Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 44 (1953)

Heft: 20

Artikel: La fabrication, la pose et le raccordement du câble à paires coaxiales

Autor: Lancoud, C.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1059970

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: 02.10.2025

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

Literatur

[1] *Croze, R.* und *L. Simon:* Transmission téléphonique; théorie des lignes. Paris: Eyrolles 1952.
[2] *Kaden, H.:* Das Nebensprechen zwischen parallelen koaxialen Leitungen. Elektr. Nachr.-Techn. Bd. 13(1936), Nr. 11, November, S. 389...397.
[3] *Wild, W.:* Die Beeinflussung von Breitbandkabeln durch Hochfrequenzsender. Hochfrequenztechn. u. Elektroakustik Bd. 48(1936), Nr. 6, Dezember, S. 191...201.
[4] *Kaden, H.:* Die Dämpfung und Laufzeit von Breitbandkabeln. Arch. Elektrotechn. Bd. 30(1936), Nr. 11, November, S. 691...712.
[5] *Espenschied, Lloyd und M. E. Strieby:* Wide Band Transmission over Coaxial Lines. Electr. Engng. Bd. 53(1934), Nr. 10, Oktober, S. 1371...1380.
[6] *Schelkunoff, S. A.:* The Electromagnetic Theory of Coaxial Transmission Lines and Cylindrical Shields. Bell Syst. techn. J. Bd. 13(1934), Nr. 4, Oktober, S. 532...579.
[7] *Höpfner, K.* und *H. F. Mayer:* Stand der Breitbandtechnik in Deutschland. Europ. Fernsprechdienst Bd. —(1937), Nr. 46, Juni, S. 101...107.
[8] *Sueur, R.:* Les liaisons à grande distance par câble coaxial et leur évolution. Onde électr. Bd. 28(1948), Nr. 254, Mai, S. 186...199.
[9] *Sueur, R.:* L'amplificateur de ligne du câble coaxial Paris–Toulouse. Câbles et Transm. Bd. 2(1948), Nr. 3, Juli, S. 243...250.
[10] *Thierbach, D.* und *H. Jacoby:* Über die Verteilung der Sprechspannungen bei der Übertragung zahlreicher trägerfrequenter Gespräche. Z. techn. Phys. Bd. 17(1936), Nr. 12, Dezember, S. 553...557.
[11] *Mayer, H. F.* und *D. Thierbach:* Über den Einfluss von Nichtlinearität und Wärmerauschen auf die Reichweite von Trägerfrequenz-Vielfachsystemen. Europ. Fernsprechdienst Bd. —(1938), Nr. 48, März, S. 6...12.
[12] *Holbroock, B. D.* und *J. T. Dixon:* Load Rating Theory for Multi-Channel Amplifiers. Bell Syst. techn. J. Bd. 18 (1939), Nr. 4, Oktober, S. 624...644.
[13] *Brockbank, R. A.* und *C. A. A. Wass:* Non-Linear Distortion in Transmission Systems. J. Instn. Electr. Engrs., Part. III, Bd. 92(1945), Nr. 17, März, S. 45...56.
[14] *Jacoby, H.* und *G. Günther:* Über die Wahrscheinlichkeit der in Trägerfrequenz-Vielfachsystemen auftretenden linearen und nichtlinearen Spannungen. Hochfrequenztechn. u. Elektroakustik Bd. 52(1938), Nr. 6, Dezember, S. 201...209.
[15] *Convention on the British Contribution to Television.* Proc. Instn. Electr. Engrs., Part. IIIA, Bd. 99(1952), Nr. 18, April/Mai.
[16] *Didlaukis, M.* und *H. Kaden:* Die inneren Ungleichmässigkeiten von koaxialen Breitbandkabeln. Elektr. Nachr.-Techn. Bd. 14(1937), Nr. 1, Januar, S. 13...23.
[17] *Belus, R., P. Herreng* und *J. Ville:* Sur les conditions de régularité à imposer aux longueurs de fabrication de câbles pour assurer la régularité des sections d'amplification. Câbles et Transm. Bd. 1(1947), Nr. 1, April, S. 3...12.
[18] *Fuchs, G.:* Les distorsions d'affaiblissement et de phase dues aux irrégularités internes des câbles coaxiaux et aux inadaptations des répéteurs. Câbles et Transm. Bd. 2 (1948), Nr. 3, Juli, S. 233...241.
[19] *Kaden, Heinrich:* Über das Verhalten von Kabeln mit Wellenwiderstandsschwankungen bei Fernseh- und Messimpulsen. Arch. elektr. Übertr. Bd. 7(1953), Nr. 3, März, S. 157...162, Nr. 4, April, S. 191...198.
[20] *Herreng, P.* und *J. Ville:* Etude des irrégularités d'impédance des câbles coaxiaux par observation oscillographique des échos d'une impulsion. 1re partie: Etude théorique. Câbles et Transm. Bd. 2(1948), Nr. 2, April, S. 111...130.
Couanault, G. und *P. Herreng:* Etude des irrégularités d'impédance des câbles coaxiaux par observation oscillographique des échos d'une impulsion. 2e partie: L'échomètre à impulsions de la Société Alsacienne de Constructions mécaniques. Câbles et Transm. Bd. 2(1948), Nr. 3, Juli, S. 219...232.
[21] *Baguley, E.* und *F. B. Cope:* A Pulse Echo Test Set for the Quality Control and Maintenance Uniformity of Coaxial Cables. P. O. electr. Engrs. J. Bd. 44(1952), Nr. 4, Januar, S. 164...168.
[22] *Gilbert, J. J.:* A Submarine Telephone Cable with Submerged Repeaters. Electr. Engng. Bd. 70(1951), Nr. 3, März, S. 248...253.
[23] *Tiny Transistor Repeater.* Bell Lab. Rec. Bd. 31(1953), Nr. 4, April, S. 135.
[24] *Morgan, Samuel P.:* Mathematical Theory of Laminated Transmission Lines. Bell Syst. techn. J. Bd. 31(1952), Nr. 5, September, S. 883...949; Nr. 6, November, S. 1121...1206.
[25] *Vaage, E. F.:* Transmission Properties of Laminated Clogston Type Conductors. Bell Syst. techn. J. Bd. 32 (1953), Nr. 3, Mai, S. 695...713.
[26] *Kaden, Heinrich:* Fortschritte in der Theorie der Drahtwellen. Arch. elektr. Übertr. Bd. 5(1951), Nr. 9, September, S. 399...414.
[27] *Wettstein, A.:* Gegenwärtiger Stand der Kabeltelephonie mit Mehrfachausnützung. Bull. SEV Bd. 43(1952), Nr. 20, 4. Oktober, S. 804...811.

Adresse des Autors:
F. Locher, dipl. Ingenieur, Forschungs- und Versuchsanstalt der Generaldirektion der PTT, Speichergasse 6, Bern.

La fabrication, la pose et le raccordement du câble à paires coaxiales

Brève conférence, présentée à la 12e Journée Suisse de la technique des télécommunications, le 18 juin 1953, à Berne,

par *C. Lancoud*, Berne

621.395.44 : 621.315.212.029.6

Les caractéristiques de la paire coaxiale en font le circuit idéal pour la transmission de courants à haute fréquence. Sa fabrication est toutefois délicate; elle requiert l'utilisation de matières premières de haute qualité et exige une grande précision. La pose du câble et le choix des tracés posent aussi des problèmes qui, en général, peuvent être résolus de manière satisfaisante. L'exposé décrit en outre les travaux entrepris pour les traversées fluviales de la Thièle, de la Sarine et du Rhin. Pour terminer, on explique les mesures envisagées pour la maintenance du câble.

Die Eigenschaften des Koaxialpaares bestimmen dieses zur idealen Übertragung von hochfrequenten Strömen. Die Fabrikation erfordert hochwertige Rohmaterialien und höchste Präzision. Die Auslegung des Kabels sowie die Tracéwahl stellen ebenfalls Probleme, die jedoch im allgemeinen in befriedigender Weise gelöst werden können. Der vorliegende Bericht beschreibt überdies die für die Unter- bzw. Überführung der Zihl, der Saane und des Rheins ausgeführten Bauten. Abschliessend werden die zur Überwachung des Kabels vorgesehenen Massnahmen erläutert.

1. Introduction

La paire coaxiale constitue un circuit idéal pour la transmission à grande distance de courants à haute fréquence. Les liaisons sont à quatre fils, c'est-à-dire qu'une paire coaxiale est utilisée pour chaque sens de transmission. Avec la technique actuelle des amplificateurs — la paire coaxiale laisse théoriquement passer une bande de fréquences illimitée —, on peut transmettre, par circuit, une bande de fréquences de 60 à 4100 kHz environ, soit 960 communications téléphoniques. Sous certaines conditions, il est même possible d'envisager la transmission de programmes de télévision. En plus, la même paire coaxiale sert au transport, sous une tension qui peut atteindre 700 à 800 V, de l'énergie alimentant les stations de répéteurs intermédiaires en ligne. L'économie de matières premières réalisée ainsi est appréciable, surtout pour notre pays.

Le câble coaxial du type suisse se compose de 4 paires coaxiales, de 12 quartes téléphoniques ordinaires destinées à la télésurveillance, la télésignalisation et la télécommande des répéteurs intermédiaires et aux lignes de service ainsi que d'une paire de mesure isolée au polythène qui sert à la commande des dispositifs de contrôle de l'isolement et à la localisation des défauts dus à l'humidité (fig. 1).

2. Caractéristiques de la paire coaxiale

La paire coaxiale, constituée selon les normes du CCIF [1]) d'un conducteur extérieur tubulaire de 9,52 mm de diamètre intérieur et d'un conducteur intérieur filiforme de 2,645 mm maintenus concentriques l'un par rapport à l'autre par des disques de polythène, n'a pratiquement aucune perte d'éner-

[1]) Comité Consultatif International Téléphonique.

gie par rayonnement. Les couplages capacitifs et magnétiques entre circuits voisins sont ainsi inexistants. La diaphonie n'est plus due qu'aux couplages par impédance mutuelle qui diminuent rapidement lorsque la fréquence augmente. Ce n'est donc que vers la limite inférieure de la bande de fréquences qu'elle peut être gênante. L'affaiblissement diaphonique minimum prescrit est de 13,5 N (néper) pour une longueur de fabrication de 230 m.

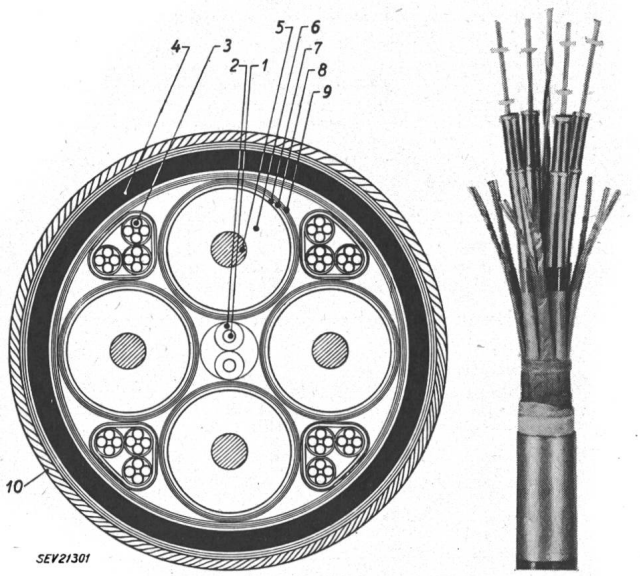

Fig. 1

Câble coaxial, type unique adopté en Suisse (coupe et vue)

Composition: 4 paires coaxiales, 4 × 3 quartes interstitielles à conducteurs de 0,6 mm de diamètre, 1 paire de 0,9 mm de diamètre isolée au polythène

Diamètre sur plomb 33,9 mm; poids du cuivre 608 kg/km; poids du plomb 2498 kg/km

1 Fil de cuivre 0,9 mm ϕ; *2* isolation au polythène de 0,7 mm d'épaisseur, fil *a* bleu, fil *b* rouge; *3* fil de cuivre 0,6 mm ϕ; *4* gaine de plomb avec 0,7 % d'antimoine, épaisseur 2,2 mm; *5* conducteur de cuivre central 2,645 mm ϕ; *6* disque de polythène; *7* tube de cuivre (conducteur extérieur) 9,52 mm ϕ; *8* 2 rubans d'acier; *9* 2 rubans de papier; *10* armure selon le genre de pose

L'impédance caractéristique moyenne de la paire coaxiale à 2500 kHz doit être de 75 ± 1 Ω. Sa régularité est le facteur déterminant pour la qualité du câble, car toute variation d'impédance produit une réflexion et introduit un affaiblissement supplémentaire. Le traînage, dû aux doubles réflexions, serait particulièrement gênant lors de transmissions de télévision. Il est ainsi prescrit que l'irrégularité d'impédance, mesurée en régime transitoire au moyen de l'échomètre, ne doit en aucun cas dépasser 0,6 Ω. L'affaiblissement linéique à 2500 kHz et 15 °C est de 445 mN/km. La vitesse de propagation atteint presque celle de la lumière avec 280 000 km/s.

Pour satisfaire aux conditions de sécurité imposées par le transport d'énergie à courant fort, la rigidité diélectrique entre les conducteurs intérieur et extérieur de la paire coaxiale, par exemple, a été fixée à 2500 V eff. à 50 Hz.

3. La fabrication

Les caractéristiques de la paire coaxiale énumérées ci-dessus ne peuvent être garanties que par une fabrication répondant à des conditions très sévères et par l'utilisation de matières premières de haute qualité.

Le cuivre constituant les conducteurs doit être homogène, exempt de toute impureté et de soufflure. La surface des conducteurs ne doit pas être oxydée ou souillée ni présenter aucune paillette. Le polythène ne doit contenir aucune poussière métallique qui compromettrait sa rigidité diélectrique. Son épaisseur et ses caractéristiques électriques doivent être constantes.

Nous allons illustrer, à l'aide des exemples suivants, l'influence de la précision de la fabrication sur la régularité de l'impédance qui est, nous l'avons déjà dit, déterminante pour la qualité de la paire coaxiale.

L'impédance caractéristique est donnée par la formule:

$$Z_w = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_m}} \ln \frac{d_i}{d}$$

d_i diamètre intérieur du conducteur tubulaire
d diamètre du conducteur central
ε_m constante diélectrique moyenne = 1,08

et sa variation en fonction de celle des 3 paramètres:

$$\Delta Z_w = Z_w \left[\frac{1}{d_i \ln \frac{d_i}{d}} \Delta d_i - \frac{1}{d \ln \frac{d_i}{d}} \Delta d - \frac{1}{2\,\varepsilon_m} \Delta \varepsilon_m \right]$$

soit en introduisant les valeurs:

$$\Delta Z_w = 6{,}2\ \Delta d_i - 22\ \Delta d - 34{,}2\ \Delta \varepsilon_m$$

Ainsi,

— une variation de 0,01 mm du diamètre du conducteur tubulaire produit une variation d'impédance de 0,06 Ω;

— une variation de 0,01 mm du diamètre du conducteur central produit une variation d'impédance de 0,22 Ω;

— une variation de 0,1 mm de l'épaisseur des disques de polythène produit une variation d'impédance de 0,14 Ω;

— une variation de 0,1 mm du pas d'espacement des disques de polythène produit une variation d'impédance de 0,03 Ω.

En pratique, la variation d'impédance est de l'ordre de 0,15 Ω, ce qui témoigne de la haute précision de fabrication atteinte.

Le conducteur central est étiré dans une filière en diamant au diamètre extrêmement précis de 2,645 ± 0,004 mm. Les dimensions du feuillard de cuivre constituant le conducteur tubulaire sont:

épaisseur: 0,25 ± 0,01 mm
largeur: 30,90 ± 0,04 mm

L'épaisseur des disques de polythène est de 1,9 ± 0,1 mm.

La paire coaxiale est fabriquée en une suite d'opérations continues par une machine spéciale (fig. 2 et 3) à la vitesse de 230 m à l'heure. Le fil central se déroule du tambour (*A*) puis est nettoyé et brossé (en *B*) dans du tétrachlorure de carbone, pour être débarrassé des paillettes et de tout autre dépôt. Les disques de polythène tombent du magasin (*C*) dans les encoches de la roue (*D*). Ils sont fendus radialement et fixés par serrage sur le fil. Ainsi équipé, le conducteur traverse le tube (*E*) porté à une tension de 3000 V où sa rigidité diélectrique est contrôlée. Le feuillard de cuivre constituant le conducteur extérieur se déroule du tambour (*F*). On lui fait sui-

vre un chemin sinueux pour décoller les paillettes qui subsisteraient à sa surface, et des mâchoires de feutre (*G*) l'essuient. Les paillettes qui resteraient encore sont détectées (en *H*) par un contact électrique dont la fermeture provoque l'arrêt de la machine. Ensuite (en *I*), les bords du feuillard sont cannelés et, dans une sorte de matrice (*L1/L2*), celui-ci est enroulé autour du conducteur central et des disques. Pour donner à la paire ainsi formée la résistance mécanique voulue, elle est frettée (en *M*) de deux feuillards d'acier doux. Pour terminer, on enroule (en *N*) les rubans de papier isolant. Un système de contrôle électro-mécanique (*K1* à *K5*) signale l'absence éventuelle de disques ou une irrégularité dans leur espacement. Au sortir de la machine, on contrôle les caractéristiques de la paire.

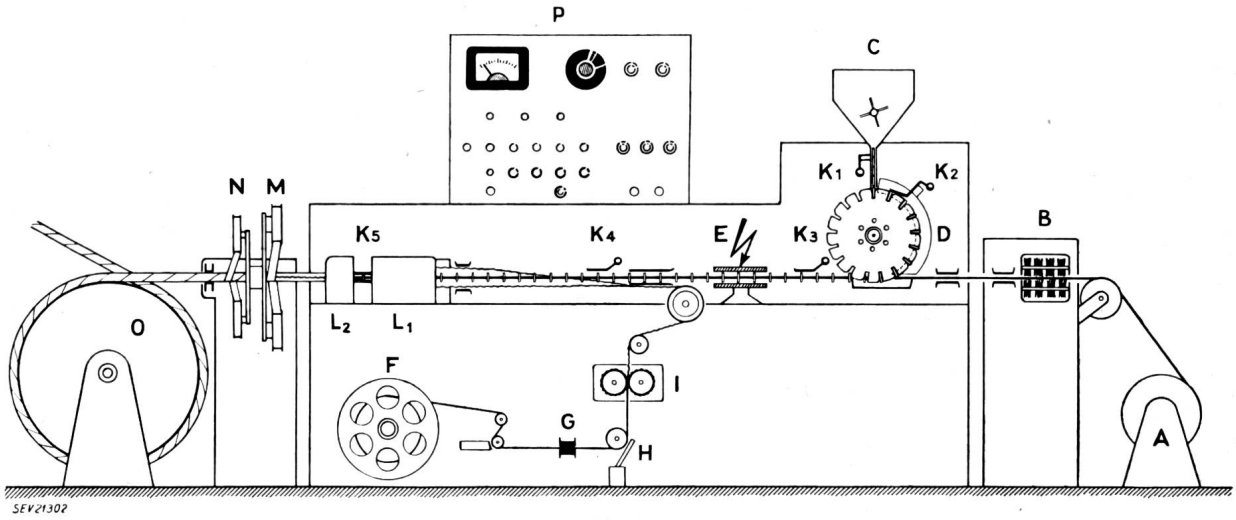

Fig. 2
Schéma de la fabrication de la paire coaxiale
A Bobine de fil central; *B* nettoyage du fil central; *C* magasin de rondelles; *D* fendeuse et agrafeuse des rondelles; *E* contrôle haute tension, 3 kV; *F* bobine de feuillard de cuivre; *G* nettoyage du feuillard; *H* contrôle des pailles; *I* cannelage du ruban de cuivre; $K_1 ... K_5$ contrôles des rondelles manquantes; L_1, L_2 outils pour former le tube; *M* tête à feuillards d'acier; *N* tête à rubans de papier; *O* roue tractive; *P* panneau de contrôle

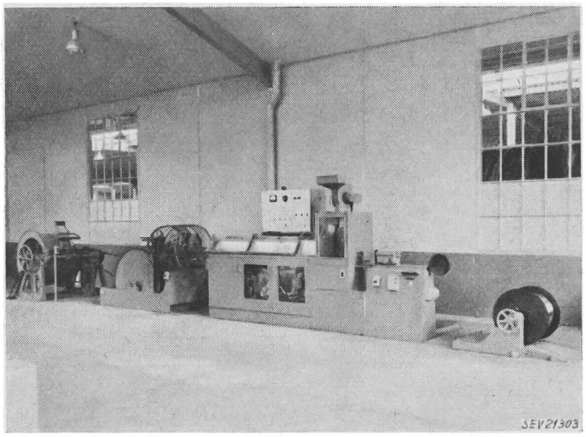

Fig. 3
Machine à fabriquer la paire coaxiale

Quatre paires coaxiales, les 4 faisceaux interstitiels, comptant chacun 3 quartes ordinaires de 0,6 mm de diamètre, et la paire de mesure isolée au polythène sont ensuite toronnés ensemble pour former l'âme du câble (fig. 4).

Les opérations ultérieures telles que le séchage, la mise sous gaine de plomb et la pose de l'armure sont analogues à celles exécutées pour la fabrication des câbles usuels. Toutefois, comme le polythène fond à 115 °C environ, le séchage s'opère à une température de 60 à 70 °C et, pour équilibrer les effets de torsion, les armures sont enroulées dans le sens inverse du câblage. La gaine, pour la première fois en Suisse, est constituée d'un alliage de

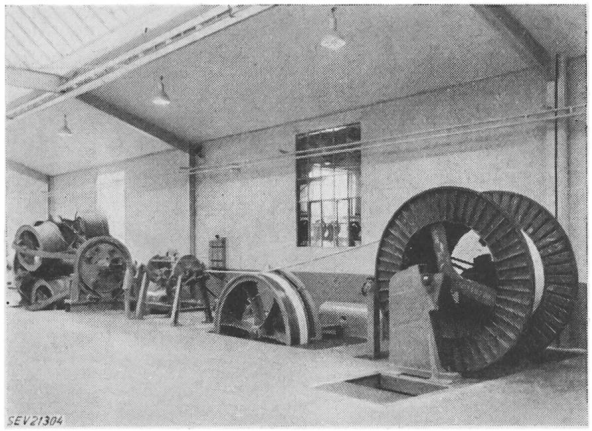

Fig. 4
Machine à câbler les paires coaxiales

99,3 % de plomb et 0,7 % d'antimoine plus dur et plus résistant aux fatigues alternatives que le plomb pur.

Les caractéristiques du câble sont contrôlées minutieusement après chaque opération de fabrication. L'impédance caractéristique et sa régularité sont vérifiées au moyen de l'échomètre, appareil, à l'image du radar, qui envoie des impulsions extrêmement courtes de l'ordre de 0,05 µs et permet d'observer et de mesurer les échos produits par les irrégularités de la paire coaxiale [2]).

[2]) voir *Fellrath, P.*: Une nouvelle technique de mesure des câbles coaxiaux. Bull. ASE t. 42(1951), n° 25, p. 1000...1002.

Avant leur expédition, les longueurs normales de câbles de 230 m sont triées et groupées de manière qu'au montage, les impédances des paires devant être épissées ensemble ne diffèrent pas de plus de 0,2 Ω.

4. La pose

Un câble coaxial ne se manie pas aussi aisément qu'un câble ordinaire. Il est très sensible aux efforts mécaniques et la moindre déformation d'une paire coaxiale entraîne des perturbations inadmissibles dans la transmission.

Ainsi, le rayon de courbure minimum du câble toléré est de 60 cm. Les efforts de traction ne doivent pas dépasser 1000 kg et il faut éviter les efforts de torsion et de flexion. Il est interdit de porter le câble sur l'épaule comme on le fait habituellement lors de la pose de câbles ordinaires; il doit être tiré sur des galets et descendu avec précaution au fond de la fouille.

En terrain meuble, le câble est posé à une profondeur de 90 cm, sans autre protection qu'une armure de deux feuillards d'acier. On le place entre deux couches de terre fine et on dispose dessus un grillage à grosses mailles en fil de fer. Ce grillage protège le câble pendant le remblayage et sert d'avertisseur lors de travaux de fouille ultérieurs. A cette profondeur, l'installation est en grande partie soustraite à d'éventuelles détériorations mécaniques et aux brusques variations de température.

Le tirage du câble dans les canalisations en tuyaux est possible à condition de ne pas dépasser les efforts admissibles et de veiller aux rayons de courbure minimums.

Le coût d'une installation de câble coaxial est très élevé. Aussi n'a-t-on pas hésité, fort des bonnes expériences faites avec des installations existantes de câbles à basse fréquence, et contrairement à ce qui se fait à l'étranger, à choisir des tracés aussi rectilignes que possible, loin des routes, des ponts et des localités, à travers monts et vaux, augmentant ainsi la sécurité de l'installation. On a toutefois tenu compte du fait que les stations de répéteurs intermédiaires devaient être accessibles en tout temps.

Le choix de tels tracés a nécessité, à divers endroits, la construction de véritables ouvrages d'art pour traverser les cours d'eau, les torrents et les vallons.

La traversée sous-fluviale de la Thièle
(fig. 5),

les conditions géologiques s'y prêtant, a été exécutée par un procédé nouveau: *le forage horizontal.* Depuis un puits en béton étanche profond de 14 m, situé environ au milieu de la traversée, on a foré dans les deux directions opposées. Une presse hydraulique de 100 tonnes enfonçait dans le sol un tubage télescopique muni en tête d'un trépan, par les 8 tuyères duquel de l'eau injectée sous une pression pouvant atteindre 20 kg/cm² creusait le terrain au diamètre voulu. La boue revenait au puits par le tube et était évacuée vers l'extérieur. Les tubes enfoncés ont un diamètre de 30 et 25 cm. Quatre tubes en Somoplast (matière à base de PVC) de 10 cm de diamètre furent ensuite introduits dans la canalisation. Le tirage du câble s'effectua sans difficulté.

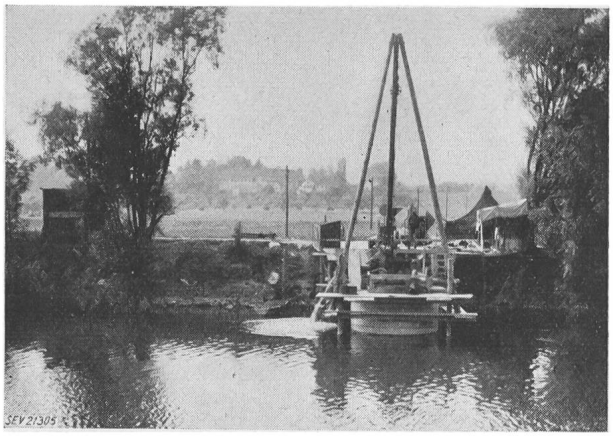

Fig. 5
Traversée de la Thièle: le puits

La traversée sous-fluviale de la Sarine
(fig. 6)

a été effectuée à ciel ouvert. En raison du danger des hautes eaux, elle s'est faite en trois étapes pour ne pas trop réduire le profil du lit. La fouille a été coffrée au moyen de palplanches métalliques de 8...9 m de longueur pour permettre la construction à sec de l'ouvrage. La canalisation proprement dite, constituée par un tuyau en béton armé centrifugé

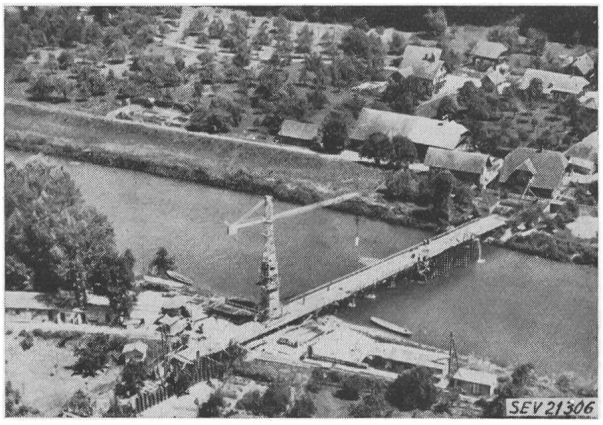

Fig. 6
Traversée de la Sarine: vue générale du chantier

de 35 cm de diamètre, est parfaitement rectiligne pour éviter que les câbles ne se croisent ou ne se recouvrent lors du tirage et tout à fait étanche pour empêcher leur corrosion. Le tuyau est enrobé d'un seuil de béton armé pour augmenter sa résistance. Il repose en partie sur le roc et se trouve à environ 2 m en dessous du point le plus bas du lit de la Sarine. La canalisation a une longueur de 110 m entre chambres.

La traversée du Rhin
(fig. 7)

a été réalisée au moyen d'un câble aérien porté, car les conditions locales ne permettaient pas une construction sous-fluviale. La portée libre est de

258 m. Les pylônes sur chaque rive ont une hauteur de 15 m, afin d'assurer au câble une distance suffisante au-dessus du niveau du Rhin et permettre, cas

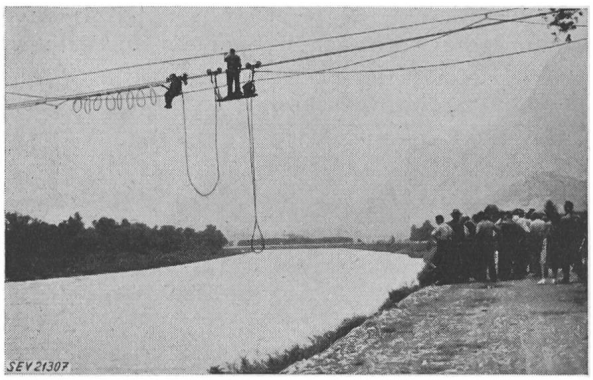

Fig. 7
Traversée du Rhin:
La fixation du câble coaxial au câble porteur
à gauche la machine enrouleuse suivie du chariot de montage

échéant, la navigation. Le câble porteur en acier a un diamètre de 24 mm et une charge de rupture de 41 300 kg. Le câble coaxial, protégé par une double armure de fils méplats, y est fixé au moyen d'un fil d'acier inoxydable au chrome-nickel enroulé en hélice. L'enroulement de ce fil est effectué par une machine spéciale sur laquelle prend place un ouvrier qui la déplace au moyen d'une manivelle. Le mode de fixation adopté est de beaucoup préférable à la suspension du câble au moyen de brides exécutée précédemment. Il rend les deux câbles mécaniquement solidaires l'un de l'autre et les balancements latéraux sont réduits au minimum. La ligne peut être tendue davantage et sa stabilité devient meilleure. En cas de dérangement, on peut toujours atteindre la gaine sans nuire à la résistance mécanique du système, ce qui est un avantage sur le câble autoporteur.

Cette traversée est la première du genre en Suisse.

5. Le raccordement

Le raccordement des différentes longueurs entre elles et aux têtes de câbles ne doit pas modifier les caractéristiques électriques et mécaniques du câble.

Contrairement aux câbles à paires symétriques, le câble coaxial ne nécessite aucun équilibrage, les quartes interstitielles mises à part.

Nous avons adopté en Suisse l'épissure très simple du système «Standard» (fig. 8). Les conducteurs centraux sont réunis au moyen d'un manchon soudé, portant un disque isolant pour en assurer le centrage, et les tubes extérieurs au moyen d'une douille bimétallique également soudée. Comme la chaleur dégagée lors de la soudure pourrait détériorer les disques de polythène, on en remplace trois dans chaque paire, de chaque côté de l'épissure, par des disques en ébonite. Un gant en caoutchouc placé à chaque extrémité de l'épissure et enserrant fortement les 4 tubes coaxiaux, les paires interstitielles et la paire de mesure empêche l'eau qui pénétrerait accidentellement de se répandre trop rapidement dans le câble.

Les opérations d'épissure sont variées et requièrent de l'artisan minutie et habileté. Il est important que le conducteur tubulaire ne subisse aucune

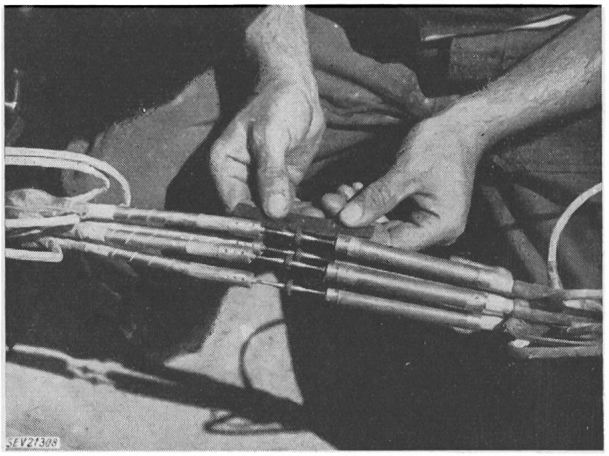

Fig. 8
Epissure de câble coaxial
Contrôle au moyen d'une jauge

déformation. Il faut également éviter que des poussières métalliques et autres impuretés ne pénètrent dans le tube. Un essai de rigidité diélectrique à 4000 V, avant et après le soudage des douilles bimétalliques, puis une mesure d'isolement à 2500 V permettent de s'assurer de la bienfacture du travail.

Pendant le montage, généralement sur une demi-section d'amplification intermédiaire, on contrôle l'isolement à 500 V, la rigidité diélectrique, l'isolement et la résistance de tous les conducteurs, la régularité d'impédance au moyen de l'échomètre et l'étanchéité de l'enveloppe par un essai de pression pneumatique.

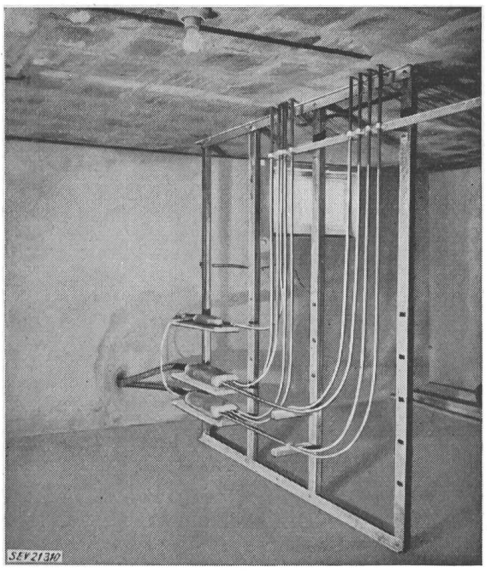

Fig. 9
Disposition des câbles dans la cave d'une station de répéteurs

L'introduction du câble dans les stations de répéteurs se fait par la cave (fig. 9). Là, les paires coaxiales sont épissées sur des câbles d'amorce monotubulaires qui aboutissent aux têtes de câbles

placées dans le bâti de répéteurs. Ces têtes sont en deux parties: un dispositif d'obturation étanche et un système de douilles et d'étrier coaxiaux qui permet de connecter ou déconnecter la paire (fig. 10).

Les quartes interstitielles sont introduites, par l'intermédiaire d'un câble d'amorce séparé, à une boîte de fin du type utilisé pour les câbles à courants porteurs à paires symétriques.

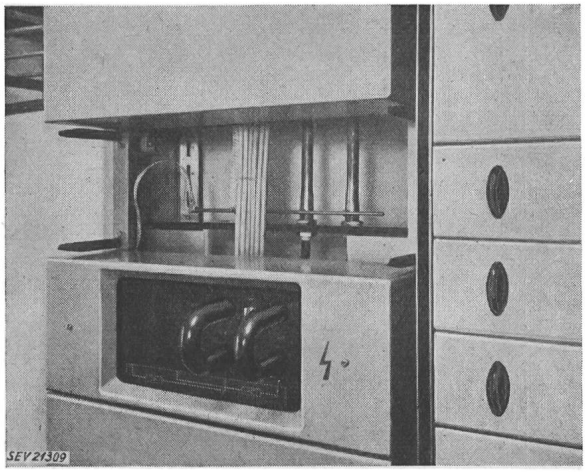

Fig. 10
Boîte de fin dans un bâti de répéteurs

Dans les stations de répéteurs principales, il n'est généralement pas possible d'introduire les paires coaxiales par le bas du bâti. On le fait alors par le haut et on place également les boîtes de fin à la partie supérieure.

Une fois le montage terminé, on procède encore à un contrôle de toutes les caractéristiques du câble (fig. 11).

6. La maintenance

On conçoit facilement qu'un câble susceptible de transmettre 1920 communications téléphoniques simultanées ne puisse être abandonné à son sort sans une surveillance constante. Deux systèmes de maintenance sont appliqués à ce jour par les diverses administrations. Ce sont:

la maintenance par pression pneumatique, qui consiste à mettre en permanence le câble sous une certaine pression de gaz et à détecter automatiquement les fuites;

le contrôle permanent de l'isolement.

Après mûre réflexion, nous avons introduit en Suisse le contrôle de l'isolement. L'appareil construit à cet effet, placé dans les stations de répéteurs principales, permet de contrôler, en amont et en aval, jusqu'à 5 sections d'amplifications intermédiaires du câble coaxial et en outre un certain nombre d'autres câbles jusqu'à concurrence d'un total de 39 installations différentes. L'appareil donne l'alarme lorsque l'isolement tombe à une valeur de 10 à 20 MΩ. Il est ainsi possible, dans bien des cas, d'intervenir assez tôt et de lever le dérangement

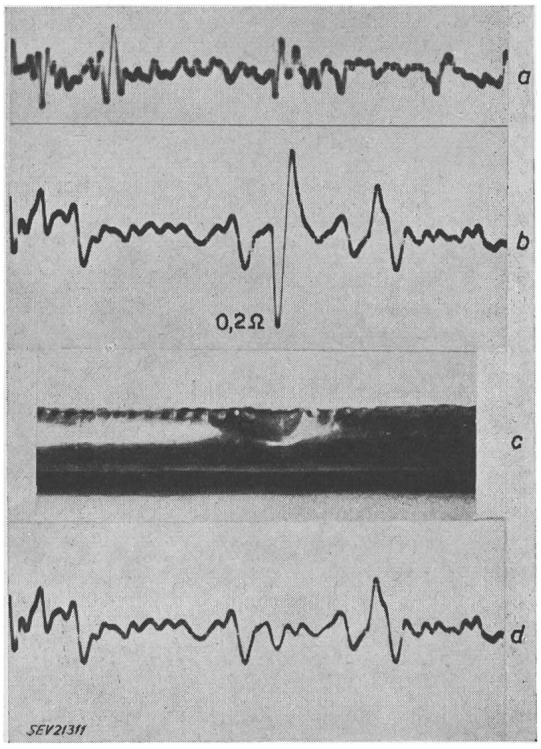

Fig. 11
Echogrammes d'un tronçon de câble
a en ordre; *b* défectueux; *c* le défaut; *d* après réparation

avant même que le trafic ne soit troublé. Afin d'accélérer encore la localisation du défaut, un dispositif permet de déterminer quelle section d'amplification intermédiaire est défectueuse.

Pour les cas de graves défauts, on a fait fabriquer quelques longueurs de 250 m de paires coaxiales sous plomb, isolées au polythène plein, permettant de ponter le câble défectueux entre deux épissures et de rétablir ainsi le trafic provisoirement.

Adresse de l'auteur:
C. Lancoud, chef du Service des Lignes à la Direction générale des PTT, Speichergasse 6, Berne.