

<b>Zeitschrift:</b>	Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegraфи svizzeri
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe
<b>Band:</b>	31 (1953)
<b>Heft:</b>	12
<b>Artikel:</b>	La fabrication, la pose et le raccordement du câble à paires coaxiales
<b>Autor:</b>	Lancoud, Charles
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-876369">https://doi.org/10.5169/seals-876369</a>

### 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:** 30.01.2026

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

- des échos d'une impulsion. Câbles et Transmission **2** (1948), 111...130.
- G. Conanault et P. Herreng.* Etude des irrégularités d'impédance des câbles coaxiaux par observation oscillographique des échos d'une impulsion. Câbles et Transmission **2** (1948), 219...232.
- [21] *E. Baguley and F. B. Cope.* A Pulse Echo Test for the Quality Control and Maintenance of Impedance Uniformity of Coaxial Cables. Post Office Electr. Eng. J. **44** (1952), 164...168.
- [22] *J. J. Gilbert.* A Submarine Telephone Cable with Submerged Repeaters. Electrical Engineering **70** (1951), 248...253.
- [23] Tiny Transistor Repeater. Bell. Lab. Rec. **31** (1953), 135.
- [24] *S. P. Morgan.* Mathematical Theory of Laminated Transmission Lines. Bell Syst. Techn. J. **31** (1952), Part I, 883...949, Part II, 1121...1206.
- [25] *E. F. Vauge.* Transmission Properties of Laminated Clogston Type Conductors. Bell Syst. Techn. J. **32** (1953), 695...713.
- [26] *H. Kaden.* Fortschritte in der Theorie der Drahtwellen. Arch. elektr. Übertrag. **5** (1951), 399...414.
- [27] *A. Wettstein.* Gegenwärtiger Stand der Kabeltelephonie mit Mehrfachausnutzung. Bull. SEV **43** (1952), 804...811.

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

Par Charles Lancoud, Berne

621.315.2.029.5

**Résumé.** Les caractéristiques de la paire coaxiale en font le circuit idéal pour la transmission de courants à hautes fréquences. Sa fabrication est toutefois délicate; elle requiert l'utilisation de matières premières de haute qualité et une grande précision. La pose du câble et le choix des tracés posent aussi des problèmes auxquels on trouve en général des solutions satisfaisantes. Pour terminer, on explique les mesures envisagées pour la maintenance du câble.

### 1. Introduction

La paire coaxiale est un circuit idéal pour la transmission de courants de hautes fréquences. Comme toute ligne homogène, elle laisse théoriquement passer une bande de fréquences illimitée. En pratique toutefois, avec les répéteurs dont on dispose actuellement, placés à une distance maximum de 9 km, la bande passante s'étend de 60 à 4100 kHz. La technique des courants porteurs permet ainsi d'acheminer sur une paire coaxiale 960 communications téléphoniques simultanées. La liaison s'effectuant en 4 fils, une paire coaxiale est nécessaire pour chaque sens de transmission. On envisage aussi, sous certaines conditions, de transmettre des programmes de télévision, parallèlement par câbles coaxiaux et par câbles hertziens. Dans ce cas, la distance entre les répéteurs doit être réduite et, pour les installations existantes, il devient nécessaire d'intercaler des répéteurs supplémentaires.

La paire coaxiale sert encore au transport de l'énergie nécessaire aux stations de répéteurs en ligne. Ces dernières sont alimentées en série depuis les stations principales surveillées avec un courant constant de 1,25 A. Une tension de 140 V est nécessaire par répéteur, y compris la chute de tension dans le câble; la tension totale d'alimentation peut atteindre 700 à 800 V, suivant le nombre des stations télémétrées. On économise de la sorte la construction de lignes d'énergie spéciales et l'installation de dispositifs d'alimentation non surveillés, toujours délicats et coûteux. Les avantages de la paire coaxiale apparaissent donc clairement, tant au point de vue financier qu'au point de vue de l'économie de matières premières qu'elle

**Zusammenfassung.** Die Eigenschaften des Koaxialpaars bestimmen dieses zur idealen Übertragung von hochfrequenten Strömen. Die Fabrikation ist allerdings heikel, erfordert hochwertige Rohmaterialien und höchste Präzision. Die Auslegung des Kabels sowie die Trassewahl stellen ebenfalls Probleme, die jedoch im allgemeinen in befriedigender Weise gelöst werden können. Abschliessend werden die zur Überwachung des Kabels vorgesehenen Massnahmen erläutert.

permet de réaliser. Ce dernier fait est surtout intéressant pour notre pays qui dépend entièrement de l'étranger pour son approvisionnement.

Le câble à paires coaxiales suisse se compose de 4 paires coaxiales, de 12 quartes téléphoniques ordinaires de 0,6 mm de diamètre destinées à la télésurveillance, la télésignalisation et la télécommande des répéteurs intermédiaires et aux lignes de service ainsi que d'une paire de mesure de 0,9 mm de diamètre, isolée au polythène, qui sert à la commande des dispositifs de contrôle de l'isolement et à la localisation des défauts (fig. 1).

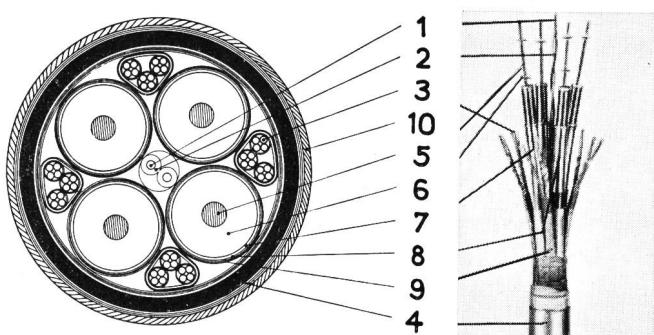


Fig. 1. Câble à paires coaxiales, coupe et vue

- 1 Fil de cuivre  $\varnothing$  0,9 mm
  - 2 Isolation en polythène, épaisseur 0,7 mm
  - 3 Fil de cuivre  $\varnothing$  0,6 mm
  - 4 Gaine de plomb, épaisseur 2,2 mm,  $\varnothing$  33,9 mm
  - 5 Conducteur de cuivre central  $\varnothing$  2,645 mm (0,104'')
  - 6 Disque de polythène
  - 7 Tube de cuivre (conducteur extérieur)  $\varnothing$  9,52 mm (0,375'')
  - 8 Deux rubans d'acier  $12,16 \times 0,13$  mm
  - 9 Deux rubans de papier
  - 10 Enveloppe de jute
- Poids du cuivre 608 kg/km  
Poids du plomb 2498 kg/km

\*) Conférence présentée à la 12<sup>e</sup> journée suisse de la technique des télécommunications, le 18 juin 1953, à Berne.

Les paires coaxiales sont désignées comme il suit:  
 paire 1, par des stries rouges serrées;  
 paire 2, par des stries rouges espacées;  
 paire 3, par des stries vertes espacées;  
 paire 4, par des stries vertes serrées.

Les groupes de paires 1+4 et 2+3 constituent chacun un système de transmission. La couleur rouge indique le sens de transmission Ouest-Est et Sud-Nord, le vert le sens Est-Ouest et Nord-Sud. Le choix de groupes de paires adjacentes est motivé par le fait que la télédiaphonie est plus faible qu'entre paires opposées.

## 2. Caractéristiques de la paire coaxiale

La paire coaxiale est constituée, selon les normes du C.C.I.F. (Comité consultatif international téléphonique), d'un conducteur extérieur tubulaire de 9,52 mm (0,375" angl.) de diamètre intérieur et d'un conducteur intérieur filiforme de 2,645 mm (0,104" angl.) maintenus concentriques l'un par rapport à l'autre par des disques de polythène. Elle n'a théoriquement aucune perte d'énergie par rayonnement. Les couplages capacitifs et magnétiques entre circuits voisins sont de ce fait pratiquement inexistant. La diaphonie n'est due qu'aux couplages par impédance mutuelle. Comme ces derniers diminuent rapidement lorsque la fréquence augmente, ce n'est donc que vers la limite inférieure de la bande de fréquences que la diaphonie peut être gênante. A ces fréquences, la frette de la paire formée de deux feuillards d'acier doux constitue un écran efficace qui protège aussi le circuit contre les perturbations extérieures. L'affaiblissement diaphonique est élevé; le minimum prescrit est de 13,5 népers à 60 kHz pour une longueur de fabrication de 230 m. Il devient ainsi possible de loger les paires pour les deux sens de transmission dans un seul et même câble.

L'impédance caractéristique moyenne de la paire coaxiale à 2500 kHz doit être de  $75 \pm 1$  ohms. 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 en provoquant le brouillage de l'image. Il est prescrit que l'irrégularité d'impédance, mesurée en régime transitoire au moyen de l'échomètre, ne doit pas dépasser 2%, soit 0,3 Ω, pour 95% des longueurs et 4%, soit 0,6 Ω, pour la totalité des coupes.

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/sec.

Pour satisfaire aux conditions de sécurité imposées par le transport d'énergie à courant fort, la rigidité diélectrique a été fixée comme il suit:

Une tension de 2500 V<sub>eff</sub> à 50 Hz doit pouvoir être appliquée pendant deux minutes entre le conducteur intérieur et le conducteur extérieur ainsi qu'entre un conducteur extérieur quelconque et les autres

conducteurs extérieurs et les paires interstitielles reliés entre eux, sans qu'il y ait de claquage. Entre la gaine de plomb et tous les conducteurs reliés entre eux, une tension de 2000 V<sub>eff</sub> à 50 Hz appliquée pendant deux minutes ne doit pas provoquer de claquage. Dans certains cas particuliers, on pourra augmenter cette tension et la porter à 5000 V<sub>eff</sub>, en construisant le câble en conséquence.

## 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 utilisé pour les conducteurs doit être homogène, exempt de toute impureté et de soufflure. Avant le laminage, les lingots sont écrouûtés. Le recuit s'effectue en atmosphère réductrice. La conductibilité est de 1% supérieure à l'étalement international ( $\varrho = 0,01708 \Omega/m/mm^2$ ). 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. On s'en assure au moyen d'un examen radioscopique. Ses caractéristiques électriques, telles que constante diélectrique, angle de perte, doivent être très 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:

$$Z_c = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_m}} \ln \frac{D}{d}$$

D = diamètre intérieur du conducteur tubulaire (9,52 mm)

d = diamètre du conducteur central (2,645 mm)

$\epsilon_m$  = constante diélectrique moyenne (1,08)

et sa variation en fonction de celle des trois paramètres:

$$\Delta Z_c = Z_c \left[ \frac{1}{D \cdot \ln \frac{D}{d}} \Delta D - \frac{1}{d \cdot \ln \frac{D}{d}} \Delta d - \frac{1}{2 \epsilon_m} \Delta \epsilon_m \right]$$

soit en introduisant les valeurs:

$$\Delta Z_c = 6,2 \Delta D - 22 \Delta d - 34,2 \Delta \epsilon_m$$

Ainsi:

- une variation de  $\frac{1}{100}$  mm du diamètre du conducteur tubulaire produit une variation d'impédance de  $\frac{6}{100}$  ohm;
- une variation de  $\frac{1}{100}$  mm du diamètre du conducteur central produit une variation d'impédance de  $\frac{22}{100}$  ohm;

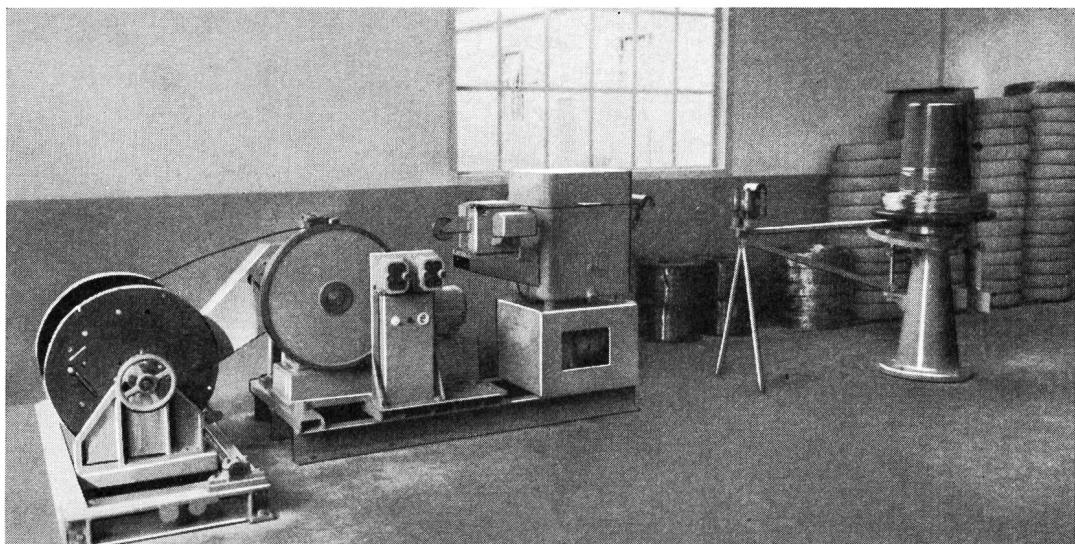


Fig. 2.

Banc d'étrage de précision. Le conducteur central est étiré dans une filière en diamant au diamètre de  $2,645 \text{ mm} \pm 0,004 \text{ mm}$

- une variation de  $\frac{1}{10} \text{ mm}$  de l'épaisseur des disques de polythène produit une variation d'impédance de  $\frac{14}{100} \text{ ohm}$ ;
- une variation de  $\frac{1}{10} \text{ mm}$  du pas d'espacement des disques de polythène produit une variation d'impédance de  $\frac{3}{100} \text{ ohm}$ .

En pratique, cette variation est de l'ordre de  $\frac{15}{100} \text{ ohm}$ , ce qui témoigne de la haute précision de fabrication atteinte.

La dernière phase d'étrage du conducteur intérieur est effectuée avec une filière en diamant (fig. 2). La

tolérance sur le diamètre de  $2,645 \text{ mm}$  est  $\pm 0,004 \text{ mm}$ . Le feuillard qui constitue le conducteur tubulaire est également laminé avec précision. Son épaisseur est de  $0,25 \pm 0,01 \text{ mm}$  et sa largeur de  $30,90 \pm 0,04 \text{ mm}$ . Les disques de polythène sont découpés dans des feuilles de  $1,9 \pm 0,1 \text{ mm}$  d'épaisseur. Le diamètre extérieur est de  $9,1 \text{ mm}$  et celui du trou de  $2,4 \text{ mm}$ , de telle manière qu'une fois fendus et agrafés sur le conducteur central, les disques aient un diamètre de  $9,52 \text{ mm}$  exactement.

La paire coaxiale est fabriquée en une suite d'opérations continues par une machine spéciale (fig. 3 et 4) à la vitesse de  $230 \text{ m à l'heure}$ . Le fil central se déroule du tambour (A). Il 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

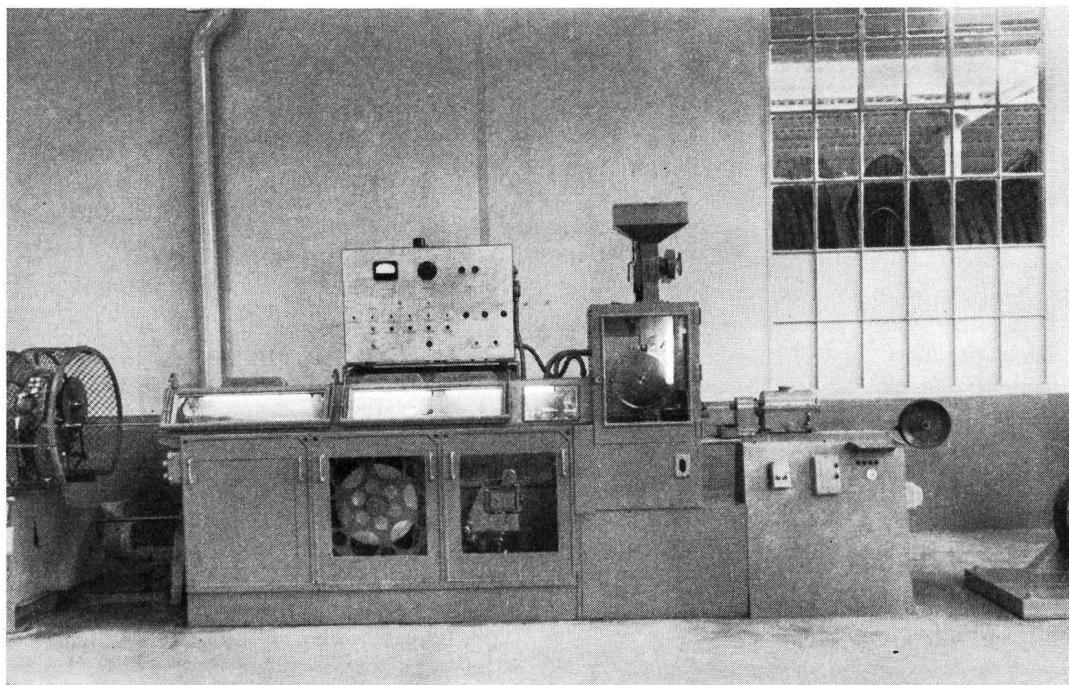


Fig. 3.

La machine à fabriquer la paire coaxiale

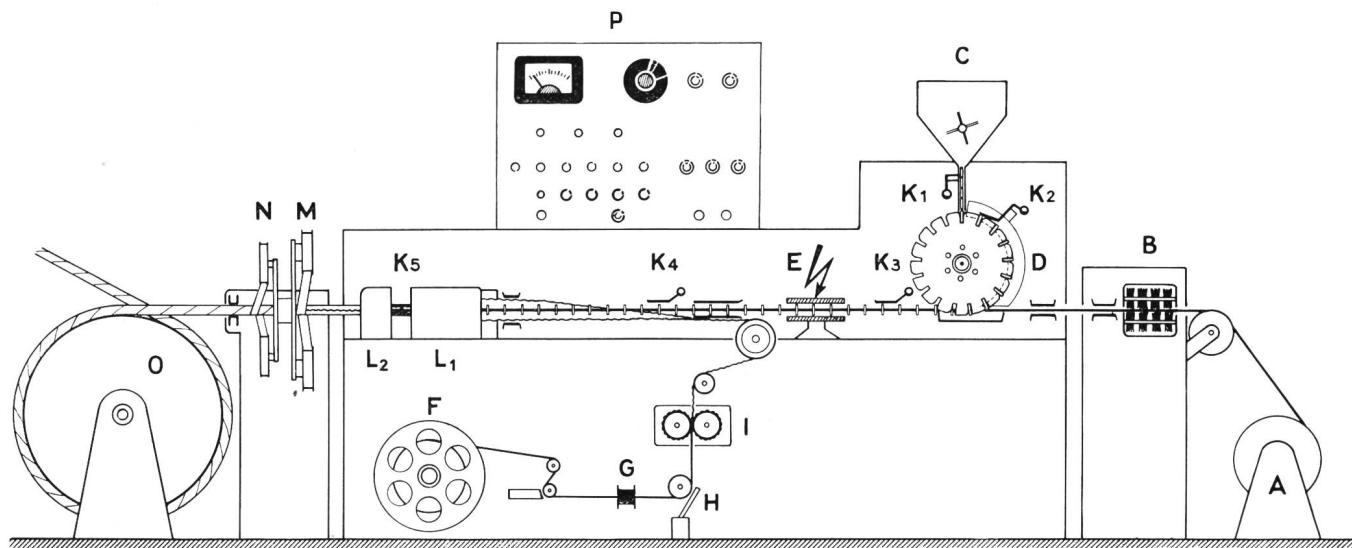


Fig. 4. Schéma de la machine à fabriquer la paire coaxiale

roue (D). Ils sont fendus radialement et fixés par serrage sur le fil (fig. 5). 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 suivre 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. La cannelure d'un bord est décalée d'un demi-pas par rapport à celle de l'autre bord. Dans une sorte de matrice (L1/L2), le feuillard est finalement enroulé autour du conducteur central et des disques (fig. 6). Pour donner à la paire ainsi formée la résistance mécanique voulue, elle est frettée (en M) de deux feuillards d'acier doux, qui constituent encore la protection électromagnétique. Ils sont enroulés en hélice non jointive, de manière à assurer une certaine souplesse à la paire (fig. 7). La tension de ces feuillards est maintenue constante par un dispositif spécial. 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 qui est de 33 mm. Toute défautuosité détectée par un des dispositifs de contrôle mentionnés provoque automatiquement l'arrêt de la machine. Sur le panneau de contrôle, une lampe s'allume et signale le dispositif qui a fonctionné. La roue tractive assure l'avancement continu de la paire. Tous les organes de la machine, excepté les deux bobines A et F, y sont cinématiquement liés.

Quatre paires coaxiales, les 4 faisceaux interstitiels comptant chacun 3 quartes ordinaires et la paire de mesure isolée au polythène, sont ensuite toronnés ensemble avec un pas d'environ 75 cm pour former l'âme du câble (fig. 8). Ce léger toronnage des paires

coaxiales donne à l'âme du câble une certaine souplesse qui permet d'éviter que les tensions mécaniques se manifestant sur la paire en raison des variations de température, ne provoquent des ruptures ou des détériorations des épissures. Il rend, en outre, le câble

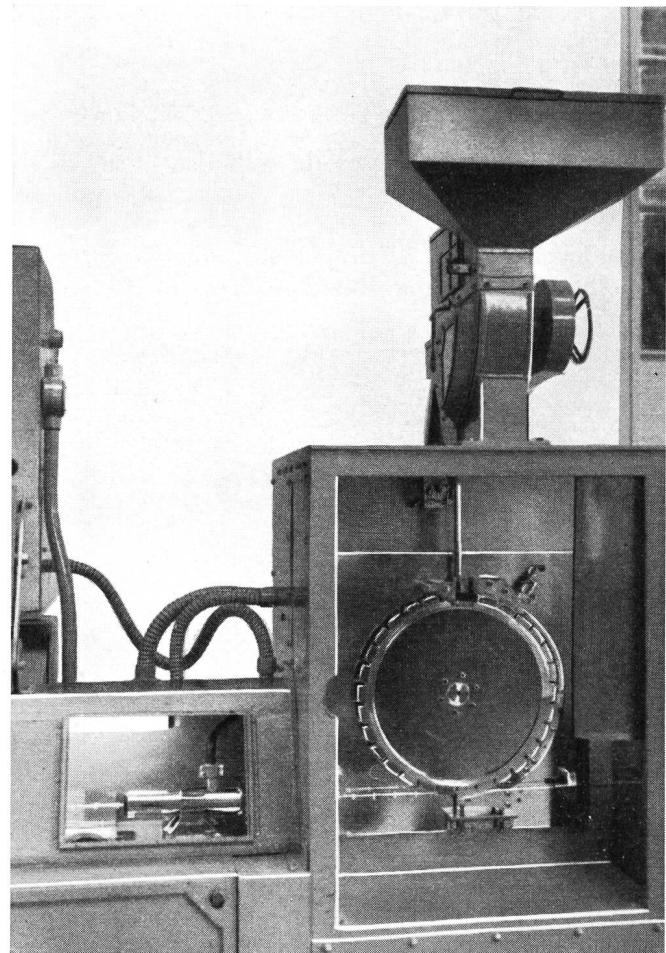


Fig. 5. La roue à encoches. Les disques de polythène sont fendus puis agrafés sur le conducteur central

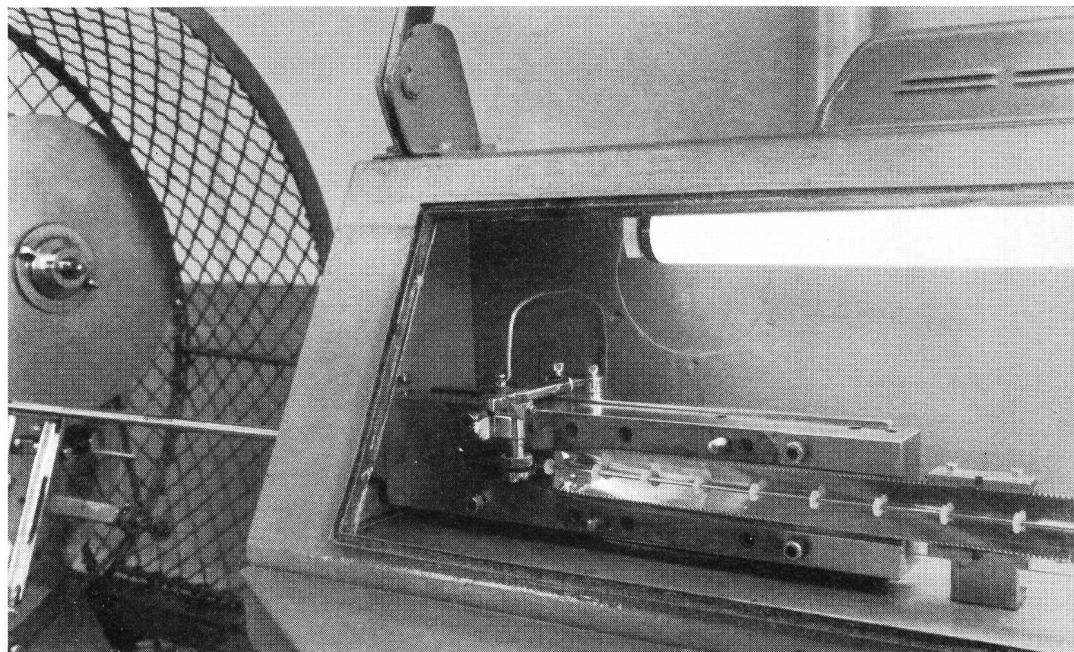


Fig. 6.

La matrice. Le feuillard de cuivre est enroulé autour des disques de polythène

plus maniable. La rigidité diélectrique de la paire de mesure est encore contrôlée avant le câblage. Le faisceau ainsi formé est isolé par trois couches de papier.

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

Extérieurement, le câble coaxial ne se différencie pas d'un câble ordinaire, aussi, pour éviter des méprises, un fil de repère de 1,8 mm est enroulé en même temps que le jute sur les câbles armés de feuillards; les câbles armés de fils méplats sont marqués

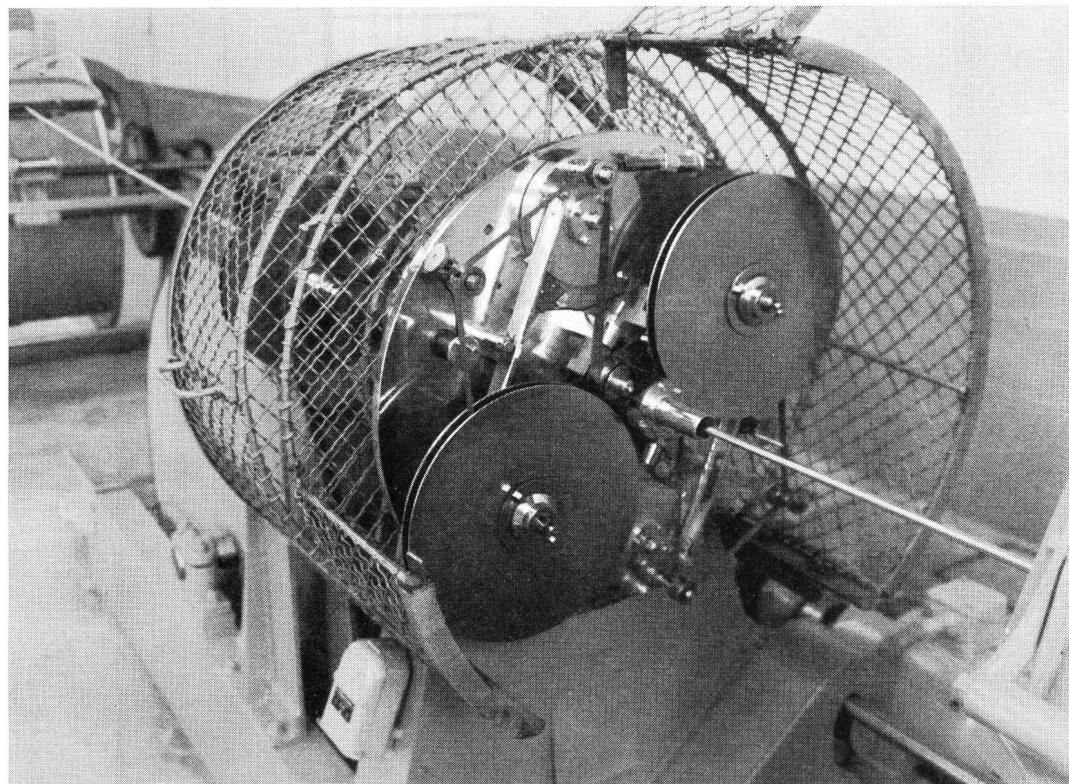


Fig. 7.

La tête à feuillards. Les feuillards d'acier doux sont enroulés autour du conducteur tubulaire sous une tension rigoureusement constante

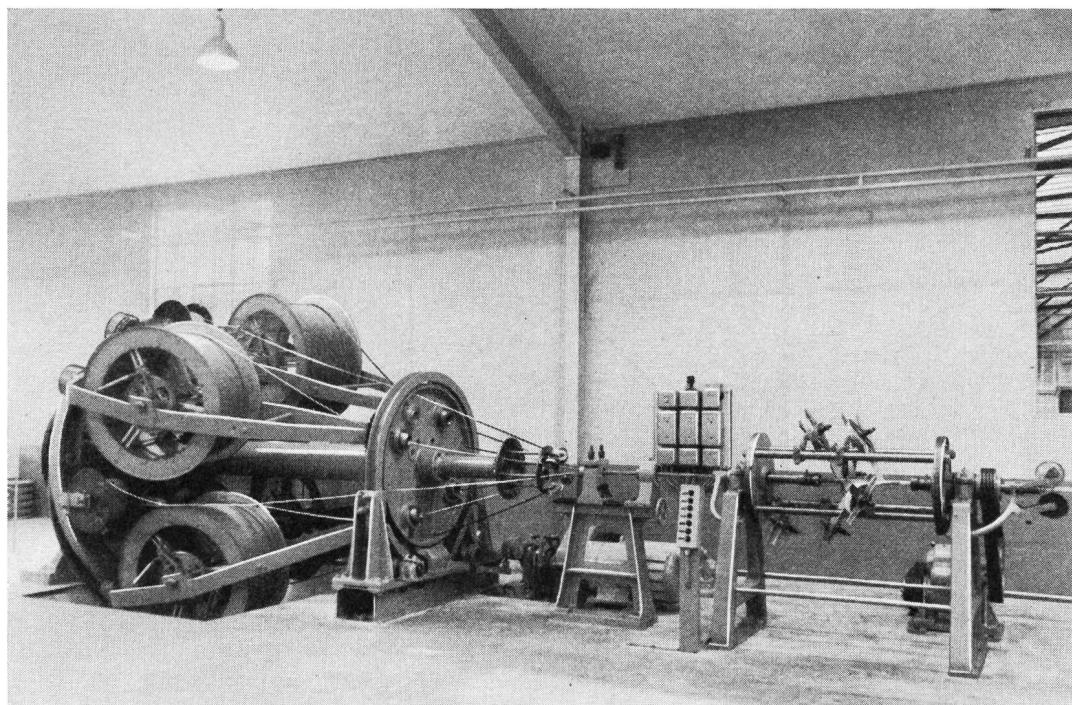


Fig. 8.

La machine à câbler. Les paires coaxiales, les faisceaux interstitiels et la paire de mesure sont toronnés ensemble

dans les chambres au moyen de plaquettes de désignation. Le câble est fabriqué en longueurs d'environ 1000 m qui ne sont sectionnées en quatre coupes normales de 233 m qu'avant d'être armées. La coupe est effectuée à coups de hache, afin d'éviter la sciure qui, en pénétrant dans les tubes, compromettrait leur rigidité diélectrique.

Les caractéristiques de la paire coaxiale et du câble sont contrôlées minutieusement après chaque opération de fabrication. L'impédance caractéristique et sa régularité sont mesurées et vérifiées au moyen de l'échomètre, appareil rappelant le radar, qui envoie des impulsions extrêmement courtes de l'ordre de 0,05  $\mu$ sec et permet d'observer et de mesurer les échos produits par les irrégularités d'impédance de la paire coaxiale<sup>1)</sup> (fig. 9).

Avant leur expédition, les longueurs normales de câbles de 233 m sont triées et groupées de manière qu'au montage, les écarts d'impédance des paires aux points d'épissure ne dépassent pas 0,2 ohm. On obtient ainsi une homogénéité maximum de chaque section d'amplification. Afin de faciliter ce triage, on n'utilise en principe que des câbles armés de feuillards ou avec double armure de fils méplats.

#### 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.

Le rayon de courbure minimum toléré est de 60 cm. La formation de boucles est interdite. 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 (fig. 10).

En terrain meuble, le câble est posé à une profondeur de 90 cm, sans autre protection qu'une armure de deux feuillards d'acier. Le fond de la fouille doit

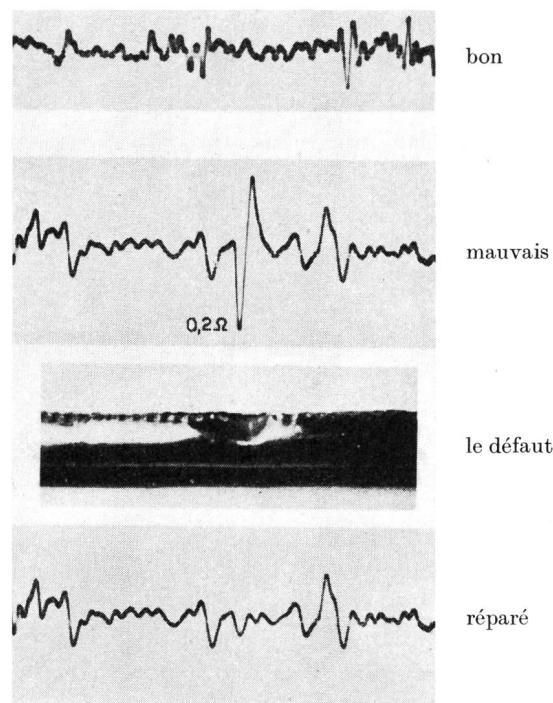


Fig. 9. Echogrammes

<sup>1)</sup> Voir P. Fellrath. Une nouvelle technique de mesure des câbles coaxiaux. Bulletin ASE 1951, n° 25, p. 1000.



Fig. 10. Pose de câble dans la neige. Le câble coaxial est tiré sur des galets

être bien nivelé, afin que le câble ne repose pas en porte-à-faux. On le place entre deux couches de terre fine et on dispose en dessus un grillage à grosses mailles en fil de fer (fig. 11). 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, ce qui facilite le réglage de l'amplification. Dans les fortes déclivités, le câble est muni d'une double armure de fils de fer méplats et amarré de manière que les épissures ne subissent aucun effort de traction.

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 minima. Le câble est alors muni d'une double armure de fils de fer méplats. La mise en place dans les chambres s'effectue au moyen d'outils spéciaux.

*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 en outre 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. Les travaux entrepris pour les traversées sous-fluviales de la Thièle et de la Sarine feront l'objet d'un exposé spécial dans ce bulletin.

La traversée du Rhin (fig. 12) 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 d'environ

15 m (fig. 13), afin d'assurer au câble une distance suffisante au-dessus du niveau du Rhin – la flèche atteint 6,85 m et la hauteur minimum au-dessus des hautes eaux 3,2 m – et permettre, le cas 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 est protégé par une double armure de fils méplats. Il est fixé au moyen d'un fil d'acier inoxydable au chrome-nickel de 2,25 mm de diamètre et 345 kg de charge de rupture, enroulé en hélice avec un pas de 30 cm. 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 (fig. 14). Pour augmenter la sécurité, tous les 2 m sur 2,5 cm et tous les 20 m sur 5 cm, des ligatures en fil d'acier inoxydable de 2,0 mm de diamètre et 270 kg de charge de rupture ont été effectuées. 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. La machine enrouleuse sert également à se déplacer le long du câble lors de travaux d'entretien ou de réparation. Un procédé aussi simple qu'ingénieux permet d'écartier le câble du porteur sur 2 à 3 m. Il est ainsi facile

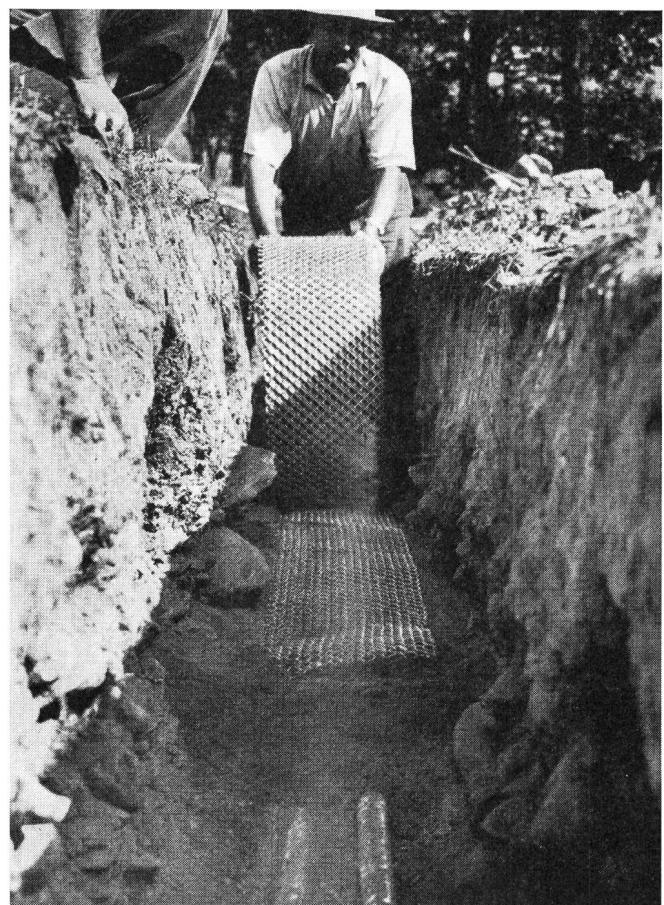


Fig. 11. Pose du câble. Le câble est recouvert d'un treillis

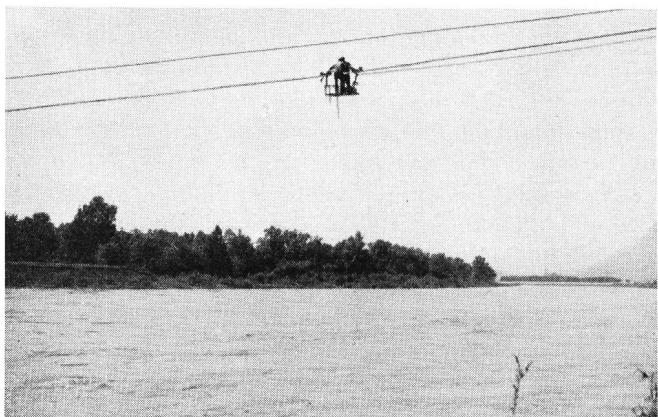


Fig. 12. Traversée aérienne du Rhin. Confection des ligatures tous les 2 m

d'atteindre la gaine pour effectuer une réparation. On ne nuit en aucune façon à la résistance mécanique du système, ce qui est un avantage sur les câbles autoporteurs.

Cette traversée est la première du genre en Suisse. Les travaux de montage ont duré une quinzaine de jours et exigé environ 600 heures de travail.

### 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 peut pas être équilibré par croisements, vu les hautes fréquences transmises dont la longueur



Fig. 13. Traversée aérienne du Rhin: un des pylônes

d'onde est inférieure à une longueur de câble de 230 m. Seules les quartes interstitielles sont équilibrées en basse fréquence.

Nous avons adopté en Suisse l'épissure très simple du système « Standard » (fig. 15). Les conducteurs centraux sont réunis au moyen d'un manchon soudé, portant en son milieu un disque isolant pour en assurer le centrage, et les tubes extérieurs au moyen d'une douille bimétallique (cuivre-fer) 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 ou en téflon. Un gant en caoutchouc placé à chaque extrémité de l'épissure et enserrant fortement les quatre 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 très important



Fig. 14. La machine à enrouler le fil d'attache

que le conducteur tubulaire ne subisse aucune déformation. Il ne faut pas oublier non plus que le câble coaxial est un câble à courant fort. Il est donc nécessaire d'éviter que des poussières métalliques et autres impuretés ne pénètrent dans le tube et compromettent la rigidité diélectrique. Un essai 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.

L'épissure a nécessité la mise au point d'une technique de raccordement spéciale et d'un outillage absolument nouveau. Certains de nos artisans ont été initiés à ce travail dans un cours spécial de deux semaines.

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

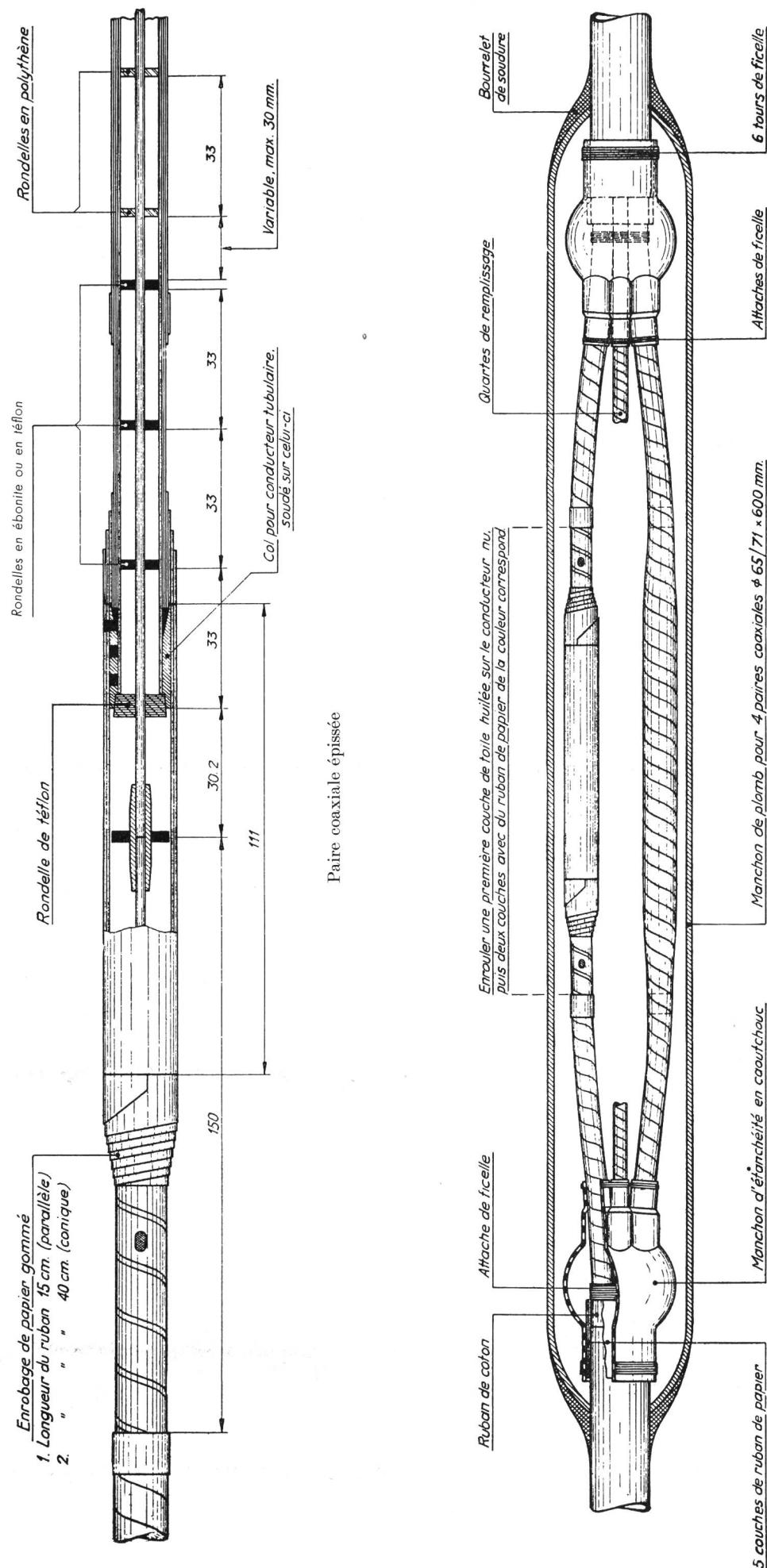


Fig. 15. Confection de l'épissure coaxiale

Epissure terminée

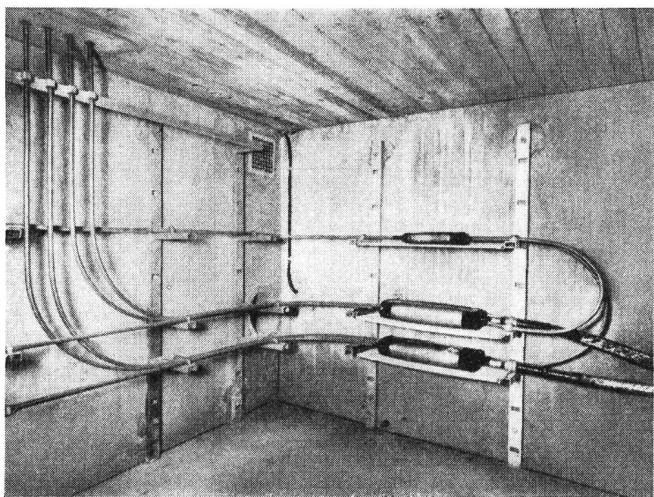


Fig. 16. Introduction des câbles par la cave dans une station de répéteurs intermédiaires

d'impédance au moyen de l'échomètre et l'étanchéité de l'enveloppe par un essai de pression pneumatique.

L'introduction du câble dans les stations de répéteurs se fait par la cave (fig. 16). 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'étriers coaxiaux qui permet de connecter ou déconnecter la paire (fig. 17).

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

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 à un contrôle de toutes les caractéristiques du câble.

## 6. La maintenance

On conçoit facilement qu'un câble dont chaque paire est susceptible de transmettre 960 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.

C'est après mûre réflexion qu'on a introduit en Suisse le contrôle permanent de l'isolement. Ce système de maintenance s'applique également aux

câbles à courants porteurs et aux câbles à basse fréquence ordinaires. Aussi, l'appareil construit à cet effet a-t-il été conçu pour contrôler au total 39 installations différentes. Un commutateur pas à pas raccorde successivement les câbles à surveiller au dispositif de mesure. La mesure dure environ 60 secondes et comprend deux périodes. Pendant les trente premières secondes, on charge le câble; l'appareil de mesure, un microampèremètre à contact, est ensuite inséré dans le circuit. Ce dernier ferme son contact lorsque l'isolement de l'installation tombe au-dessous de  $10 \text{ à } 20 \text{ M}\Omega$ . Afin d'éviter des alarmes intempestives, dues par exemple à de courtes surtensions induites dans le câble, le microampèremètre doit fermer son contact trois fois consécutivement durant une même période de mesure avant que l'alerte soit déclenchée. Le personnel peut ainsi intervenir rapidement et, dans bien des cas, réparer le dérangement avant même que le trafic ne soit troublé.

Dans les installations de câbles coaxiaux, un dispositif accessoire permet de déterminer quelle section d'amplification intermédiaire est défective. On surveille, au maximum, depuis une station principale, cinq sections de répéteurs intermédiaires dans chaque direction. Dans ces stations, des relais de coupure commandés à distance par la paire de mesure isolée au polythène permettent de sectionner dans les stations respectives les paires utilisées pour le contrôle. En déconnectant successivement chaque section et en mesurant simultanément l'isolement, on peut déterminer laquelle est défective.

Afin de limiter au minimum la durée d'interruption du trafic dans le cas de graves défauts, on a fait fabriquer quelques longueurs de 250 m de paires coaxiales, sous plomb, isolées au polythène plein. Tout comme

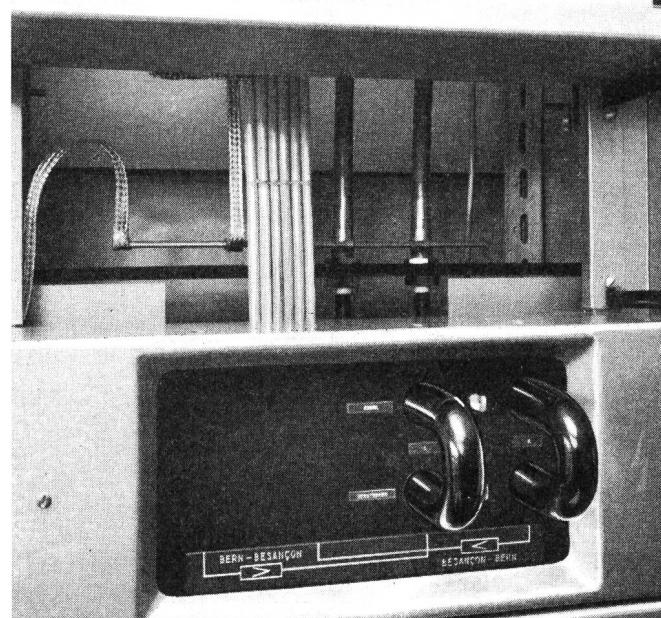


Fig. 17. Têtes de câbles étanches et étriers de connexion

avec les câbles de construction, il est ainsi possible de poncer la section défective entre deux épissures et de rétablir provisoirement le trafic.

L'installation Berne-Besançon qui vient d'être mise

en service, donne entière satisfaction. Les valeurs prescrites dans les cahiers des charges sont largement tenues. C'est un résultat encourageant pour le développement futur du réseau coaxial suisse.

## Vergleich zwischen Frequenz- und Phasenmodulation bei Sprache

Von G. Fontanellaz, Bern

621.396.619.13:621.396.619.14

**Zusammenfassung.** Es wird gezeigt, dass die Phasenmodulation gegenüber der Frequenzmodulation bei Übermittlung der Sprache (300...3400 Hz) ein um 8,2 dB besseres Nutzrauschverhältnis aufweist. Vorausgesetzt wird dabei für beide Modulationsarten ein gleiches Nutzrauschverhältnis auf der Hochfrequenzseite und ein gleich grosser mittlerer Frequenzhub. Ferner werden die Zusammenhänge zwischen Verständlichkeit und Geräuschabstand untersucht und miteinander verglichen.

Durch den Aufschwung der drahtlosen Nachrichtenübermittlung ist man gezwungen, die zur Verfügung stehenden Hochfrequenzbänder immer besser auszunutzen. Besonders bei den drahtlosen Telephonanlagen, die sich in letzter Zeit stark verbreitet haben, versucht man mit Hilfe zweckmässiger Übertragungssysteme eine dem öffentlichen Telephontest entsprechende Qualität zu erreichen. Im UKW-Gebiet werden sich aus naheliegenden Gründen die Frequenzmodulation (FM) und die Phasenmodulation (PhM) durchsetzen. Gegenüber der Amplitudens modulation besitzen die beiden beachtliche Vorteile:

- Bei den üblichen Hochfrequenzempfangsleistungen ist das Verhältnis Signal zu Rauschen viel günstiger.
- Die Leistungsstufen der Sender sind einfacher und betriebssicherer.
- Mit Hilfe der Begrenzerstufe ist das demodulierte Nutzsignal weitgehend unabhängig von der Grösse eines schwankenden Hochfrequenzsignals.

In dieser Arbeit sollen deshalb einmal die beiden Modulationsarten (FM und PhM) bei Sprachübertragung genauer miteinander verglichen werden. Um einen Gewinn des einen oder andern Systems bestimmen zu können, berechnen wir bei einem gegebenen Nutz-Störsignalverhältnis des Hochfrequenzsignals und einem bestimmten mittleren Frequenzhub den Geräuschabstand am Ausgang der Empfänger. Da die Qualität einer Übertragung nicht nur vom Geräuschabstand, sondern bei Sprache auch durch die Verständlichkeit gegeben ist, wollen wir auch diese berechnen.

### Geräuschabstand

Bekanntlich unterscheiden sich Frequenz- und Phasenmodulation lediglich im funktionellen Zusammenhang zwischen Modulationsfrequenz und Frequenzhub: Bei FM ist der Frequenzhub unabhängig von der Modulationsfrequenz, bei PhM dagegen erhalten wir einen mit der Modulationsfrequenz linear ansteigenden Frequenzhub. Um gleichzeitig die beiden Modulationsarten erfassen zu können, setzen

**Résumé.** L'auteur montre que, pour la transmission de la voix (300...3400 Hz), la modulation de phase présente sur la modulation de fréquence un rapport signal utile-bruit amélioré de 8,2 dB, à condition qu'on ait pour les deux genres de modulations un même rapport signal utile-bruit côté haute fréquence et une même déviation de fréquence moyenne. Il examine ensuite et compare entre eux les rapports existant entre la netteté et l'écart signal-bruit.

wir die Ausgangsspannung am Ausgang des Diskriminators proportional dem Frequenzhub und einem Frequenzkorrekturfaktor  $\beta(f)$ .

$$u_n(f) = k_1 \Delta f(f) \cdot \beta(f) \quad (1)$$

Im Hinblick auf die kontinuierliche Energieverteilung der Sprache sei die obige Gleichung nur auf das kleine Frequenzintervall  $\Delta f$  bezogen. Es ist:

$u_n(f)$ : Effektive Nutzspannung im Intervall  $\Delta f$ ;

$\Delta f(f)$ : Effektiver Frequenzhub für das Intervall  $\Delta f$ ;

$k_1$ : Der Proportionalitätsfaktor. Er folgt aus der Demodulationscharakteristik des Diskriminators;

$\beta(f)$ : Frequenzkorrekturfaktor.

$$\left( \text{FM} : \beta(f) = 1; \text{PhM} : \beta(f) = \frac{f_{\text{PhM}}}{f} \right)$$

Die gesamte Nutzleistung ist proportional der Summe der Quadrate aller Teilspannungen.

$$U_n^2 = \int_{f_1}^{f_2} u_n^2(f) \cdot df = k_1^2 \int_{f_1}^{f_2} \left[ \Delta f(f) \cdot \beta(f) \right]^2 df \quad (2)$$

Da wir zum Vergleich beider Modulationsarten einen gleichen mittleren Frequenzhub  $\Delta F$  voraussetzen, gilt folgende Gleichung:

$$\Delta F^2 = \int_{f_1}^{f_2} \left[ \Delta f(f) \right]^2 \cdot df = \text{konstant} \quad (3)$$

In der Praxis werden die Anlagen meistens mit Sinusspannungen eingestellt. Wir wollen deshalb für Phasenmodulation diejenige Modulationsfrequenz  $f_{\text{PhM}}$  bestimmen, bei der wir den gleichen effektiven Frequenzhub erhalten wie bei der Aussteuerung mit Sprache. Mit  $n(f)$  bezeichnen wir die Amplitudeverteilung der Sprache (s. Fig. 1). Die spezifische Energie der menschlichen Sprache ist nach den statistischen Untersuchungen im Frequenzband etwa bei 400 Hz maximal und nimmt mit zunehmender Frequenz ab. Bei der Phasenmodulation steigt nun der Frequenzhub linear mit der Modulationsfrequenz an. Damit errechnet sich die gesuchte Vergleichsfrequenz aus der folgenden Beziehung: