 443 · 10 ⁻³ | 6800 | 1,95 |
| | > 443 · 10 ⁻³ | > 6650 | < 2,0 |
| | 337 · 10 ⁻³ | 5530 | 2,4 |
| 20×2 40×2 60×2 80×2 | 390 · 10 ⁻³ | 6300 | 2,11 |
| | 433 · 10 ⁻³ | 6710 | 1,98 |
| | > 433 · 10 ⁻³ | > 6650 | < 2,0 |

3. Flèches à la température de 0° C.

La charge de la corde à 0°, sans neige, et sans neige et sans câble, se détermine d'après les formules suivantes:

$$\text{I. } p^3 - 1817 p^2 = 1,172 \gamma^2 \text{ corde + câble.}$$

$$\text{II. } p^3 - 1817 p^2 = 1,172 \gamma^2 \text{ corde.}$$

La température équivalente se calcule suivant:

$$t = \frac{\sigma_{\max}}{19,4} \left(1 - \frac{\gamma_{\text{corde + câble}}}{\gamma_{\max}} \right)$$

Les valeurs correspondantes sont portées sur le tableau suivant:

a) Corde de suspension de 22 mm² de section.

| Type de câble | Température équivalente | Charge à 0° sans neige | Charge à 0° sans câble | Valeurs des flèches à 0° | | |
|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| | | | | avec neige max. | sans neige | sans neige et sans câble |
| 20×2 | 90 | 2910 kg/cm ² | 1840 kg/cm ² | 84 cm | 62 cm | 9 cm |
| 40×2 | 83 | 3350 " | pour toutes les cordes | 91 " | 72 " | pour chaque corde |
| 60×2 | 73 | 4050 " | | 102 " | 87 " | |
| 80×2 | 69 | 4360 " | | 109 " | 93 " | |
| 20×2 | 93 | 2700 " | | 80 " | 57 " | à — 20° |
| 40×2 | 88 | 3050 " | | 86 " | 65 " | = 7 cm |
| 60×2 | 85 | 3300 " | | 90 " | 71 " | |
| 80×2 | 77 | 3820 " | | 98 " | 83 " | |

b) Corde de suspension de 15,7 mm de section.

| Type de câble | Température équivalente | Charge à 0° sans neige | Flèche à 0° sans neige | Flèche à 0° et neige |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|
| 20×2 40×2 60×2 80×2 | 106 | 3370 kg/cm ² | 73 cm | 97 cm |
| | 98 | 4020 " | 87 " | 107 " |
| | 88 | 4820 " | 101 " | 118 " |
| | 84 | 5230 " | 108 " | 123 " |
| 20×2 40×2 60×2 80×2 | 115 | 3100 " | 67 " | 93 " |
| | 105 | 3550 " | 77 " | 100 " |
| | 101 | 3860 " | 84 " | 105 " |
| | 93 | 4550 " | 96 " | 114 " |

c) Corde de suspension de 12,55 mm² de section.

| Type de câble | Température équivalente | Charge à 0° sans neige | Flèche à 0° sans neige | Flèche à 0° et neige |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|
| 20×2 40×2 60×2 80×2 | 121 | 3780 kg/cm ² | 81 cm | 107 cm |
| | 113 | 4410 " | 94 " | 116 " |
| | 103 | 5450 " | 111 " | 128 " |
| | 96 | 5930 " | 118 " | 134 " |
| 20×2 40×2 60×2 80×2 | 128 | 3450 " | 74 " | 103 " |
| | 119 | 3930 " | 85 " | 110 " |
| | 114 | 4310 " | 92 " | 115 " |
| | 105 | 5110 " | 106 " | 125 " |

Si l'on compare entre elles les résistances à la rupture et les flèches des différentes cordes, on remarque que c'est la corde „b“ qui répond le mieux aux circonstances. Elle peut être utilisée pour tous les câbles prévus et donne des flèches maximums qui varient entre 97 et 123 cm (lorsqu'il y a un dépôt de neige). Les flèches normales, à 0° C, passeraient de 73 à 108 cm. L'utilisation du plus petit numéro de corde permettrait de réaliser une économie de 25 fr. seulement par km, équivalente à 25 kg de fil d'acier; mais le coût plus considérable de la corde „b“ est plus que compensé par le fait que des extensions sont réalisables sans autre. L'analyse suivante des conditions sous-entend l'emploi de cordes de suspension à 5 fils d'acier de 2 mm.

4. Charge latérale admissible.

Lorsqu'il s'agit de portées de 40 mètres, la somme de tous les diamètres ne doit pas dépasser 60 mm.

Le tableau suivant indique combien de fils de 1,5 mm il est admissible d'ajouter en plus du câble et de la corde de suspension.

| Câble | | diamètre restant disponible en mm | Nombre des fils admissibles en plus du câble | |
|-------|---------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------|
| Type | diamètre plus celui de la corde | | | |
| 0,8 | 20×2 | 27 mm | 33 mm | 22 5×4 |
| | 40×2 | 34 „ | 26 „ | 17,3 4×4 |
| | 60×2 | 39 „ | 21 „ | 14,0 3×4 |
| | 80×2 | 43 „ | 17 „ | 11,3 2×4 |
| 0,6 | 20×2 | 23 „ | 37 „ | 24,7 6×4 |
| | 40×2 | 28 „ | 32 „ | 21,8 5×4 |
| | 60×2 | 31 „ | 29 „ | 19,3 4×4 |
| | 80×2 | 36 „ | 24 „ | 16,0 4×4 |

L'emploi de câbles aériens permettrait donc d'augmenter les capacités des aéries aériennes de **100, 200** jusqu'à **300 %**.

5. Flambage des poteaux (Effort d'écrasement).

Hauteur minimum du câble au-dessus du sol = 5 m
Flèche maximum = 0,97 m
Hauteur des traverses = 1,40 m
Profondeur de plantation = 1,40 m
Total: = 8,77 m

Il faut donc prévoir des poteaux de 9 mètres. Diamètre de la section d'encaissement = 18 cm. Point d'application de la résultante des poids à 6,6 m du sol. Le poids admissible sera alors de

$$G_{t \text{ admissible}} = \frac{\pi^2}{2} \cdot \frac{100.000}{660^2} \cdot \frac{\pi}{64} \cdot \frac{1}{2.5} = 2300 \text{ kg.}$$

Le poids entrant en jeu dans le cas le plus défavorable (câble 80×2, 0,8 + 20 Br 1½) sera de $G = 40(4,3 + 1,6 + 0,125 + 20(0,015 + 0,8)) = 893$ kg. Poids du support d'isolateurs 107 kg environ. $G_{\text{effectif}} = 1000$ kg.

La contrainte de sécurité au flambage sera donc de 5,7; l'appui satisfait donc aux exigences que comportent les efforts qui s'exercent dans le sens vertical.

6. Appuis d'angle.

La traction maximum de la ligne ressort du tableau suivant:

| Type de câble | Traction de la corde à 0° et neige | Traction des fils à 0° et neige | Traction totale de la ligne |
|---------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 0,8 | 20×2 | 717 kg | $20 \cdot 108 = 2160$ |
| | 40×2 | 805 „ | $16 \cdot 108 = 1730$ |
| | 60×2 | 918 „ | $12 \cdot 108 = 1300$ |
| | 80×2 | 975 „ | $8 \cdot 108 = 864$ |
| 0,6 | 20×2 | 686 „ | $20 \cdot 108 = 2160$ |
| | 40×2 | 740 „ | $20 \cdot 108 = 2160$ |
| | 60×2 | 785 „ | $16 \cdot 108 = 1730$ |
| | 80×2 | 880 „ | $16 \cdot 108 = 1730$ |

On suppose que l'angle minimum d'écartement du poteau et de la contrefiche ou du hauban est de 26°, d'où $\operatorname{tg} \alpha = 0,5$, c'est-à-dire que l'écartement au ras du sol est égal à la moitié de la hauteur de l'appui.

a) Angle de ligne = 165°.

La résultante de la tension maximum que les fils exercent sur l'appui d'angle sera de:

$$R = 2900 \cdot 2 \cdot \cos \frac{165}{2} = 758 \text{ kg.}$$

I. Appui d'angle haubanné.

L'effort de traction exercé sur le hauban est de $Z = \frac{758}{\sin 26^\circ} = 1700$ kg, et le hauban doit avoir une section de $F = \frac{1700}{2000} = 0,85 \text{ cm}^2$, correspondant à un diamètre de 1,2 cm.

La pression sur le poteau haubanné est:

$$V = 758 \operatorname{cotg} 26^\circ = 1500 \text{ kg} + G = 2500 \text{ kg.}$$

La pression admissible sur un poteau haubanné est de $V_{\text{adm.}} = 40 \frac{J}{l^2} = 40 \frac{2485}{6,5^2} = 2400 \text{ kg}$, et la contrainte de sécurité au flambage =

$$S_k = \frac{2400}{2500} \cdot 2,5 = 2,4.$$

Pour le fixage du hauban en terre, on se servira d'une dalle carrée en béton armé, de 0,5 m de côté, qu'on enterrera à 1,6 mètre de profondeur.

Le cône de terre à soulever par la plaque aura un poids de

$E = 1600 \cdot 1,6 \left[0,5^2 + (0,5 + 0,5) 0,4 \cdot 1,6 + 0,913 \cdot 1,6^2 \right] = 3700 \text{ kg}$ et la contrainte de sécurité à l'arrachage du hauban sera de $S = \frac{3700}{1700} = 2,17$.

II. Appui d'angle contrefiché.

La compression de la contrefiche est

$$D = \frac{718}{\sin 26^\circ} = 1700 \text{ kg.}$$

La compression admissible ressort de la formule suivante:

$$D_{\text{adm.}} = 79 \frac{2485}{7^2} = 4000 \text{ kg.}$$

La sécurité au flambage sera donc

$$S = \frac{4000}{1700} \cdot 2,5 = 5,9.$$

L'effort de traction exercé sur le poteau contrefiché est $Z = 758 \operatorname{cotg} 26^\circ = 1500 \text{ kg} - G = 500 \text{ kg}$. Un poteau bien calé supporte à peu près le double de cette charge.

L'effort de compression spécifique, supporté par le sol sur lequel repose la contrefiche ressort à

$$\sigma = \frac{1700}{283} = 6 \text{ kg/cm}^2$$

c'est-à-dire reste dans les limites admises après déduction du frottement du poteau.

b) Angle de ligne 150° .

La résultante de la tension maximum que les fils exercent sur l'angle devient:

$$R = 2900 \cdot 2 \cos. \frac{150}{2} = 1500 \text{ kg.}$$

I. Appui d'angle haubanné.

L'effort de traction exercé sur le hauban est de

$$Z = \frac{1500}{\sin. 26^\circ} = 3350 \text{ kg.}$$

Le hauban lui-même et sa fixation en terre peuvent être prévus suffisamment résistants, mais le poteau qui supporte l'effort de compression ne peut être renforcé.

Cet effort sera de

$$V = 1500 \operatorname{Cotg} \alpha = 3000 \text{ kg} + G = 4000 \text{ kg}, \text{ mais}$$

$$V_{\text{adm.}} \text{ est seulement } 40 \frac{2485}{6,5^2} = 2400 \text{ kg et la contrainte}$$

$$\text{de sécurité au flambage } S = \frac{2400}{4000} \cdot 2,5 = 1,5.$$

II. Appui d'angle contrefiché.

L'effort de compression réel exercé sur la contrefiche est de 3350 kg et l'effort de compression admissible de 4000 kg, d'où une contrainte de sécurité

$$\text{au flambage de } S = \frac{4000}{3350} \cdot 2,5 = 3.$$

L'effort de traction supporté par le poteau contrefiché est de:

$$Z = 1500 \operatorname{cotg} = 3000 - G = 2000 \text{ kg.}$$

Il faut munir la base du poteau d'un verrou transversal.

L'effort de compression supporté par le sol où

$$\text{repose la contrefiche est de } \frac{3350}{283} = 11,5 \text{ kg/cm}^2.$$

Il faut donc placer la contrefiche sur une assise de pierres.

Jusqu'à concurrence d'un angle de 165° , les poteaux munis d'une contrefiche ordinaire suffisent aux exigences, tandis que les haubans doivent être constitués par des barres en fer rond et posés sur des dalles.

Entre 165° et 150° , le haubannage d'angle n'est plus admissible, les poteaux devant avoir des verrous transversaux et leurs contrefiches prendre appui sur des dalles de pierre.

Lorsque la ligne forme un angle de moins de 150° , et lorsque l'angle d'écartement de la contrefiche et du poteau est inférieur à 26° , il faut prévoir des constructions spéciales.

ad 4° La question de la sécurité mécanique de telles installations a été examinée sous chiffre 3 et les points à observer pour obtenir un montage convenable ont déjà été développés sous 2. Si dans son ensemble ce montage peut présenter certaines difficultés, il ne faut pas perdre de vue que la construction d'une ligne de transport de force avec portées de 300 à 500 m n'est pas, elle non plus, une opération facile, et pourtant on l'effectue aussi et souvent dans des conditions autrement plus difficiles. Il faut s'installer convenablement et faire en sorte que le câble puisse participer librement à toutes les oscillations provoquées par le vent sans être gêné par

aucun obstacle. On prétend — et les faits le confirment — qu'un câble exposé à des vibrations continues, p. ex. sur un pont métallique, a une durée très limitée ensuite de la cristallisation du plomb, et on en conclut qu'il en sera de même avec un câble aérien. Cette conclusion, par trop hâtive, n'est pas confirmée par la pratique, et il est facile de démontrer que ces deux cas ne peuvent pas être mis en parallèle. Dans le premier cas, il s'agit de trépidations qui se transmettent à la gaine de plomb, soumettant cette dernière à un effort en rapport avec son poids propre. Le câble n'est pas touché en même temps mais seulement au fur et à mesure que la surcharge met le pont en mouvement. Ceci se répète à chaque passage de véhicules lourds. Dans le cas d'un câble aérien, les oscillations sont provoquées essentiellement par le vent. Si le montage est correct, le câble doit pouvoir suivre celles-ci sans être exposé à n'importe quel effort sauf au point de transition, où le câble arrivant du central par voie souterraine, doit nécessairement être fixé à un objet rigide ne pouvant pas prendre part aux oscillations de la partie aérienne. Mais ces points peuvent être appropriés en conséquence, et en y mettant les soins voulus, il est possible de vaincre les difficultés. Il en est de même des dérivations à faire en cours de route et qui ne doivent gêner d'aucune façon les oscillations du câble principal. On prétend aussi que les différences de niveau qui, suivant la topographie des terrains à traverser, peuvent se présenter, exercent un effet néfaste sur la gaine des câbles aériens. Il est évident que l'idéal pour ce genre de montage serait un plan horizontal, puisque le poids propre du câble ne joue dans ce cas aucun rôle. Mais ces cas sont relativement rares en Suisse. Il faut, au contraire, compter avec les différences de niveau et, en montagne, avec une pente plus ou moins régulière, où le poids du câble entre en jeu. Dans les cas de différences de niveau simples et peu prononcées, qui s'équilibrivent sur l'ensemble de la ligne, il faut faire en sorte que le câble puisse se mouvoir librement, soit sur la cordelette de suspension par l'intermédiaire des brides de suspension. *Dans aucun cas le câble ne doit pouvoir glisser dans les brides.* Il en est autrement lorsque la ligne suit une pente d'une certaine longueur, où le poids du câble soumet celui-ci à une traction unilatérale plus ou moins forte, selon son poids propre et la déclivité du terrain. Dans ce cas, le câble doit être fixé de distance à distance d'une façon sûre à la cordelette et former ainsi des arrêts, comme cela se fait pour les lignes aériennes. Dans bien des cas, il est, en outre, indiqué de munir le câble, en plus de la gaine de plomb, d'une armure en rubans d'acier ou de fer. Dans des cas spéciaux, l'intercalation de joints de dilatation peut être envisagée. Les difficultés pour assurer la stabilité de pareilles installations ne sont donc pas insurmontables et n'entraînent pas de grandes dépenses.

L'argument, que la gaine de plomb en contact avec l'air vicié des faubourgs industriels se détériore, ne doit pas être pris au sérieux. Le plomb est un métal plus passif que le cuivre, et les cas où les fils de bronze des installations aériennes se détériorent sous l'action de l'atmosphère viciée sont

extrêmement rares en Suisse; des précautions spéciales sont naturellement indispensables.

Une canalisation de câbles élimine-t-elle tous les défauts qu'on reproche aux câbles aériens? Les défauts de câbles ne se manifestent-ils qu'en l'air et non sous terre? Pour répondre à ces questions, il suffit de jeter un coup d'œil sur les registres des dérangements des offices d'exploitation. Nous y trouvons des inscriptions telles que: câble rongé par les rats; câble détérioré par des travaux; câble à terre ensuite d'une fissure dans la gaine de plomb ou d'un raccord défectueux; câble détruit sous l'action chimique d'eaux impures; câble détruit ensuite d'électrolyse; accidents provoqués par des explosions de gaz ayant pu pénétrer dans les canalisations téléphoniques, etc., etc. Et, malgré cela, on continue à poser les câbles sous terre. Dans la présente étude, nous ne cherchons nullement à discréder le système actuel, qui, dans bien des cas, offre de sérieux avantages, mais nous voudrions poser le problème tel qu'il se présente, sans parti pris aucun, et en tirer les conclusions qui s'imposent à toute administration soucieuse de ses intérêts.

L'allégation qu'un câble aérien coûte tout aussi cher qu'une conduite souterraine manque généralement de preuves. Il est inutile de vouloir comparer les frais d'établissement d'une ligne aérienne, dont les fondations — à cause d'un terrain peu propre à de pareilles constructions — sont très coûteuses, avec ceux d'une conduite souterraine à poser dans la banquette d'une route, où il n'y a pas de frais de remise en état de la chaussée et où les travaux de creusage sont faciles et partant bon marché. Il suffit d'inverser les rôles, c'est-à-dire d'admettre comme base de calculs le problème réel pour se persuader qu'une conduite souterraine, en tant qu'il s'agit de faibles capacités, sera presque toujours plus chère. En comparant les prix de revient d'une artère à 20×2 fils, p. ex., construite comme câble aérien ou comme câble souterrain, on obtient en moyenne la relation de 1,10 : 2, c'est-à-dire le câble souterrain revient comme frais d'établissement environ 2 fois plus cher que le câble aérien. Il est admis que les frais d'entretien d'un câble souterrain sont inférieurs à un câble aérien, mais ce facteur ne saurait compenser les frais supplémentaires du premier établissement. Ce dernier argument perd de sa valeur, si l'on pense que, dans un grand nombre de cas, il faut maintenir à côté du câble souterrain encore une ligne aérienne pour desservir les abonnés. Comparé à une ligne aérienne, le câble aérien ne revient pas plus cher; il devient au contraire plus avantageux avec le nombre grandissant des circuits, l'entretien est inférieur et la sécurité d'exploitation plus grande, les extensions sont faciles et peu coûteuses, tandis qu'une ligne aérienne doit être reconstruite dès que le nombre maximum de fils est atteint, et, avec la mise sous terre, il faut rouvrir la conduite ou poser une nouvelle conduite parallèle, d'où résultent des frais considérables.

Où doit-on poser des câbles aériens?

Nous entrevoyons avant tout deux cas intéressants, savoir:

a) Où une ligne aérienne en poteaux simples hors de ville a atteint la limite de charge.

b) Dans les faubourgs en développement, où il est impossible de prévoir l'extension d'une façon suffisamment sûre et où, dans bien des cas, il faut, ou bien engager des capitaux beaucoup trop tôt ou bien renforcer les conduites au fur et à mesure du développement, ce qui entraîne également des frais élevés.

D'une manière générale, l'application de ce procédé est intéressante dans les cas où on peut utiliser une ligne aérienne existante pour y fixer le câble sans autre ou tout au moins sans y apporter trop de changements. Pour mieux démontrer les avantages d'un tel procédé nous voulons l'expliquer à l'aide des 3 graphiques I, II et III, en y ajoutant les remarques suivantes:

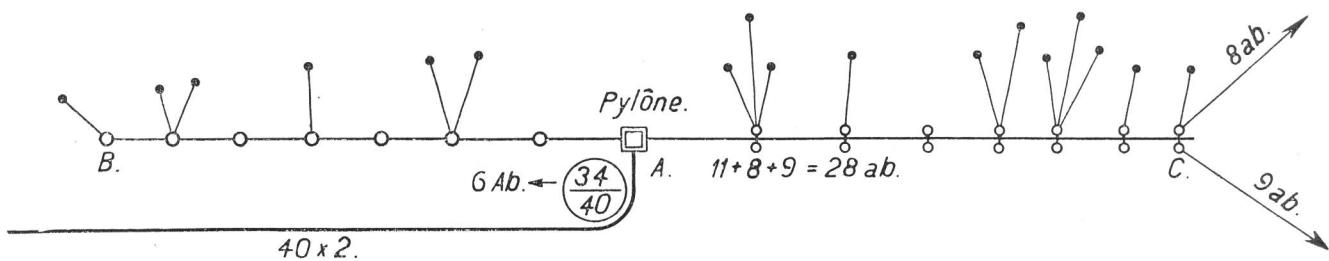
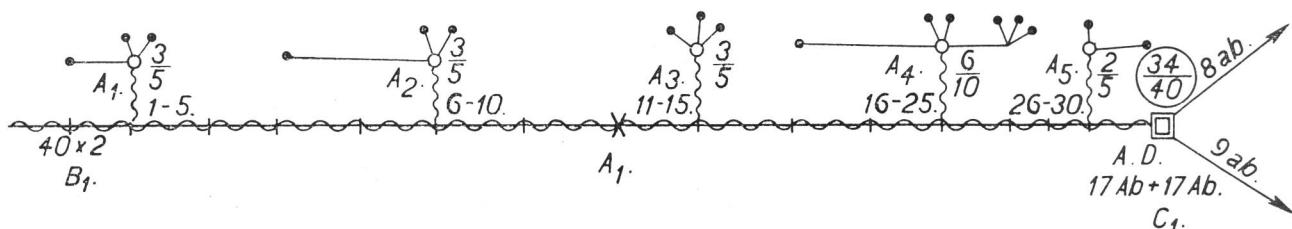
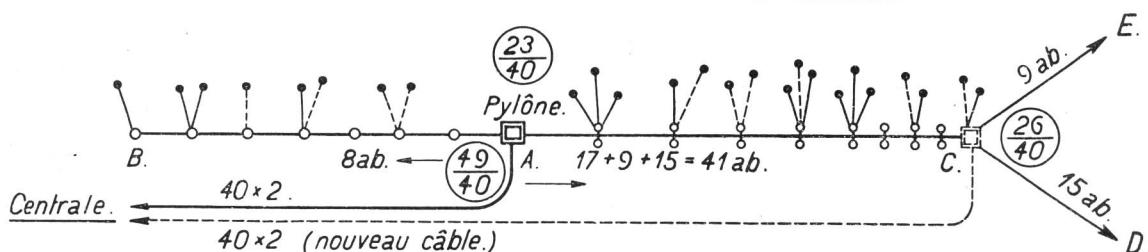
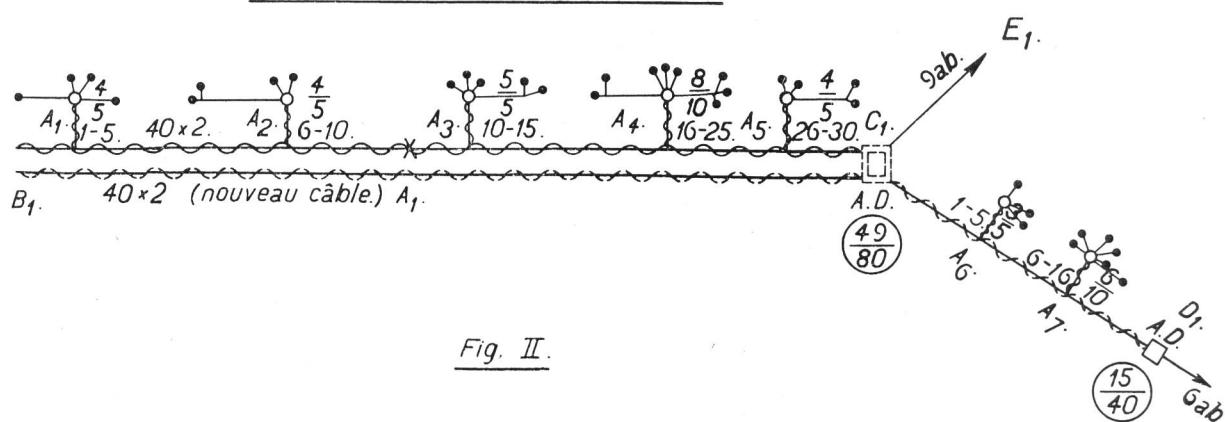
ad I. Entre B—A—C existait une ligne en poteaux doubles à 68×2 fils ($6 \times 2 + 28 \times 2$), qu'on a raccordée au bureau central par un câble à 40×2 paires. La tête du câble étant fixée en A, on a réparti la ligne en 2 secteurs: 6×2 fils contre la centrale et 28×2 fils en avant (voir croquis a). Entre A et B, on a modifié le montage en remplaçant les poteaux doubles avec traverses par des poteaux simples.

Avec un câble aérien (croquis b) de la même capacité (40×2 fils), il est possible de réduire le nombre de fils par appui de façon considérable, en greffant des amores sur le câble aérien A₁—A₅, ce qui permet de supprimer le deuxième poteau. Les frais d'entretien sont diminués et la sécurité d'exploitation sera plus grande. Les mêmes appuis servent au câble aérien et à la distribution des fils. Le nombre des amores dépend naturellement des circonstances locales (densité des abonnés et chances d'augmentation).

ad II. Avec le développement des installations, le câble à 40×2 fils sous I devient insuffisant et une extension s'impose. Il en est de même du tronçon A—C de la ligne aérienne (voir croquis a₁). La méthode actuelle exige la pose d'un deuxième câble depuis le central jusqu'au point C, où la ligne en C, sera scindée en 2 secteurs distincts: B—A—C et C—D—E et les abonnés répartis sur les deux pylônes A et C.

La nouvelle méthode envisagée nécessite naturellement aussi la pose d'un deuxième câble, puisque le premier sera entièrement occupé. Il sera toutefois possible de l'ajouter sur les poteaux existants, à côté du premier câble, sans modifier la ligne. Les deux câbles seront réunis en C, dans une armoire de distribution, afin de pouvoir disposer librement des paires des deux câbles, et comme la section C₁—D₁ a presque atteint la limite de charge pour poteaux simples, on pousse le câble jusqu'à D₁. Les amores A₁—A₅ ont pu supporter l'extension, grâce aux réserves prévues sous I.

ad III. Le nombre des abonnés s'est accru de 49 à 71. La ligne C—D compte maintenant 33 abonnés. Elle a dû être reconstruite entre l'étape II et III en poteaux doubles, et le pylône C compte $33 + 10 + 2 = 45$ abonnés. Le câble à 40×2 fils est donc devenu insuffisant, et il a fallu avoir recours

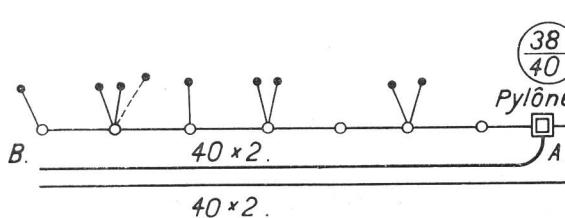
a. Câble souterrain avec distribution aérienneCâble à 40x2 fils et 34 abonnés.b. Câble aérien avec distribution aérienne sur les mêmes poteauxCâble à 40x2 fils et 34 abonnés.Fig. I.a₁. 1^{ère} extension avec câble souterrain.b₁. 1^{ère} extension avec câble aérien.Fig. II.

aux disponibilités de A pour pouvoir desservir ce surplus. Il est nécessaire de prolonger le câble à 40×2 fils de C en D en supprimant le pylône D ou en y laissant une amorce (voir croquis a₂).

Avec le câble aérien, toutes ces opérations tombent et on peut utiliser l'installation sous II sans y apporter de changements essentiels. Les avantages sautent aux yeux. Avec le nouveau procédé, nous avons une ligne à poteaux simples, peu de fils aériens et, partant, un entretien réduit et une exploitation

entre New York et Chicago avec 220 circuits. Il convient cependant de dire qu'en Amérique les sociétés privées ne peuvent pas disposer gratuitement des routes et voies de communications, mais doivent au contraire payer des locations assez élevées. Il est en outre établi que ces câbles, exposés aux variations de température, modifient leurs conditions électriques, ce qui remet en question le bon fonctionnement des amplificateurs sans emploi de dispositifs coûteux. Ce dernier facteur est à tel point

a₂ II^{ème} extension avec câble souterrain.



b₂ II^{ème} extension avec câble aérien.

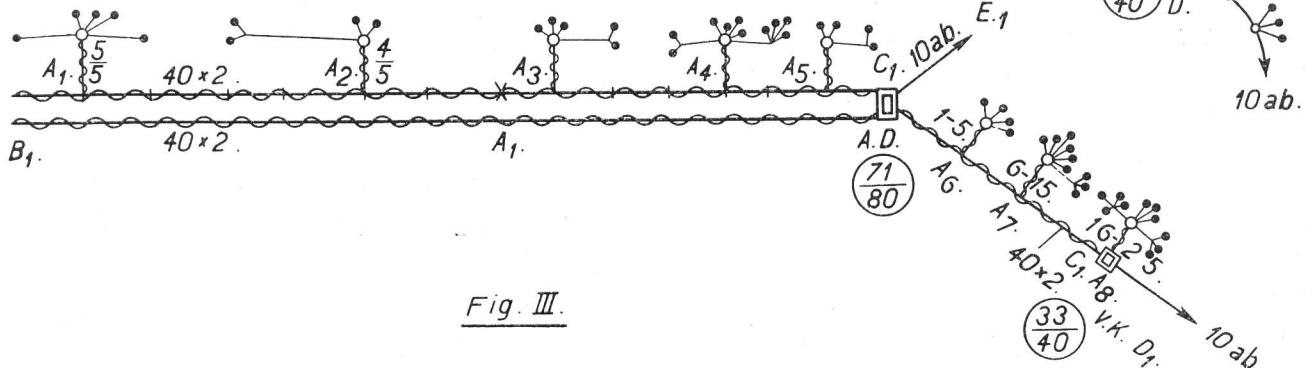


Fig. III.

sûre, tandis qu'avec la méthode en usage nous avons, sur le même parcours, une conduite souterraine accompagnée d'une forte ligne aérienne en grande partie en poteaux doubles.

Au lieu d'épissures en parallèle (amorces), comme le prévoient les figures I—III, on peut aussi faire usage d'armoires multiplex.

Il est incontestable que pour les lignes d'abonnés, l'administration aurait, dans bien des cas, avantage à adopter ce procédé. En sera-t-il de même pour les lignes interurbaines? En Amérique, p. ex., l'installation de lignes en câbles aériens est à l'ordre du jour. Il suffit de citer le câble aérien posé en 1922

important pour une exploitation régulière, qu'il annule pour ainsi dire à lui seul tous les avantages qui pourraient résulter d'un tel système. —

Les fonctionnaires préposés au service de construction ont maintenant l'occasion de faire entendre leur voix et de prendre position pour ou contre l'idée émise. D'autres idées, en corrélation avec la mise sous câble des lignes aériennes, peuvent naturellement être développées.

La rédaction du Bulletin se fera un devoir de recueillir tous les avis émis à ce sujet et de publier le résultat de l'enquête dans un des prochains numéros.

M.

Zur Berechnung der Freileitungen auf Festigkeit.

Von Ing. Dr. Eugen Nather, Wien.

I. Festwerte.

Als solche kommen in Betracht das spezifische Leitergewicht δ und die Koeffizienten für Wärmedehnung und elastische Dehnung, nämlich die lineare Wärmedehnungszahl ϑ und der Elastizitätsmodul E .

Das spezifische Gewicht der Leiter wird in der Praxis noch immer vielfach zu niedrig angesetzt.

Für Hartkupferseile wird in Oesterreich zum Teil mit dem spezifischen Gewicht 8,95 gerechnet, allermeist jedoch nur mit dem Wert 8,9. Berücksichtigt