

# Câbles de distribution pour installations communautaires de télévision

Autor(en): **Fellrath, P.H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **61 (1970)**

Heft 21

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915990>

## **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.

## Câbles de distribution pour installations communautaires de télévision

Conférence donnée à la 29<sup>e</sup> Journée suisse de la technique des télécommunications le 25 juin 1970 à Bienne

par P. H. Fellrath, Cortaillod

3044-3059

621.397:621.315.212

Une notable partie des investissements afférent aux réseaux de distribution par fil de télévision au domicile des abonnés concerne les câbles. La qualité de la transmission des signaux est fonction de celle de cette infrastructure.

Comment les câbles sont-ils constitués, à quels critères doivent-ils répondre, comment les fabriquer et les jonctionner? C'est à ces questions que nous tenterons de répondre ici.

En général, un tel réseau comporte plusieurs types de câbles:

- a) câbles primaires à faibles pertes pour les longues artères sans dérivation
- b) câbles secondaires et tertiaires jusqu'à l'entrée des maisons
- c) câbles de raccordement jusqu'aux récepteurs.

Deux systèmes de transmission sont concevables: En HF, en recourant à une paire coaxiale ou symétrique par programme ou en THF où une seule paire coaxiale transmet tous les programmes, en principe sans aucune transposition de fréquence, de manière à pouvoir utiliser des récepteurs conventionnels.

L'évolution actuelle en faveur des systèmes THF permet aux installateurs d'offrir d'avantage de programmes à leurs abonnés.

La fig. 1 présente quelques câbles coaxiaux à isolation massive, cellulaire ou semi-aérée. Les conducteurs intérieurs et extérieurs sont en cuivre.

Sur la fig. 2, on aperçoit une série de câbles «Filovision» constituant l'équipement normal d'un réseau TV, depuis le câble primaire jusqu'au câble de raccordement. Les conducteurs extérieurs sont ici en aluminium.

### Critères mécaniques

Un câble TV est appelé à être tiré dans des tuyaux, déroulé dans des fouilles ouvertes, suspendu entre poteaux, plié dans les appartements à angle droit. Il doit résister à toutes ces sollicitations sans rien perdre de ses qualités. Son enveloppe

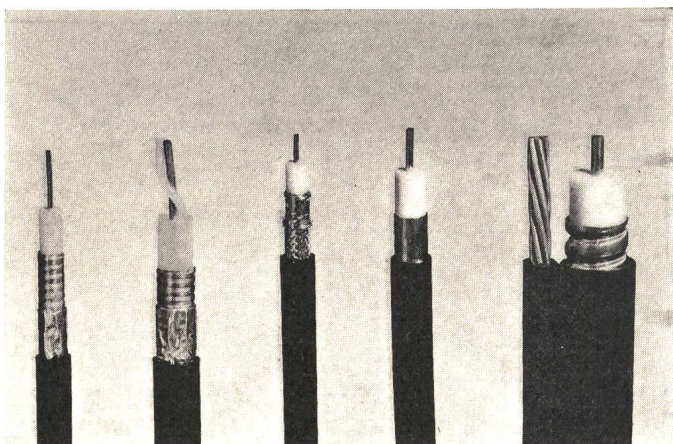


Fig. 1  
Divers câbles pour réseaux TV

extérieure étanche à l'eau, résistante à toute corrosion, supportera aussi bien le froid que le chaud sans fissuration.

### Critères électriques

Les exigences concernant les qualités de transmission des câbles jusqu'à 300 ou 500 MHz sont nombreuses. Certains facteurs influençant la qualité des images et comportant de ce fait un aspect subjectif, font encore l'objet de recherches intensives.

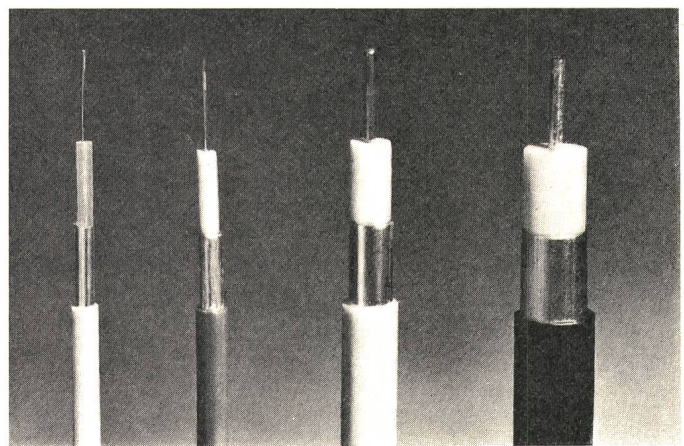


Fig. 2  
Câbles «Filovision»

Les paramètres essentiels régissant les propriétés de transmission des câbles sont les suivantes:

- a) la dispersion des impédances aux extrémités des coupes de câbles
- b) la régularité de l'impédance en ligne
- c) l'affaiblissement linéique
- d) l'affaiblissement provoqué par des défauts répétitifs ou taux d'ondes stationnaires
- e) le facteur d'écran.

En analysant de plus près ces paramètres, nous verrons l'influence des divers éléments constitutifs du câble.

### L'impédance

L'impédance nominale est généralement fixée à 75 ou 60  $\Omega$  pour les paires coaxiales, à 90  $\Omega$  pour les paires symétriques sous écran et 110  $\Omega$  pour les paires symétriques sans écran.

La formule

$$Z = \frac{60}{\sqrt{E_r}} \ln \frac{D}{d}$$

valable en HF

fait ressortir l'influence de la permittivité de l'isolant et des dimensions des conducteurs (fig. 3).

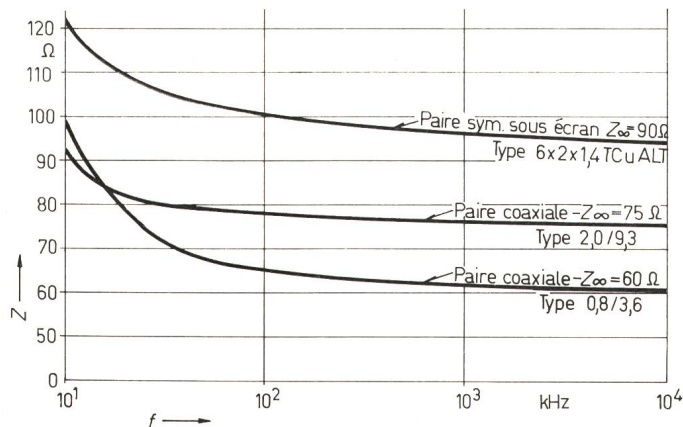


Fig. 3  
Câbles pour la transmission HF  
Caractéristiques impédance  $Z$  / fréquence  $f$

Le choix d'un isolant en polyéthylène cellulaire par rapport à un polyéthylène massif, réduit le diamètre extérieur de 45% pour une même impédance.

### La régularité d'impédance

Des variations brusques d'impédance provoquent des réflexions causant une dégradation des images ou même des phénomènes d'écho. Des affaiblissements de régularité de 48 dB pour les câbles primaires, 40 dB pour les câbles secondaires et 30 dB pour les câbles de raccordement assurent la qualité requise. Ces exigences relativement élevées sont imposées essentiellement par la désadaptation des amplificateurs aux lignes.

Pour provoquer une réflexion de 48 dB sur un câble du type « Filovision 2,0/9,3 », il suffit d'une variation de  $\pm 0,02$  mm du  $\varnothing$  du conducteur central ou d'une variation de  $\pm 0,1$  mm du  $\varnothing$  du conducteur extérieur. Le même effet peut provenir d'une variation d'environ 1% de la permittivité.

Ces infimes défauts sont détectés au moyen d'un échomètre émettant des impulsions de 10 ns de durée moyenne (fig. 4). L'image obtenue sur l'écran a l'allure suivante (fig. 5): on détecte aisément sur l'échogramme une réflexion de 48 dB au centre de l'image, localisée à 125 m de l'extrémité de mesure, avec une précision de 2%. Ce même appareil permet de mesurer les impédances d'extrémité avec une précision de  $\pm 0,05$   $\Omega$ .

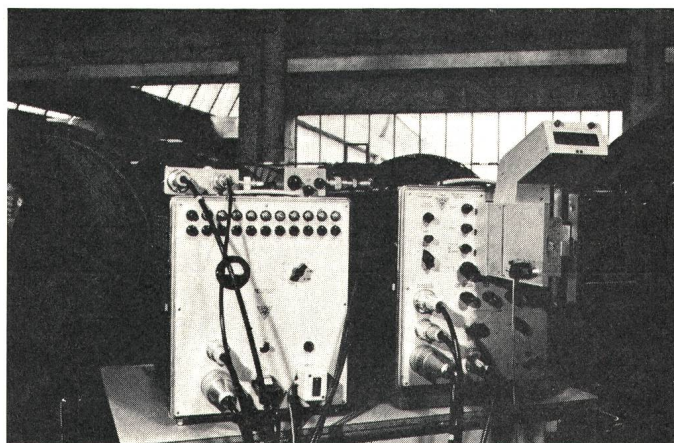


Fig. 4  
Echomètre à impulsions de 10 ns

### Affaiblissement

L'affaiblissement linéique d'une ligne coaxiale dépend de la nature des dimensions des conducteurs, de l'isolant choisi et de la fréquence.

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{R}{Z_0} + \frac{1}{2} G Z_0$$

Le premier terme correspond aux pertes dans les conducteurs et le second dans l'isolant. On démontre que cette relation peut aussi s'écrire sous la forme:

$$\alpha = K_1 \sqrt{\epsilon} \cdot \sqrt{f} \cdot F_D + K_2 \sqrt{\epsilon} \cdot f \cdot \text{tg } \delta$$

où  $F_D$  est un facteur qui tient compte des dimensions et de la nature des conducteurs et  $\delta$  l'angle de perte du diélectrique.

Pour le conducteur central, on utilise généralement du cuivre, mais pour le conducteur extérieur, l'aluminium, qui n'entraîne qu'une très faible augmentation de l'atténuation, est souvent préféré au cuivre pour des raisons économiques.

Le choix du diélectrique est très important. Il doit avoir une permittivité et un angle de perte aussi faibles que possible. On exige fréquemment aussi l'étanchéité longitudinale du câble de façon à éviter, en cas d'accident, la pénétration d'eau sur une grande longueur. Cette exigence exclu l'emploi d'iso-

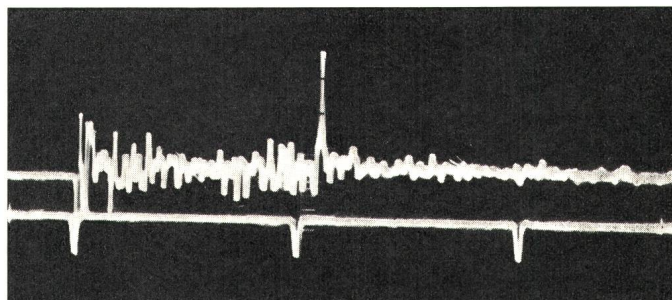


Fig. 5  
Régularité d'impédance  
Echogramme avec impulsions de 10 ns  
1 cm  $\triangleq$  50 dB; 1  $\mu$ s  $\triangleq$  125 m

lants semi-aérés, tels que spirales de polyéthylène ou tube supporté par des rayons, solutions qui permettraient d'abaisser la permittivité.

Le polyéthylène cellulaire, dont la constante diélectrique varie entre 1,4 et 1,5, est un isolant des plus utilisés actuellement. A la fréquence de 200 MHz, l'affaiblissement d'un câble isolé au PEC est 25% plus faible que dans un câble de mêmes dimensions, mais dont l'isolation est constituée de polyéthylène massif.

L'affaiblissement des câbles à paires symétriques est influencé par les mêmes facteurs. En B.F. l'influence des pertes directement proportionnelles à la fréquence est plus marquée (fig. 6).

### Taux d'ondes stationnaires

Un câble d'une régularité même supérieure aux exigences décrites précédemment pourrait cependant présenter d'infimes défauts à espacement parfaitement réguliers invisibles à l'échomètre, mais susceptibles de perturber la transmission de fréquences liées à l'espacement des défauts.

Chaque irrégularité provoque en effet une réflexion d'énergie, ces réflexions s'additionnent en phase et en amplitude pour causer une véritable désadaptation à l'entrée du câble que l'on

mesure comme un taux d'ondes stationnaires usuel. A la réception, la perte d'énergie non transmise se traduit par une augmentation de l'affaiblissement de la fréquence incriminée. La résonance s'établit quand la distance entre deux défauts est égale à la demi longueur d'onde et à ses multiples entiers.

L'affaiblissement supplémentaire dépend de l'amplitude des réflexions élémentaires, de l'affaiblissement du câble et de la longueur du câble.

Deux auteurs américains, *Lubars* et *Olszewski*, ont publié récemment une étude analysant l'influence de ces divers paramètres [1]<sup>1)</sup>. Ils démontrent que pour des câbles de 10 à 20 mm de  $\varnothing$  extérieur, l'amplitude du TOS tend vers une asymptote à partir de 300 à 500 m à la fréquence de 200 MHz.

Quelles sont les tolérances sur le TOS et quelles conséquences ont-elles sur la construction du câble?

La pratique actuelle situe aux environs de 26 dB, soit un facteur de 1,10, le TOS admissible pour les câbles primaires. Une telle désadaptation d'entrée provoque à la sortie du câble un affaiblissement supplémentaire de 0,43 dB. Si les défauts étaient parfaitement systématiques, leur effet se cumulerait

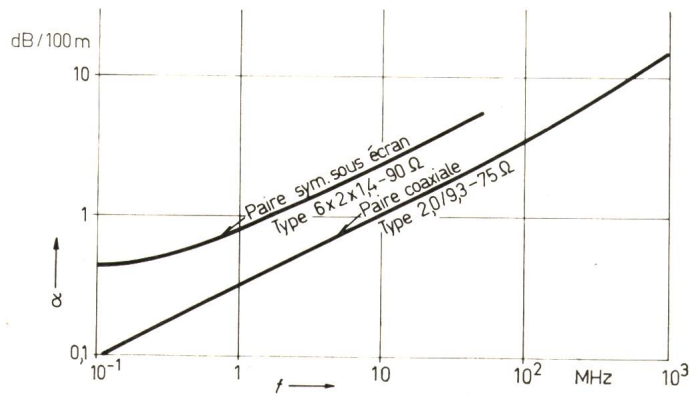


Fig. 6

Caractéristiques d'affaiblissement de paires coaxiale et symétrique

après chaque amplificateur, limitant ainsi rapidement la longueur des lignes de distribution. Il n'en est heureusement pas tout à fait ainsi, les fréquences de résonances étant en général différentes d'une série de fabrication à l'autre et différentes pour chaque type de câble.

Les relations établies par *Lubars* et *Olszewski* permettent de déterminer les coefficients de réflexion élémentaires, sources des ondes stationnaires.

Pour un TOS de 26 dB et une ligne infinie, il suffit que les défauts aient un affaiblissement de 70, 75 ou 80 dB pour des câbles Filovision du type 1, 2/5, 6, 2,0/9,3 et 3,2/14,5 mm  $\varnothing$ . Ceci correspond à des coefficients de réflexion  $\Delta Z/2Z$  de, resp.  $3 \cdot 10^{-4}$ ,  $2 \cdot 10^{-4}$  et  $1 \cdot 10^{-4}$ .

Les variations de diamètre correspondant à ces réflexions ne dépassent pas 1  $\mu$ m pour le conducteur central et 4,6  $\mu$ m pour le conducteur extérieur. La capacité ou la permittivité ne devrait pas varier de  $\pm 1,1\%$ ,  $\pm 0,8\%$ ,  $\pm 0,4\%$  pour les 3 câbles considérés.

Ces chiffres montrent bien les exigences considérables qu'imposent à la fabrication du câble les impératifs de limitation du taux des ondes stationnaires. On voit en particulier que les variations systématiques dimensionnelles doivent être

<sup>1)</sup> Voir bibliographie à la fin de l'article.

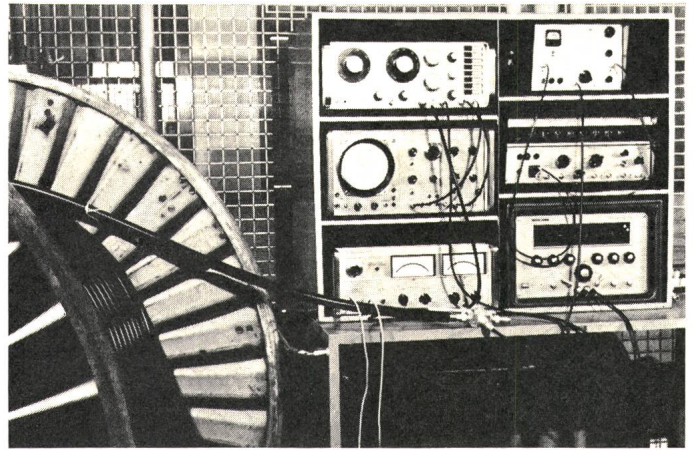


Fig. 7

Appareillage de mesure du TOS

considérablement plus restreintes que les variations aléatoires. Pour mesurer ces réflexions, on utilise un oscillateur et un oscilloscope wobulés entre 500 kHz et 1000 MHz. Un pont de mesure directionnel sépare le signal réfléchi. L'étalonnage se fait par désadaptation du pont. Pour déterminer la fréquence d'une pointe de réflexion particulière, il suffit d'arrêter le balayage de fréquence, d'accorder l'oscillateur sur la fréquence critique et de lire sur un onde-mètre digital la fréquence recherchée. La fig. 7 montre un tel arrangement de mesure. et la fig. 8 un enregistrement du TOS.

Les lignes marquées à 20 et 26 dB sont provoquées par les désadaptations d'étalonnage. On peut aisément déterminer ainsi les amplitudes et les fréquences de réflexions systématiques.

### Facteur d'écran

Les systèmes de transmission travaillant dans la bande HF jusqu'à 10 ou 20 MHz utilisent plusieurs paires symétriques ou coaxiales en parallèle. Malgré la présence d'écrans, les paires symétriques ont un affaiblissement de diaphonie ou de diavision qui en limite l'emploi aux fréquences élevées. La fig. 9 présente les courbes d'affaiblissement de diaphonie entre 2 paires coaxiales du type Filovision 1, 2/5, 6 et entre 2 paires symétriques de 0,9 mm  $\varnothing$  sans écran. Pour comparer l'efficacité de l'écran de paires coaxiales, on définit une impédance de transfert comme étant le rapport de la tension mesurée sur

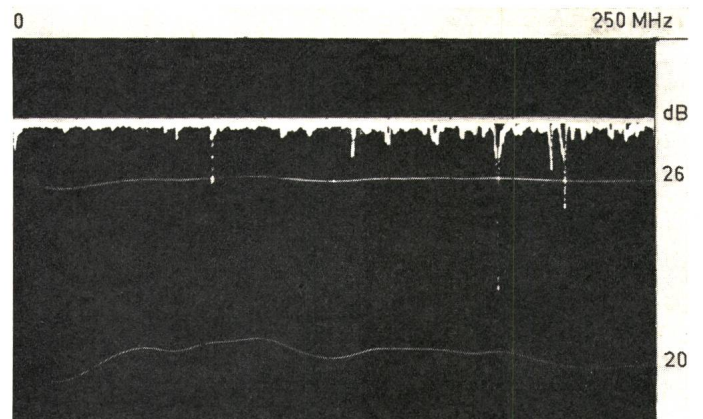


Fig. 8

Enregistrement du TOS entre 0 et 250 MHz  
Marques d'étalonnage à 20 et 26 dB

l'écran dans le système perturbé au courant traversant le système perturbateur.

Le câble coaxial devant être à l'abri des perturbations extérieures, il est essentiel de réduire cette impédance de transfert. Les conducteurs extérieurs des câbles coaxiaux sont constitués de tresses simples, de tresses doubles ou de rubans métalliques. La fig. 10 montre les impédances de transfert ou facteur d'écran de ces 3 constructions.

### Fabrication

La réalisation de câbles répondant aux exigences mentionnées n'est, contrairement aux apparences, pas aisée. Le conducteur central en cuivre massif ou tubulaire pour les très gros diamètres, fait l'objet de spécifications particulières et de soins attentifs pour lui éviter toute variation cyclique. L'isolation en polyéthylène mousse exige de la boudineuse une régularité exceptionnelle [2]: Aucune variation périodique de débit supérieure à 0,05 ou 0,09‰ selon diamètre des câbles n'est

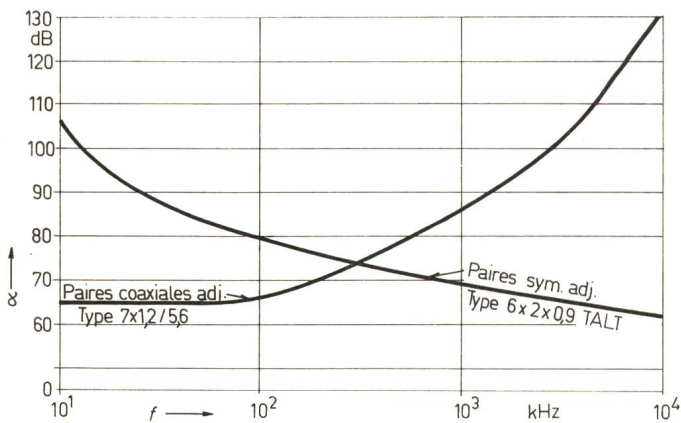


Fig. 9

#### Diaphonie entre 2 paires adjacentes

Caractéristiques diaphonie/fréquence; longueurs considérées: 250 m

tolérable, ce qui conduit à choisir des entraînements de haute stabilité et des thermostatisations garantissant des variations de température inférieures à 0,5 °C dans la masse du P. E. La variation de vitesse instantanée du défilement du conducteur sera elle aussi inférieure à 0,1%. La fig. 11 montre l'extrusion du PEC sur un conducteur de 3,2 mm de  $\varnothing$ . On distingue l'expansion progressive de l'isolant. Sur la fig. 12, on aperçoit le cabestan

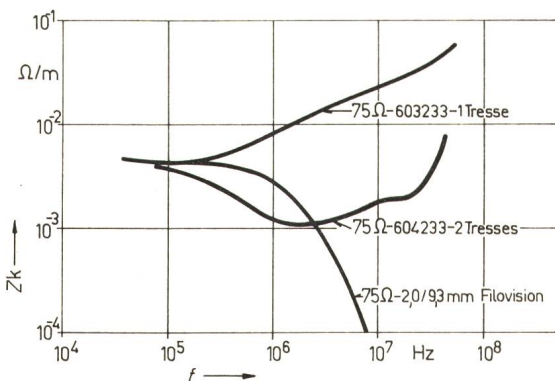


Fig. 10

#### Impédances de transfert mesurées sur 3 types de paires coaxiales

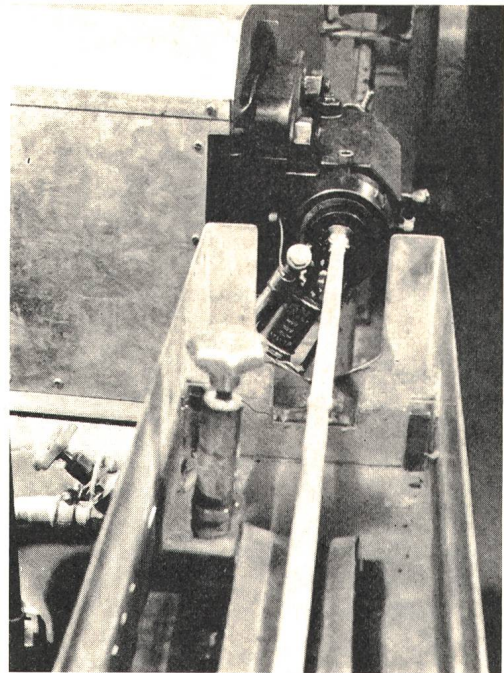


Fig. 11

#### Expansion du polyéthène cellulaire

imprimant au conducteur central la régularité de défilement souhaitée.

Les conducteurs extérieurs sont constitués d'écrans métalliques ou de rubans de cuivre repliés et soudés longitudinalement puis étirés ou ondulés au diamètre correct.

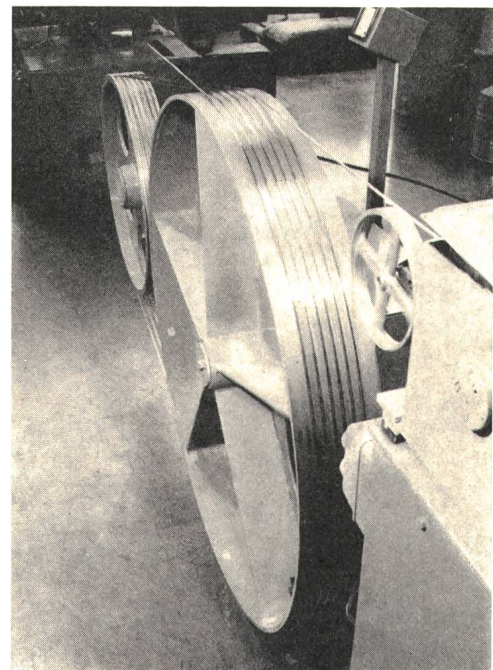


Fig. 12

#### Cabestan

Une technique plus récente utilise des rubans d'aluminium recouverts d'une pellicule de copolymère. Le ruban est replié en forme de tube puis immédiatement recouvert d'un manteau de polyéthylène qui se soude au copolymère. Ce procédé assure au câble une étanchéité parfaite et une flexibilité remarquable.

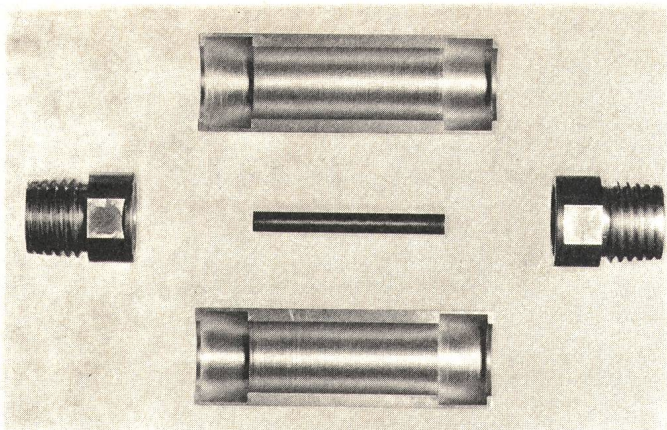


Fig. 13  
Matériel pour jonction de câbles «Filovision»

### Raccordements

Les jonctions de câbles ne devraient pas provoquer de réflexions supérieures à celles admises dans le câble. Les écarts d'impédance entre coupes adjacentes et la désadaptation propre au matériel d'épissure sont ainsi clairement limités. Tenant compte des particularités de ses câbles, chaque fabricant propose le matériel d'épissure le mieux adapté. Dans la mesure du possible, on s'en tient aux recommandations de la CEI. Pour les câbles Filovision, aucun matériel standardisé ne convenant, un dispositif de jonctionnement simple a été mis au point (fig. 13).

Après avoir retiré l'isolation sur 10 à 15 mm au moyen d'un outil approprié, on introduit sous l'aluminium une douille filetée.

Les conducteurs centraux sont soudés à l'intérieur d'un manchon de cuivre et les 2 douilles reliées par 2 coquilles bien

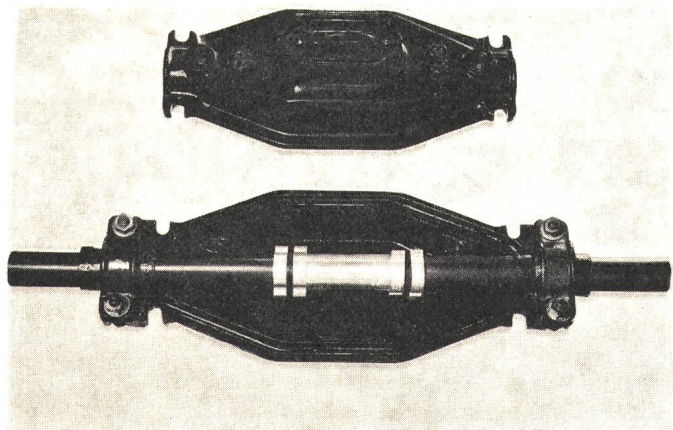


Fig. 14  
Jonction et boîte de protection

ajustées. Des brides «O-Clip» garantissent la pression nécessaire à un contact parfait. La jonction est ensuite placée dans une boîte de protection remplie de matière non hygroscopique, évitant toute pénétration d'humidité dans l'épissure (fig. 14). Des embouts et boîtes de protection de conception similaire sont utilisés pour réaliser les dérives (fig. 15).

### Conclusion

Les exigences des téléspectateurs imposent aux fabricants de câbles pour réseaux de distribution des contingences de qualité qui se situent à la limite des possibilités technologiques actuelles.

Certains facteurs tels que les variations de phase et d'amplitude provoqués par des défauts répétitifs font encore l'objet d'études approfondies. La tendance à vouloir transmettre

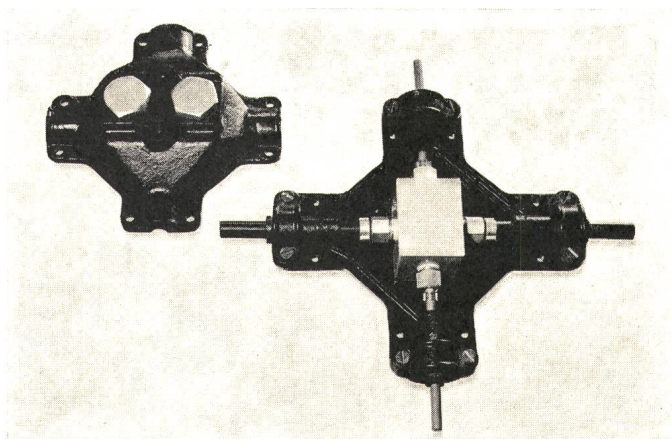


Fig. 15  
Dérivation et boîte de protection

davantage de programmes aux abonnés imposera aux systèmes l'emploi de fréquences toujours plus élevées. L'affaiblissement des câbles devra être réduit en augmentant leur diamètre ou en diminuant leurs pertes diélectriques. Les performances des amplificateurs et du matériel de connexion devront être parfaitement cordonnées avec celles des câbles, de façon à atteindre les niveaux de qualité recherchés.

### Bibliographie

- [1] H. Lubars and J. A. Olszewski: Analysis of structural return loss in coaxial cables. Part I and II. TV Communications 6(1969)6, p. 108...118 und No. 7, p. 138...145.
- [2] B. H. Maddock: Choosing the right extruder for PE foam-insulated CATV cable. Modern Plastics 46(1969)12, p. 134...145.

### Adresse de l'auteur:

P. H. Fellrath, ingénieur dipl., directeur, Société d'Exploitation des Câbles Electriques, 2016 Cortaillod.