

Câble de garde avec conducteurs de télécommunication incorporés

Autor(en): **Bongard, P. / Ruchet, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **67 (1976)**

Heft 6

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915140>

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.

Câble de garde avec conducteurs de télécommunication incorporés

Par P. Bongard et R. Ruchet

621.315.1.027.3.004.58

Le développement des transmissions nécessaires à l'exploitation des réseaux électriques exige un nombre croissant de voies de transmission. Ceci peut être réalisé de façon économique et avec d'excellentes caractéristiques électriques en utilisant pour les lignes aériennes haute tension un câble de garde avec conducteurs de télécommunication incorporés. Après la description des différentes constructions réalisées, l'article expose les essais effectués pour déterminer les limites admissibles des caractéristiques électriques et mécaniques.

Die Entwicklung der für die Betriebsführung der Energietransportnetze notwendigen Fernmeldeeinrichtungen verlangt eine ständig zunehmende Zahl von Übermittlungskanälen. Diese Forderung kann in wirtschaftlicher Weise erfüllt werden, indem in das Erdseil der Hochspannungsfreileitung ein der Informationsübertragung mit hervorragenden Übertragungseigenschaften dienender Leiter eingebaut wird. Nach der Beschreibung der verschiedenen ausgeführten Konstruktionen wird über die Versuche zur Bestimmung der elektrischen und mechanischen Eigenschaften dieser Leiter berichtet.

1. Introduction

Les entreprises de production et de distribution d'énergie électrique ont besoin de nombreux circuits de télécommunication de haute fiabilité pour assurer le bon fonctionnement de leur réseau. Ces circuits servent à la télécommande, télémessure et téléphonie dans les installations de production, dans les réseaux à haute tension et dans les stations de couplage ou de transformation.

Depuis de nombreuses années, ces sociétés utilisent la transmission par courants porteurs sur les lignes aériennes. L'émetteur et le récepteur sont couplés par un condensateur à un conducteur de phase de la ligne aérienne à haute tension, qui lui-même est muni de circuits-bouchons bloquant les hautes fréquences et laissant passer les basses au-delà de la ligne utilisée pour la transmission. Ceci nécessite que ces condensateurs et ces circuits-bouchons soient isolés pour la tension simple de la ligne aérienne. Dans ce système, le conducteur considéré fonctionne comme une antenne, c'est-à-dire qu'une partie de l'énergie haute fréquence se propage dans l'espace et, de ce fait, peut perturber d'autres systèmes de transmission voisins. D'autre part, le CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) et les Administrations nationales des PTT fixent pour de tels circuits les bandes de fréquences utilisables. En Suisse [1; 2]¹⁾, 48 canaux de chacun 4 kHz sont prévus dans la plage de 40 à 496 kHz. Déjà en 1972, plus de 900 concessions avaient été données, ce qui fait que chaque canal est utilisé en moyenne 19 fois.

Pour pallier à cet état de fait, on place un câble de télécommunication au centre du câble de garde (conducteur de terre) [2; 3]. Ce moyen permet d'utiliser n'importe quelle fréquence sans craindre de perturber d'autres systèmes de transmission et a l'avantage de n'être soumis à aucune concession. De plus, sa puissance à l'émission est inférieure à celle nécessaire au système précédent, et il ne nécessite pas d'appareillage isolé pour la haute tension. Toutefois, on doit prendre soin que les ondes de choc pouvant se produire sur le conducteur de terre soient supportées par l'isolation de l'ensemble du circuit de télécommunication.

Les qualités de ce câble de garde avec conducteurs de télécommunication incorporés doivent être les suivantes:

- même fonction qu'un conducteur de terre conventionnel mais permettre, en plus, la transmission de signaux;
- tenue à l'échauffement dû au passage du courant de court-circuit admissible ou aux courants de foudre telle que les caractéristiques électriques et mécaniques ne soient pas diminuées;
- caractéristiques électriques des conducteurs de télécommunication pratiquement constantes dans tout le domaine des forces de réaction usuelles;
- excellente tenue aux surtensions d'origine atmosphérique.

2. Construction des câbles et leurs caractéristiques

2.1 Généralités

Il est possible d'incorporer au câble de garde soit un câble à paire coaxiale (paire asymétrique) soit un câble en quarte (paires symétriques). Pour les deux types (fig. 1), il s'agit de conducteurs isolés en polyéthylène dont on connaît les excellentes propriétés en basse et haute fréquence. Selon Senn [4] les deux types de câble offrent une protection équivalente contre les perturbations dans le domaine des fréquences porteuses.

Il est à noter que le choix entre ces deux types se fait en fonction de la planification du réseau, c'est-à-dire en fonction de considérations économiques, de l'affaiblissement linéique,

¹⁾ Voir la bibliographie à la fin de l'article.

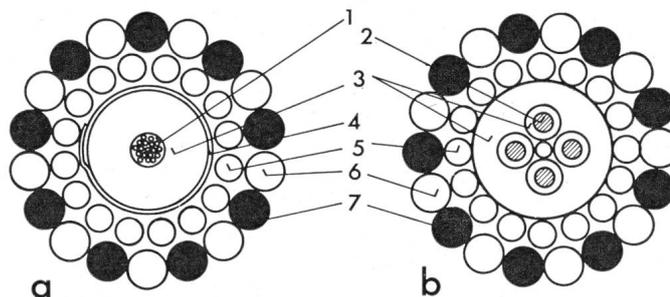


Fig. 1 Coupes de câbles de garde avec conducteurs de télécommunication incorporés a) avec paire coaxiale, b) avec quarte

- | | |
|--------------------------|------------------|
| 1 cordelette HF | 5 fils Aldrey |
| 2 conducteur en cuivre | 6 fils Aldrey |
| 3 isolation polyéthylène | 7 fils Alumoweld |
| 4 écran Al | |

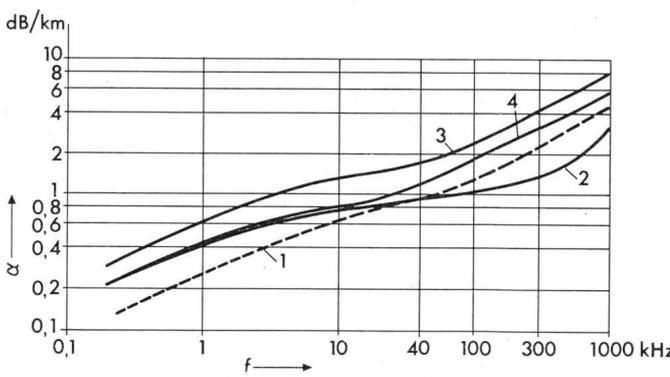


Fig. 2 Affaiblissement linéique α en fonction de la fréquence f

- | |
|--|
| 1 paire coaxiale avec conducteur massif 2,2/1,8 mm |
| 2 paire coaxiale avec conducteur HF 480 x 0,07 \varnothing |
| 3 quarte 4 x 1,0 \varnothing |
| 4 quarte 4 x 1,4 \varnothing |

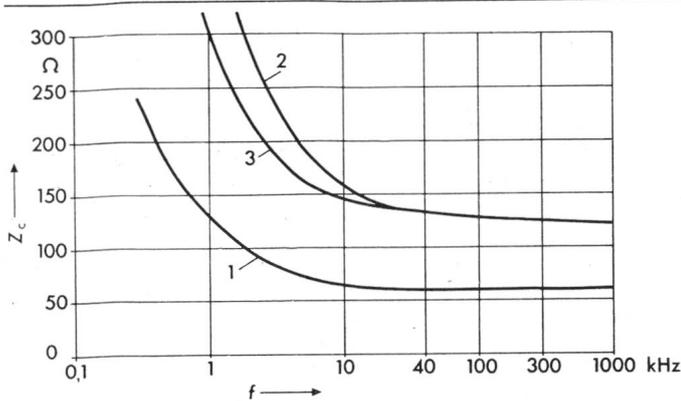


Fig. 3 Impédance caractéristique Z_c en fonction de la fréquence f
 1 paire coaxiale avec conducteur HF $480 \times 0,07 \varnothing$
 2 quarte $4 \times 1,0 \varnothing$
 3 quarte $4 \times 1,4 \varnothing$

du domaine de fréquences ainsi que du système de transmission envisagé. Toutefois, on remarque que plus la bande de fréquences utilisées est large, plus le câble à paire coaxiale est avantageux et ce, même pour des tronçons relativement courts. De plus, si l'on considère la longue durée d'utilisation d'une ligne aérienne et que l'on envisage dans un avenir plus ou moins rapproché une transmission de données à grand débit, il est clair que le faible affaiblissement linéique aux fréquences élevées de la paire coaxiale est un avantage certain.

2.2 Paire coaxiale

Les caractéristiques électriques de la paire coaxiale sont dépendantes des dimensions géométriques et des qualités phy-

siques des matériaux en présence. En plus de la rigidité diélectrique, les deux paramètres principaux à considérer sont l'impédance caractéristique et l'affaiblissement linéique qui varient tous deux en fonction de la fréquence. Ils peuvent être calculés au moyen des formules connues suivantes [5]:

Impédance caractéristique Z_c (Ω):

$$Z_c = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \approx \sqrt{\frac{L}{C}}$$

La simplification est admissible pour les fréquences supérieures à 300 kHz

Affaiblissement linéique α (N/km):

$$\alpha = \frac{R}{2Z_c} + \frac{G \cdot Z_c}{2}$$

R résistance ohmique totale de la boucle composée par le conducteur intérieur et l'écran (Ω/km), tenant compte de l'effet péliculaire et de l'effet de proximité

L inductance de cette même boucle (H/km)

C capacité de la paire coaxiale (F/km)

G conductance de l'isolation (S/km)

Les utilisateurs ont choisi la valeur nominale de l'impédance caractéristique égale à 60 Ω ; en utilisant des translateurs ayant un rapport de transformation des impédances de 1 : 2, on peut facilement coupler la paire coaxiale avec un câble de connexion de 120 Ω .

Afin d'obtenir un affaiblissement linéique aussi faible que possible dans le domaine de fréquences de 40 à 1000 kHz, on a choisi un conducteur intérieur câblé composé de 480 fils émaillés de 0,07 mm de diamètre. A titre de comparaison, la

Exemples de construction réalisés, avec leurs principales caractéristiques mécaniques et électriques

Tableau I

| Câbles N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|----------------------------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|---------|
| Type de câble de transmission | Paire coaxiale | | | | | Quarte pour fréquences porteuses | |
| Conducteur \varnothing | 2,2/8,1 (8,9 sur écran Al) | | | | | 1,0/2,0 | 1,4/3,0 |
| Nombre de paires | 1 | | | | | 2 | |
| Composition de la ligne de terre ²⁾ | Ad+Alw | Ad | Al | Ad+Alw | Ad | Ad+Alw | Ad+Alw |
| mm ² | 100/50 | 270 | 270 | 310/54 | 550 | 100/50 | 140/60 |
| Diamètre extérieur | 18,2 | 23,4 | 23,4 | 26,5 | 32,1 | 18,2 | 22,2 |
| Poids | 670 | 840 | 840 | 1 315 | 1 630 | 680 | 940 |
| Charge de rupture | 8 900 | 8 480 | 4 450 | 16 265 | 15 700 | 8 800 | 11 500 |
| Rayon de courbure minimal | 280 | 360 | 360 | 400 | 490 | 280 | 330 |
| Longueur de fabrication maximale | 2 800 | 2 800 | 2 800 | 3 000 | 3 000 | 2 800 | 2 000 |
| Domaine de fréquences | 0...1000 | | | | | 0...500 | |
| Essai de tension, 50 Hz, 5 min: | | | | | | | |
| entre conducteurs | | | | | | 2 | |
| entre conducteur(s) et écran | | | | | | 15 | |
| Tension de tenue au choc (1,2/50 μs) | > 100 | | | | | > 100 | |
| Résistance ohmique à 20 °C de la ligne de terre | 0,28 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,06 | 0,29 | 0,20 |
| Facteur de réduction r_k à $f = 16^{2/3}$ Hz | 0,52 | 0,25 | 0,23 | 0,21 | 0,13 | 0,53 | 0,40 |
| $f = 50$ Hz | 0,39 | 0,19 | 0,17 | 0,16 | 0,09 | 0,42 | 0,30 |
| Courant de court-circuit admissible sur la ligne de terre | | | | | | | |
| pendant 1 s | 8 000 | 16 000 | 17 000 | 20 800 | 32 800 | 8 000 | 11 000 |
| pendant 3 s | 4 600 | 9 200 | 9 800 | 12 000 | 19 000 | 4 600 | 6 400 |

²⁾ Ad Aldrey, Al Aluminium, Alw Alumoweld

fig. 2 montre la courbe calculée de l'affaiblissement pour une paire coaxiale avec conducteur plein de même encombrement et celle mesurée sur la paire coaxiale réalisée.

Dans le calcul de l'affaiblissement linéique, on constate que pour les fréquences inférieures à 40 kHz, la résistance des fils composant le câble de garde influence la valeur de la résistance totale de la boucle. Par contre, pour les fréquences supérieures à 40 kHz, leur influence est pratiquement insignifiante. Pour le calcul de l'impédance caractéristique (fig. 3), on a remarqué qu'il fallait tenir compte de l'émaillage des fils pour la valeur de la capacité. Dans le tableau I, les caractéristiques mécaniques et électriques des constructions réalisées sont réunies.

2.3 Quarte

Selon le cas d'exploitation, il peut être intéressant d'utiliser un câble de transmission composé d'une quarte. Afin d'avoir une résistance à la compression semblable à celle de la paire coaxiale, les interstices entre les fils de la quarte sont remplis par du polyéthylène extrudé. Comme pour la paire coaxiale, le dimensionnement de la quarte dépend des conditions d'exploitation des utilisateurs. De plus, du fait de l'affaiblissement linéique plus élevé (fig. 2), le domaine de fréquences envisageables est plus restreint et est limité généralement de 0 à 500 kHz.

Les formules citées pour la paire coaxiale restent valables pour le calcul de la quarte. Les conducteurs sont en cuivre massif. Le tableau I contient également les données des quartes $4 \times 1,0 \varnothing$ et $4 \times 1,4 \varnothing$. Les courbes d'impédance caractéristique et d'affaiblissement linéique sont données dans les figures 2 et 3; on peut ainsi les comparer avec celles de la paire coaxiale.

3. Accessoires

3.1 Jonctions

L'un des principaux facteurs à considérer est que la rigidité diélectrique de la jonction soit égale à celle du câble. Pour obtenir ceci, par exemple dans le cas de la paire coaxiale (fig. 4), on est obligé d'avoir un diamètre sur filage légèrement plus grand que celui sur isolation. Malgré cette discontinuité, les

Résultats des essais de traction et de contrôle des valeurs de Z_c et de α à la fréquence $f = 300 \text{ kHz}$

Tableau II

| Câble N° | F _{kp} | Z _c Ω | α dB/km |
|----------|-----------------|---------------------|------------|
| 3 | 500 | 60,9 | 1,52 |
| | 4 500 | 60,8 | 1,53 |
| | 0 | 60,8 | 1,54 |
| 4 | 0 | 58,4 | 1,40 |
| | 5 000 | 58,4 | 1,40 |
| 5 | 0 | 60,5 | 1,37 |
| | 500 | 60,4 | 1,39 |
| | 4 000 | 60,3 | 1,39 |
| | 10 000 | 60,1 | 1,39 |
| | 15 000 | 60,0 | 1,39 |
| 7 | 500 | 123,9 | 3,15 |
| | 8 000 | 121,3 | 3,20 |
| | 500 | 122,9 | 3,34 |

F Force de traction
Z_c Impédance caractéristique
α Affaiblissement linéique

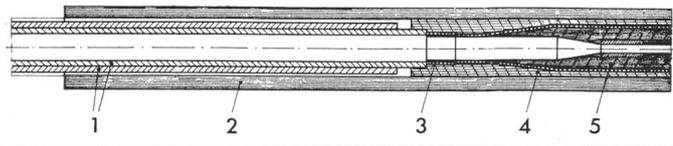


Fig. 4 Coupe d'une jonction pour câble de garde avec paire coaxiale

- 1 fils du câble de garde
- 2 cylindre en aluminium
- 3 écran reconstitué
- 4 rubannage pour remplissage
- 5 filage

réflexions pour les fréquences considérées sont négligeables, la longueur du filage étant très courte. L'emplacement de la jonction est choisi au point le plus haut du pylône (fig. 5); ceci permet d'éviter les ruissellements d'eau sur la jonction; de plus, la jonction n'est pas soumise à la traction.

3.2 Pincés d'amarrage et de suspension

Ces accessoires sont les mêmes que ceux utilisés pour les câbles de garde classiques. L'expérience a montré qu'il est préférable d'employer des pincés avec serrage concentrique par cône ou par des fils préformés.

4. Essais spéciaux

Avant de fournir les câbles de garde avec conducteurs de transmission incorporés, il était nécessaire d'effectuer des essais afin de contrôler les valeurs calculées. On a fait des essais de traction tout en contrôlant les caractéristiques électriques du câble de transmission et, de plus, des essais de court-circuit durant lesquels le câble de garde était maintenu sous une charge donnée, également tout en contrôlant les caractéristiques électriques.

4.1 Essais de traction

Il était intéressant de contrôler les variations des caractéristiques électriques des câbles de transmission en fonction de la charge appliquée. Les mesures de l'impédance caractéristique et de l'affaiblissement linéique ont été effectuées à l'aide d'un pont d'impédance suivant le procédé classique du circuit ouvert et du circuit fermé; la fréquence de mesure a été choisie égale à 300 kHz. La longueur des échantillons soumis à la traction variait entre 5 et 9 m. Etant donné la faible longueur des échantillons, il ne faut pas tenir compte de la valeur absolue de Z_c et de α, mais seulement de leur variation relative.

Le tableau II résume une partie des essais effectués avec leurs résultats. Les remarques suivantes sont à considérer:

- pour tous les essais, les échantillons étaient équipés de pincés d'amarrage utilisés dans la pratique; ces pincés provenaient de différents fournisseurs et avaient un serrage soit par cône, soit par fils préformés.
- en ce qui concerne les charges de rupture, on peut constater la bonne concordance entre les valeurs calculées [6] et les valeurs mesurées (tableau III).

Tableau III

| Câble N° | Charge de rupture selon tableau I (kg) | Charge de rupture mesurée (kg) |
|----------|--|--------------------------------|
| 1 | 8 900 | 9 870 |
| 3 | 4 450 | 5 032/5 075/5 090 |
| 4 | 16 265 | 16 400 |
| 5 | 15 700 | 15 830/16 050/16 250/16 300 |
| 7 | 11 500 | 12 050/12 100/12 250 |

| Echantillon N° | I_{cc} kA | t s | $I_{cc} \cdot \sqrt{t}$ kA · s ^{1/2} | θ_1 °C | θ_2 °C | σ_B Aldrey kp/mm ² | F_B Alumoweld kp | U_B kV | Remarques |
|----------------|-------------|-------|---|---------------|---------------|--------------------------------------|--------------------|-----------------|----------------------------------|
| 1 | — | — | — | — | — | 35,3 | 776 | — | Coupon de référence |
| 2 | 10 | 1,06 | 10,3 | 97 | 78 | — | — | 130 | Aucune déformation |
| 3 | 12 | 1,06 | 12,4 | 135 | 101 | 35,7 | 778 | 120 | Fig. 8 |
| 4 | 12,5 | 1,85 | 17,0 | 248 | 1) | 28,8 | 807 | 0 ¹⁾ | Fig. 9 |
| 5 | 13,5 | 1,06 | 13,9 | 165 | — | — | — | 30 | |
| 6 | 14,4 | 1,06 | 14,4 | 176 | 115 | 35,3 | 805 | — | Très forte excentricité cond. HF |

Conditions d'essai: Longueur d'un échantillon (mesuré entre les cônes de serrage): ~ 4530 mm
 Température initiale du câble de garde et de la paire coaxiale: 40 °C
 Force de traction exercée sur chaque échantillon pendant l'essai: 2000...3000 kp

I_{cc} courant de court-circuit θ_1 température à la périphérie du câble de garde σ_B résistance à la rupture U_B tension de claquage au choc
 t durée du court-circuit θ_2 température de la cordelette HF F_B force de rupture

1) contact entre le conducteur intérieur et le conducteur extérieur de la paire coaxiale

— pour les mesures électriques des échantillons de câble nos 3, 4, 5 et 7, les conducteurs de transmission étaient connectés directement aux bornes du pont d'impédance. La liaison entre l'objet en essai et le pont n'était pas permanente.

— les variations d'affaiblissement linéique dépendent aussi des résistances de contact aux bornes du pont variant d'une mesure à l'autre, le pont n'étant pas relié en permanence. On peut donc dire que la variation de l'affaiblissement linéique avant la rupture est pratiquement négligeable.

4.2. Essais de court-circuit

Lors de la mise à la terre accidentelle d'une phase de la ligne aérienne, le câble de garde est parcouru par un courant de court-circuit de haute intensité. Etant donné que l'isolation en polyéthylène ne supporte qu'environ 100 °C et qu'en plus elle est soumise à un effort de compression, il était important de vérifier par des essais pratiques la limite admissible sans déformation.

Le dispositif d'essai est représenté dans la fig. 6. Afin de se rapprocher autant que possible des conditions réelles, on a soumis l'objet en essai à une traction donnée réglable et à une température de 40 °C. Cette valeur a été choisie conformément aux règles ASE [7] comme étant la température ambiante maximale dans notre pays. Normalement, le câble de garde

n'étant pas parcouru par un courant, il n'y a donc pas d'échauffement complémentaire.

Le programme des mesures était le suivant:

a) avant l'essai de court-circuit: la mesure des caractéristiques du coaxial en haute fréquence et la mesure de la longueur;

b) pendant et immédiatement après le court-circuit: l'enregistrement du courant, la mesure de la température du câble de garde par thermocouple, la mesure de l'allongement du câble de garde, ainsi que l'enregistrement de la température du conducteur haute fréquence par mesure de l'augmentation de résistance;

c) après démontage: la mesure de la longueur, la mesure des caractéristiques de la paire coaxiale (comme sous a), l'essai de traction sur des fils Aldrey et Alumoweld, l'essai de choc et finalement le contrôle visuel (contrôle de la «concentricité» de la paire coaxiale).

Les résultats des essais sont résumés dans le tableau IV et la fig. 7.

Dans les échantillons où l'on a constaté des déformations de la paire coaxiale, celles-ci se sont toujours produites en un seul endroit; la longueur de la zone déformée augmente avec l'accroissement du courant de court-circuit et sa durée. Le calcul montre que l'allongement de la corde sous l'effet de la

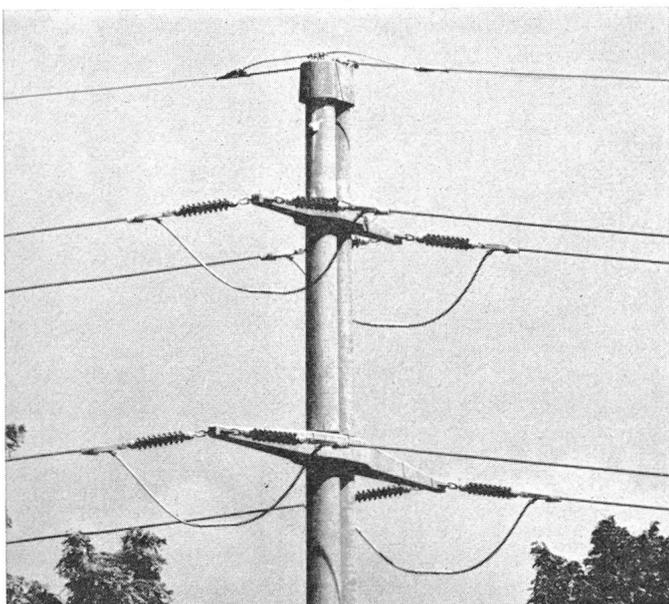


Fig. 5 Vue d'une jonction au haut d'un pylône

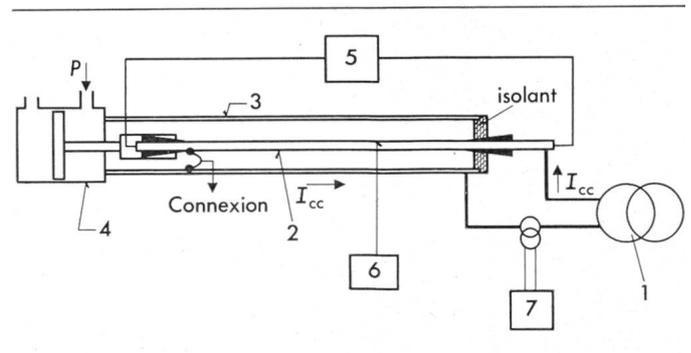


Fig. 6 Installation d'essai

- 1 transformateur
 - 2 objet en essai (longueur entre cônes de serrage: 4530 mm)
 - 3 tube en aluminium
 - 4 vérin pneumatique, P, pression d'air réglable
 - 5 enregistrement de la température du conducteur haute fréquence par mesure de l'augmentation de résistance
 - 6 mesure de la température sur la périphérie du câble de garde par thermocouple
 - 7 enregistrement du courant (oscillographe à boucles).
- I_{cc} = courant de court-circuit

traction mécanique, puis de l'échauffement dû au court-circuit (alors que le conducteur haute fréquence est encore froid), conduit à dépasser largement la limite élastique du cuivre; le conducteur haute fréquence est donc légèrement étiré, puis il va s'allonger sous l'effet de l'augmentation de sa température. Le surplus de longueur qui en résulte est certainement à l'origine des déformations constatées, lorsque la température de l'isolation dépasse 80 à 90 °C (fig. 8 et 9).

Les caractéristiques mesurées en haute fréquence avant et après les courts-circuits ne présentent pas de différences significatives, bien que pour les échantillons nos 5 et 6, le conducteur touchait presque l'écran, dans la zone déformée.

Pour le câble de garde no 1 (câble aldreï + alumoweld: 100 + 50 mm² avec paire coaxiale), les essais ont montré qu'une charge en court-circuit de $I_{cc} \cdot \sqrt{t} = 10 \text{ kA} \cdot \text{s}^{1/2}$ constitue une limite à ne pas dépasser (valeur garantie: $8 \text{ kA} \cdot \text{s}^{1/2}$). Comme on peut le voir d'après la figure no 7, pour la valeur garantie de $8 \text{ kA} \cdot \text{s}^{1/2}$, on est bien en-dessous de la température de ramollissement du polyéthylène. Au-delà de $10 \text{ kA} \cdot \text{s}^{1/2}$, des déformations apparaissent dans la paire coaxiale, ayant pour effet de réduire fortement la tenue au choc de celle-ci, conduisant même jusqu'au contact électrique franc. Il est à noter que si l'on ne considère que le câble de garde, c'est-à-dire que les fils d'aldrèï et d'alumoweld (100/150 mm²), la limite de charge serait de 15...17 $\text{kA} \cdot \text{s}^{1/2}$.

5. Essais après pose

Après pose du câble de garde et la confection des jonctions, on contrôle la résistance d'isolement, la résistance de la boucle formée, par exemple pour la paire coaxiale, par le circuit composé du conducteur intérieur et de l'écran ainsi que la régularité de la ligne au moyen d'un échomètre.

6. Réalisations

Dans notre pays, la livraison de câbles de garde avec conducteurs de télécommunications incorporés pour lignes aériennes à haute tension a pris un essor réjouissant. Le tableau V ci-après donne la répartition des longueurs en fonction du type de câble.

L'expérience a montré que pour des tronçons de 30...35 km de câble de garde avec paire coaxiale, il n'y avait pas besoin d'incorporer des amplificateurs intermédiaires. Pour illustrer l'emploi de ce moyen de transmission, il est à remarquer que beaucoup de lignes sont déjà équipées avec des systèmes utilisant 12 canaux. On remarquera la préférence pour le câble de garde avec ligne coaxiale.

Répartition des longueurs installées à mi-1975 en fonction du type de câble de garde avec conducteurs de télécommunication incorporés

Tableau V

| Câble N° | 1 | 2 et 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Composition de la ligne de terre | Ad+Alw 100/50 mm ² | Ad+Al 270 mm ² | Ad+Alw 310/54 mm ² | Ad 550 mm ² | Ad+Alw 100/50 mm ² | Ad+Alw 140/60 mm ² |
| Type de câble de transmission | Paire coaxiale | | | | Quarte pour fréquences porteuses | |
| | | | | | 1 × 4 × 1,0 ∅ | 1 × 4 × 1,4 ∅ |
| Longueur installée km | 508 | 10 | 43 | 31 | 8 | 60 |
| Total selon le type de câble km | 592 | | | | 68 | |

Ad Aldrey, Al Aluminium, Alw Alumoweld

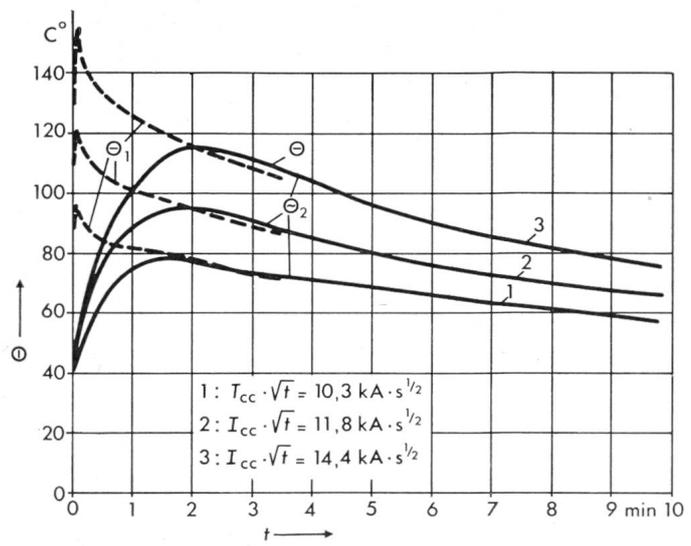


Fig. 7 Variation de la température Θ dès la fin du court-circuit pour le câble de garde avec paire coaxiale, câble n° 1 (Aldrey/Alumoweld: 100/50 mm²)

— conducteur HF (cordelette 480 × 0,07 ∅)
- - - à la périphérie du câble de garde

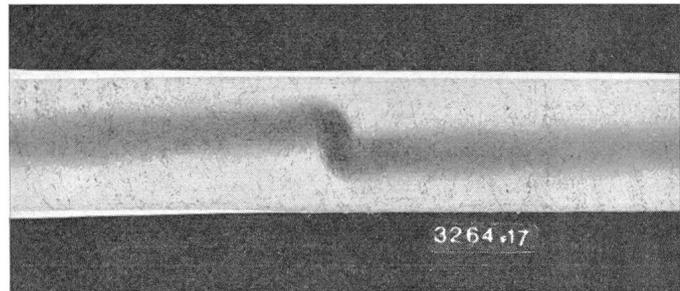


Fig. 8 Déformation de la cordelette HF de la paire coaxiale après essais de court-circuit de l'échantillon n° 3 (tableau IV), photographie prise par transparence

$I_{cc} = 12 \text{ kA}$, $t = 1,06 \text{ s}$

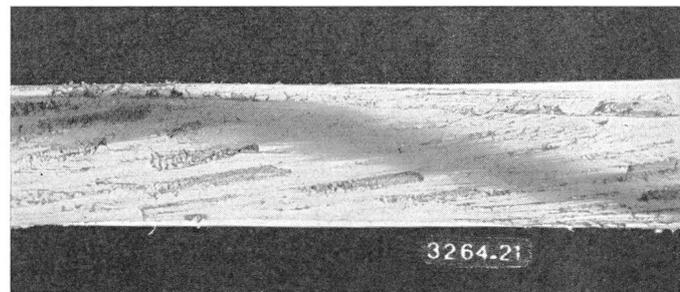


Fig. 9 Déformation de la cordelette HF de la paire coaxiale après essais de court-circuit de l'échantillon n° 4 (tableau IV), photographie prise par transparence

$I_{cc} = 12,5 \text{ kA}$, $t = 1,85 \text{ s}$

7. Conclusions

L'utilisation du câble de garde autoporteur avec conducteurs de télécommunication incorporés résoud de façon simple la transmission d'ordres et de données le long des lignes aériennes à haute tension. Elle a été inventée par des ingénieurs de la société NOK, Baden, et rendue possible grâce à la collaboration entre l'entreprise électrique de production et de distribution, le fabricant des systèmes de transmission et le fabricant des câbles de garde.

La simplicité du couplage avec le système de transmission ainsi que les excellentes caractéristiques mécaniques et électriques de ce câble permettent d'assurer les liaisons dans les meilleures conditions possibles aussi bien au point de vue technique qu'économique.

Bibliographie

- [1] *E. Alsleben, B. Fickh et H. Lautensach*: Télécommunication par câbles aériens sur lignes d'énergie. Rapport CIGRE N° 35-05, 1972
- [2a] *H. Holleville*: Rapport spécial du groupe 35 (Télétransmissions). Question 19, p. 5. Rapport CIGRE N° 35-00, 1972.
- [2b] Télétransmissions. Contribution de discussion du groupe 35, Question 19, p. 15. CIGRE 1972.
- [3] Conducteur aérien de terre d'une ligne à haute tension. Brevet suisse No. 519 373, 1970.
- [4] *W. Senn*: Télécommunications par courants porteurs sur câbles aériens. Revue Brown Boveri 61(1974)6, p. 287...292.
- [5] *H. Kaden*: Wirbelströme und Schirmung in der Nachrichtentechnik. 2. Auflage. Berlin, Springer Verlag, 1959.
- [6] Règles d'établissement des cordes pour lignes électriques aériennes. Publication de l'ASE N° 0201, 1960.
- [7] Recommandations relatives à l'intensité de courant admissibles en permanence dans les conducteurs aériens. Publication de l'ASE N° 198, 1952/60.

Adresse des auteurs

P. Bongard et R. Ruchet, S.A. des Câbleries et Tréfileries de Cossonay, 1305 Cossonay-Gare.