Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 70 (1979)

Heft: 15

Artikel: Fibres, câbles et accessoires de montage des lignes de transmissions par fibres optiques

Autor: Benoit, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905403

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: 02.07.2025

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

Fibres, câbles et accessoires de montage des lignes de transmissions par fibres optiques

Par P. Benoît

681.7.068 : 621.391.63;

Différents procédés de fabrications de fibres ainsi que quelques structures de câbles sont décrits. Les accessoires nécessaires à l'installation des lignes de transmissions sont passés en revue. Parmi eux, les coupleurs et les connecteurs sont examinés plus en détail.

Es werden verschiedene Fabrikationsverfahren von Glasfasern sowie einige Kabelstrukturen beschrieben. Die Zubehörteile für den Aufbau von Übertragungsleitungen werden erwähnt, unter ihnen insbesondere die Stecker und Verbindungsstücke.

1. Introduction

Un système de transmission optique est constitué par une unité d'émission et une autre de réception, qui font toutes deux appel à des techniques bien connues. La première unité alimente un convertisseur «électricité/lumière» (émetteur optique) et la seconde est reliée à un convertisseur «lumière/électricité» (récepteur). Le support de transmission assurant le transfert de l'information est un câble optique avec ses accessoires de montage (connectique). Pour cette partie optique de la ligne, deux paramètres principaux conditionnent les caractéristiques du système de transmission: l'atténuation et la dispersion, que l'on cherche toutes deux à minimiser. L'article veut donc aborder les questions suivantes:

- Quels sont les paramètres principaux qui déterminent l'atténuation et la dispersion des diverses parties du système de transmission optique?
- Comment, en pratique, les minimiser?
- Quelles sont les performances des produits actuels?

2. Corrélations entre les divers paramètres

L'atténuation du câble optique est essentiellement déterminée par les pertes d'absorption et de diffusion, qui dépendent des matériaux choisis pour la fabrication de la fibre. A ces pertes, qui déterminent l'atténuation minimum, et qui sont de l'ordre de 2 dB/km pour une longueur d'onde de 850 nm, s'ajoutent celles provoquées par la structure, le conditionnement, les contraintes de fabrication et d'utilisation du produit. Ces phénomènes influencent les modes de propagation de la lumière et peuvent causer des pertes importantes selon la technologie utilisée. Sur le produit fini, on atteint actuellement des pertes de l'ordre de 4 dB/km.

La géométrie des fibres, leur sensibilité aux contraintes mécaniques et thermiques et les désalignements introduits par les éléments de connectique vont déterminer en partie les pertes de ces divers composants. Pour un connecteur, par ex., ces pertes peuvent être très nettement inférieures au décibel.

La dispersion, qui est liée à la bande passante, est déterminée par deux phénomènes distincts. Il s'agit, d'une part, de la dispersion intrinsèque, qui dépend de la variation de l'indice de réfraction des matériaux avec la longueur d'onde et de la largeur spectrale de la source lumineuse, et d'autre part de la dispersion modale, qui est déterminée par les indices de réfraction, les dimensions géométriques et les contraintes appliquées à la fibre. On atteint actuellement en pratique des dispersions de l'ordre de 1 ns/km.

Conférence donnée lors de la journée d'information de l'ASE sur les «transmissions d'informations par fibres optiques», le 13 juin 1979 à Berne.

3. La production des fibres optiques

Le choix des matériaux et celui de la technique de production seront faits pour minimiser les pertes d'absorption et surtout de diffusion, ces dernières étant prépondérantes dans le domaine spectral qui nous intéresse (fig. 1).

Les pertes d'absorption sont principalement dues à la présence d'impuretés telles que les ions métalliques, les ions hydroxyles et à la combinaison des bandes de valence. On a pu montrer que ces pertes sont minimales pour la silice pure (SiO_2).

Si la fibre ne doit pas transmettre des puissances supérieures à 50 MW/cm^2, on devra encore tenir compte de la diffusion de *Rayleigh*. Ces pertes sont dues à la structure moléculaire aléatoire de la silice, qui conduit à une variation locale de l'indice de réfraction, de dimensions inférieures à la longueur d'onde. Si ces pertes diminuent avec la 4e puissance de la longueur d'onde ($\sim 1/\lambda^4$), elles augmentent avec la température à laquelle la structure du verre peut être considérée comme figée. Un verre à bas point de fusion (500 à 800 ^{0}C) serait donc avantageux; cependant, d'autres paramètres tels que la compressibilité isotherme, la constante photoélastique, les fluctuations de concentration des oxydes de dopage, influencent ces

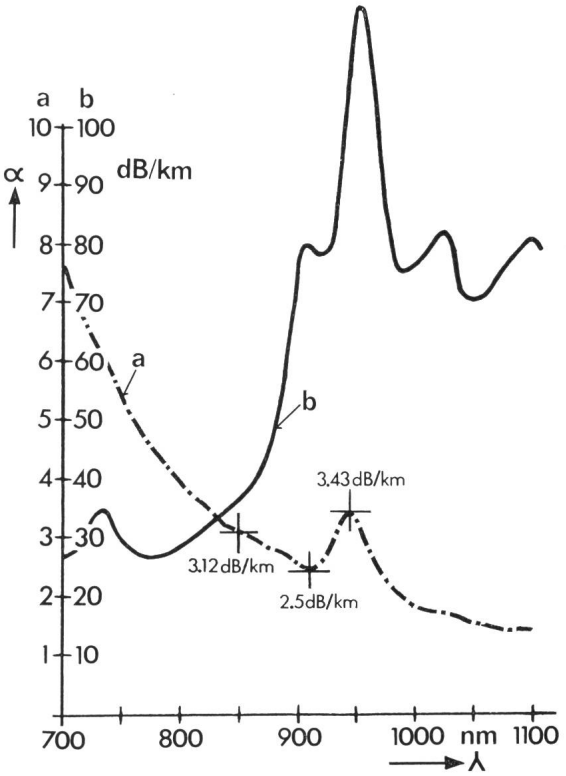

Fig. 1 **Atténuation α en fonction de la longueur d'onde λ**
a fibre à gradient FGI 50/125, gainée
b fibre PCS gainée

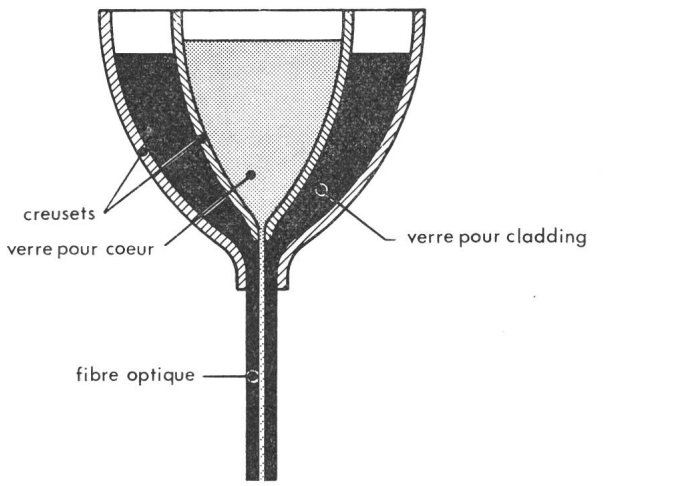

Fig. 2 Méthode du double creuset

pertes. Ici aussi, il apparaît que la silice est le matériau le plus avantageux.

Le choix de la silice impliquant une température de travail de l'ordre de 1600 °C, la *méthode du double creuset* est inutilisable pour fabriquer des fibres en silice [1]. Cette méthode (fig. 2), caractérisée par l'emploi de deux creusets concentriques généralement en platine contenant les verres destinés au «cladding» et au cœur de la fibre, doit utiliser des verres composites à bas point de fusion, afin de limiter leur pollution par les ions métalliques et les ions hydroxyles. Si l'on peut réaliser des fibres à gradient d'indice en favorisant la diffusion de dopants du cladding vers le cœur, dans la région des buses d'étirage, on ne peut créer des barrières empêchant la diffusion d'impuretés. Cette méthode est cependant intéressante pour la fabrication de fibres de qualité moyenne, car le procédé permet une fabrication en continu.

Les méthodes de *déposition chimique en phase vapeur* (fig. 3) permettent des atténuations très faibles, car on utilise le futur cladding comme four de réaction, ce qui permet d'éviter toute pollution par des ions métalliques et par les ions hydroxyles. En outre, on peut créer des barrières empêchant les diffusions indésirables. Ces méthodes permettent la production de fibres à step et à gradient d'indice, mono- et multimodes sur la base de silices à haut point de «fusion» ($\approx$ 1600 °C). En principe, on fait passer dans un tube de silice très pure un courant de tétrachlorure de silicium chargé des dopants adéquats qui, en présence d'un apport de chaleur, produira un dépôt de silice dopée à l'intérieur du tube. En jouant sur la concentration des dopants, on peut réaliser le profil d'indice choisi.

Une fois que l'épaisseur des dépôts est suffisante, on procède au «collapsing» du tube en augmentant sensiblement son chauffage. Le collapsing, qui transforme le tube en barreau homogène, se produit sous l'effet des forces de tensions superficielles. Le barreau est ensuite placé sur une tour d'étirage (fig. 4) où il est chauffé, étiré et où l'on dépose un prégainage de quelques microns qui protégera la fibre du milieu environnant. On peut, naturellement, produire aussi avec cet équipement des fibres dont le cœur est en silice et le cladding en plastique (fibres PCS) par simple étirage d'un barreau.

La fibre de verre obtenue ne peut pas être considérée comme un produit fini. On devra encore la gainer, par une opération de boudinage, pour que ses caractéristiques de transmission soient bien déterminées et qu'elle soit manipulable. Sans cette opération, les diverses contraintes telles que courbures, microcourbures, etc., appliquées à la fibre lors de son emploi, de la fabrication du câble ou de son installation, pourraient détériorer très sensiblement ses caractéristiques de transmission.

4. La production des câbles

La structure du câble va dépendre du système de transmission (bande passante, nombre de voies, longueur de la ligne, gain d'amplification, type de réseau, etc.), des conditions de pose et de celles imposées par le milieu environnant le câble (souterrain, aérien, etc.). Toutefois, c'est le type de fibre utilisé qui imposera le choix final, car toutes les fibres ne se prêtent pas à un câblage conventionnel: leur sensibilité aux contraintes mécaniques et thermiques de fabrication, de pose et d'utilisation, peut dans certains cas détériorer très sensiblement leurs caractéristiques optiques.

Il faut tenir compte de toutes ces considérations lorsqu'on veut comparer différentes fibres ou structures de câbles.

En conséquence, on peut éliminer d'office les câbles du type Bundel, où le conducteur de lumière est formé par la juxtaposition d'un certain nombre de fibres qui transmettent toutes le même message (atténuation élevée, bande passante et fiabilité faible) et qui sont maintenant remplacés par les autres modèles de câbles.

Pour les deux autres types de câbles utilisés à présent, où chaque fibre transmet un message indépendant de sa voisine,

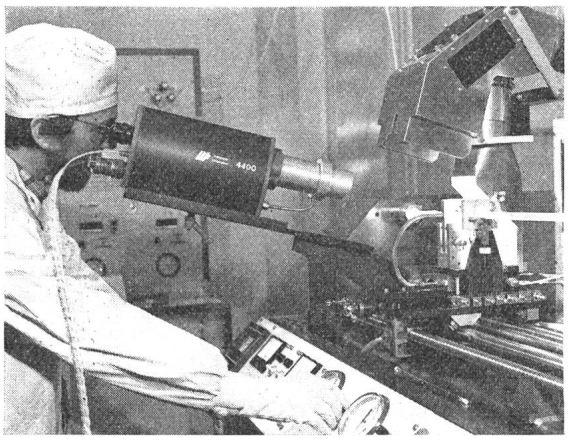

Fig. 3 Unité de dopage et de «collapsing» des préformes

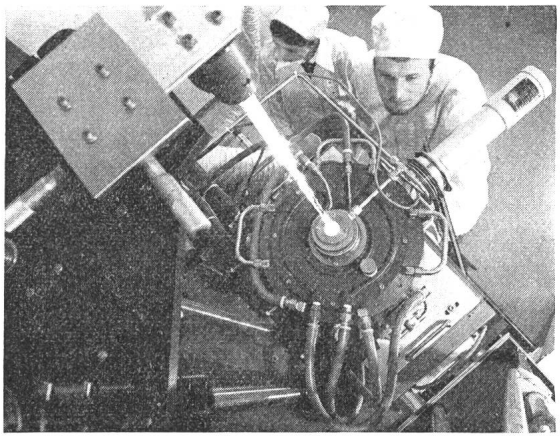

Fig. 4 Tour d'étirage

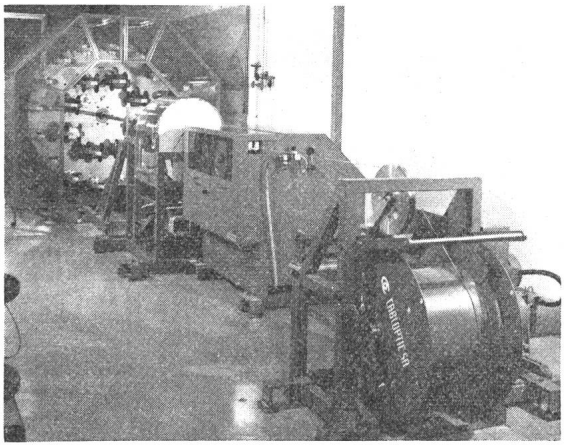

Fig. 5 Câbleuse

on ne peut pas énoncer de règle générale concernant la meilleure structure, pour les motifs mentionnés précédemment.

La première structure de câble utilise des fibres non gainées, qui sont soit mises en ruban selon le principe du sandwich, soit introduites dans les rainures d'un support circulaire. Généralement, la structure en ruban détériore sensiblement les caractéristiques optiques et l'on doit admettre un certain nombre de ruptures de fibres. Toutefois, on peut atteindre une grande densité de fibres par unité de surface du câble. Pour les câbles à jonc rainurés, on peut aussi espérer une densité élevée de fibres par unité de surface totale du câble. Malheureusement, les caractéristiques effectives de ces câbles ne sont pas encore publiées. Il faut relever que les câbles à densité élevée de fibres peuvent poser des problèmes de connexion délicats à résoudre sur le terrain.

La seconde structure de câble utilise des fibres gainées tubées ou gainées comme un fil électrique classique. L'assemblage est conventionnel (fig. 5), comme les moyens de production. Leur mise en œuvre ne pose plus de problèmes particuliers. Leur atténuation est comprise entre 4 et 6 dB/km et leur bande passante est de l'ordre de 300 MHz.

5. Exemples d'une fibre et de câbles produits en Suisse

Une des fibres produites industriellement qui entre dans la fabrication des câbles est la suivante: Il s'agit d'une fibre à gradient d'indice, en silice dopée, ayant une atténuation typique de 4 dB/km, une dispersion typique de 3 ns/km et une ouverture numérique de 0,22. Son diamètre de cœur est de 50 µm, son diamètre sur cladding de 125 µm. Elle est gainée comme un fil électrique conventionnel à 1 mm de diamètre. Elle supporte une force de traction typique de 4 kg et un rayon de courbure de 5 mm.

Les câbles sont d'une construction classique; ils consistent en un assemblage de plusieurs éléments sur un corps de traction central (fig. 6). Cette structure permet la réalisation de câbles à 2, 4, 6 ou 8 fibres avec ou sans fils de cuivre pour la téléalimentation de répétiteurs. Ces câbles ont une atténuation typique de 5 dB/km et une dispersion typique de 3 ns/km. La traction minimale admissible est de 120 kg, le rayon de courbure de 2,5 cm (contre 2 m pour le câble classique équivalent), son poids est de 40 kg/km (contre 12 tonnes/km) et son diamètre extérieur de 7 mm (contre 70 mm). Les corps de traction peuvent être en acier ou en Kevlar. Il existe en outre des câbles mono-, bi- et trifibres (fig. 7).

6. Les accessoires de montage

6.1 Les composants

Les principaux composants constituant le système de connectique sont les suivants:

1. Les coupleurs laser ou LED/fibres, qui permettent d'injecter le signal lumineux dans la fibre.
2. Les coupleurs fibre/détecteurs, qui retransforment le signal lumineux en signal électrique.
3. Les connecteurs, c'est-à-dire d'une part les jonctions démontables qui relient deux fibres de câbles disjoints et d'autre part, comme cas particulier, les jonctions ou épissures, qui sont des connexions non démontables.
4. Les dérivations ou jonctions étoiles, qui permettent la distribution des informations sur plusieurs fibres différentes.

A plus long terme, on peut envisager, sans entrer dans le domaine de l'optoélectrique ou de l'optique intégrée:

5. des coupleurs directionnels, qui permettent d'utiliser une seule fibre pour la transmission bi-directionnelle des messages;
6. des coupleurs pour le multiplexage en couleur, etc.

Tous les composants cités sont produits ou développés activement. Les indications suivantes se rapportent à quelques systèmes particuliers ayant tous atteint le stade industriel.

6.2 Les coupleurs laser ou LED/fibre

Pour comprendre le problème du couplage entre une source lumineuse et une fibre, on doit se rappeler une loi fondamen-

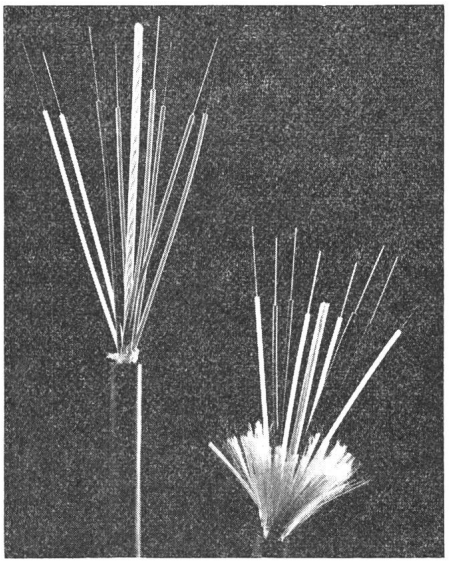

Fig. 6
Câbles à 8 fibres avec corps de traction en acier (gauche) et en Kevlar (droite)

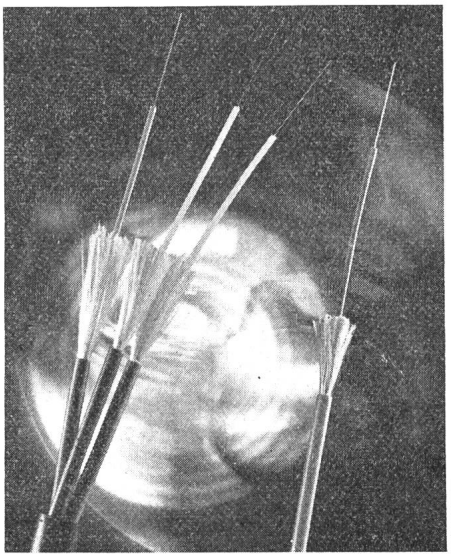

Fig. 7
Câbles mono- et trifibres

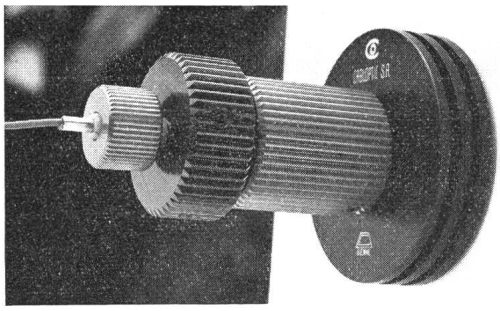

Fig. 8 Coupleur laser/fibre

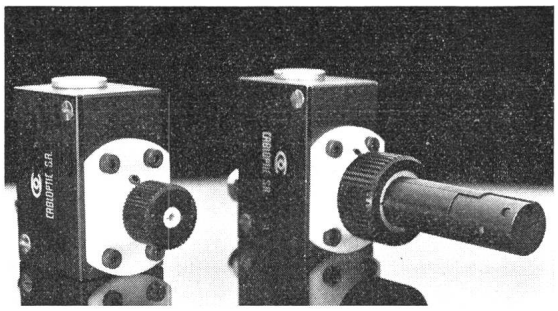

Fig. 9 Coupleurs fibres/détecteur avec deux types de supports de fibres

Dans ce coupleur de 35 mm de haut se trouve l'électronique de détection. La pièce de gauche est munie de son élement de centrage, celle de droite porte également le support d'extrémité des fibres (fiche des fibres).

tale de la physique: si l'on veut diminuer la dimension de l'image d'une source, on augmente l'ouverture du faisceau et réciproquement. En conséquence, le rendement du couplage est dépendant de quatre paramètres principaux: la surface de la source lumineuse et son angle d'émission d'une part, la surface du cœur et l'ouverture numérique de la fibre d'autre part. On peut alors distinguer deux situations principales:

Si la surface d'émission est plus grande que la surface de réception représentée par le cœur de la fibre, le meilleur couplage sera obtenu par un ajustement, sans optique intermédiaire, du cœur de la fibre sur la surface d'émission; c'est le cas des LED.

Par contre, si la surface d'émission est plus petite que celle du cœur de la fibre, c'est le cas de la majorité des lasers, on peut améliorer le couplage au moyen d'une optique intermédiaire (fig. 8), par ex. avec des microlentilles formées sur l'extrémité de la fibre par fusion, des lentilles conventionnelles, des fibres à gradient d'indice macroscopiques.

Selon les systèmes, on peut limiter les pertes du couplage à 3 dB, voire à 1,5 dB.

6.3 Les coupleurs fibres/détecteurs

La couplage entre la fibre et le détecteur ne pose aucun problème particulier, car la surface de réception est plus grande que celle de la fibre et son angle d'acceptance, compris entre 20 et 55°, est largement suffisant. Les systèmes consistent donc à aligner, sans optique intermédiaire, le cœur de la fibre à la surface sensible du détecteur (fig. 9). Les pertes de couplage sont de l'ordre de 0,5 dB.

6.4 Les connecteurs et les jonctions

Si, sur une ligne, on ne trouve que deux coupleurs source/fibre/détecteur, le nombre de connecteurs ou de jonctions est généralement plus important. Les pertes introduites par ces éléments peuvent en conséquence représenter une part non négligeable du bilan des pertes de ligne. Avec les câbles actuels à 5 dB/km, un connecteur de faible performance peut représenter 1 km de ligne, ce qui le rend en réalité très coûteux. On aura donc généralement avantage à minimiser les pertes de connexion, ce qui permet de réaliser une liaison plus longue, un espacement des amplificateurs et des répétiteurs, une diminution des coûts, soit un système plus économique, ainsi qu'une fiabilité plus grande.

Lorsque l'on veut discuter les *pertes de connexion,* on doit distinguer les pertes

1. dues à la connexion de fibres ayant des propriétés de transmission différentes, bien qu'elles soient parfaitement alignées (ouverture numérique, profil d'indice, différence des diamètres);
2. dues aux désalignements introduits par le connecteur entre les deux fibres supposées alors parfaitement identiques (désalignement radial et angulaire, distance entre les faces);
3. dues aux contraintes exercées sur les fibres et leur détérioration par le connecteur (microfractures, microcourbures, etc.);
4. dues aux procédés d'immobilisation des fibres et du câble utilisés par le connecteur et le boîtier (colle, compression, reconstitution ou non de la gaine, etc.)

En fait, ces divers facteurs ne sont pas indépendants; la perte finale introduite par le connecteur ou la jonction ne se résumera pas à une simple addition des pertes partielles. Pour fixer un ordre de grandeur, on peut admettre qu'un désalignement radial de 5 μm d'une fibre à step indice de 50 μm de diamètre de cœur introduit une perte de 0,6 dB. Une différence de 9 % dans leurs ouvertures numériques conduira à une perte de 0,4 dB. Un connecteur type CDFO 2 a une atténuation moyenne, mesurée avec les fibres décrites et tenant compte de tous les facteurs cités, de 0,2 dB.

Une des méthodes pour réaliser une *jonction non démontable* de deux fibres consiste à aligner les fibres, à les souder par un apport de chaleur provenant d'un arc électrique ou d'un plasma, puis à protéger la fibre mécaniquement par enrobage. Cette méthode, apparemment simple, peut poser divers problèmes, tels que:

- la température élevée de la soudure peut fragiliser la fibre et rendre sa manipulation ultérieure délicate;
- la durée de l'opération doit être contrôlée avec précision;
- dans le cas d'une soudure à l'arc électrique, l'usure des électrodes et le milieu ambiant peuvent être une cause de dispersion dans les résultats obtenus et peuvent conduire à la nécessité d'une avance contrôlée des fibres pour compenser la perte de matière par évaporation ou écoulement;
- la protection du personnel doit être bien étudiée, ainsi que toute la procédure de reconstitution du câble.

Ces problèmes peuvent être, selon le système utilisé, une cause de mauvaise reproductibilité des résultats ou d'un certain nombre d'échecs qui augmentent sensiblement le temps de travail.

Une solution à ces divers problèmes au moyen d'un système très simple est proposée, qui évite un contrôle précis du temps de chauffage, un alignement préalable de précision des fibres et leur avance durant la soudure. Les procédures de reconstitution de gaine n'influencent pas les pertes qui répondent à une statistique du type *Maxwell* (fig. 10). Les fibres jonctionnées (sous gaine) supportent sans problèmes des chocs thermiques

de 180 °C, une traction d'environ 1 kg et un rayon de courbure d'environ 1 cm. L'atténuation maximale observée sur 50 jonctions était de 0,22 dB, la valeur moyenne de 0,09 dB et la valeur la plus probable de 0,06 dB.

6.5 Le connecteur CDFO 8

Bien que les contraintes d'alignement et autres mentionnées ne soient pas des plus simples à réaliser, on doit les compléter pour éviter que les systèmes construits ne deviennent de petits monstres de mécanique merveilleuse, mais inutilisables en pratique. Le concept à la base de la réalisation des connecteurs prévoit en particulier:

1. un montage et un nettoyage simples, en 30 min environ, dans les conditions habituelles de montage des câbles conventionnels, par du personnel formé, mais non spécialisé;
2. que le connecteur permette le montage simultané de plusieurs fibres, sans réglages et sans toucher les fibres dénudées. En outre, le corps central du connecteur doit être utilisable sur tous les types de câbles existants;
3. que les pertes soient inférieures à 0,5 dB;
4. que les dimensions du connecteur soient les plus petites possible.

De ce concept ont résulté plusieurs modèles de connecteurs. Les connecteurs CDFO, par ex., sont basés sur le principe de l'alignement simultané de plusieurs fibres dans des rainures en V, sans qu'il soit nécessaire de procéder à un réglage ou de toucher des fibres dénudées (fig. 11, 12). La précision de l'alignement des rainures, leur état de surface, le contrôle des contraintes mécaniques d'immobilisation des fibres dénudées (dont on a reconstitué la gaine) et des fibres gainées, ainsi que la procédure de montage, font que le connecteur monté avec des fibres de qualité, de 50 µm de cœur, permet

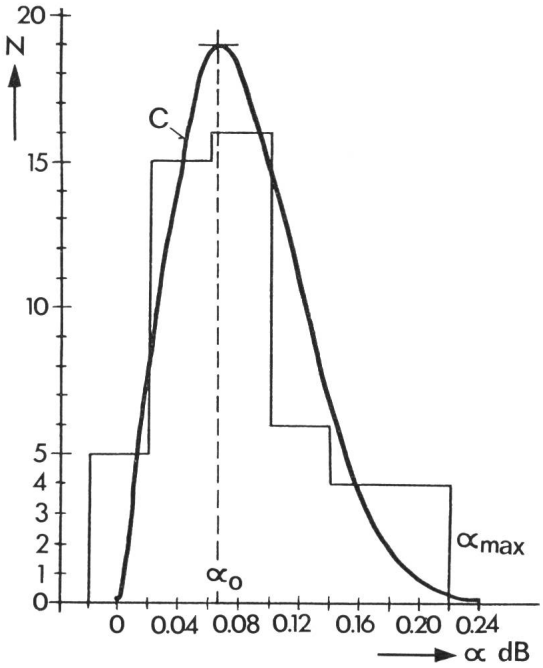

Fig. 10 Pertes de couplage α de jonctionnement
Répartition des résultats de mesure sur 50 pièces
N nombre de jonctions
96 % des valeurs < 0.2 dB
50 % des valeurs < 0.07 dB
C Courbe théorique $N = 50\ P(x)$
où $P(x) = cx e^{-\alpha x^2}$, $c = \Delta\alpha/\alpha_0^2$ $\alpha = 1/(2\,\alpha_0^2)$
Mesures avec fibres 50/125 µm, grad., 3,3 dB/km à 850 nm, longueur 1530 m; précision ± 0,02 dB

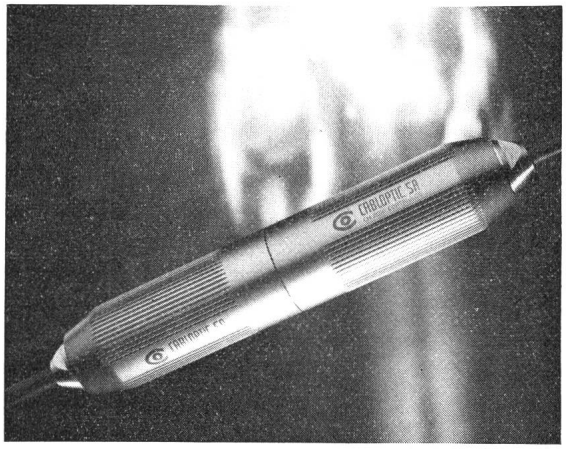

Fig. 11 Connecteur à 8 fibres type CDFO 8 (boîtier ligne)

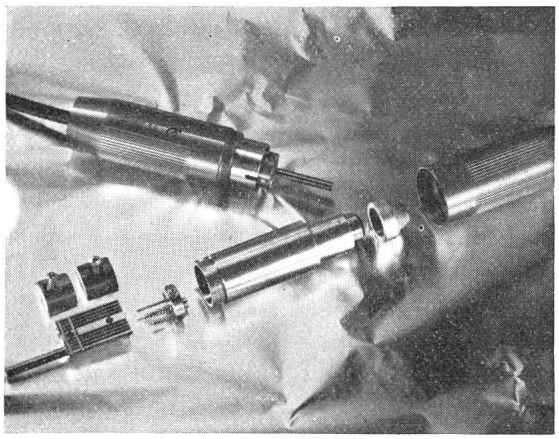

Fig. 12 Connecteur type CDFO 8

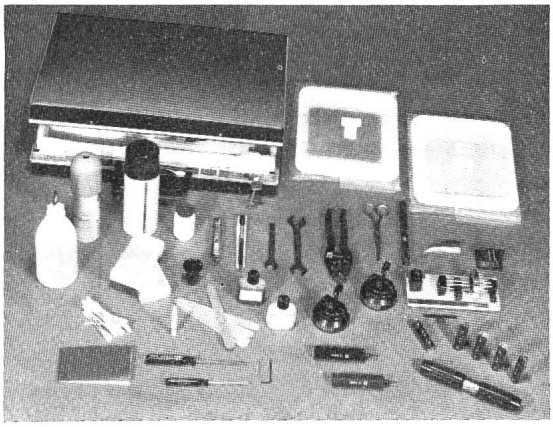

Fig. 13 Outillage de montage

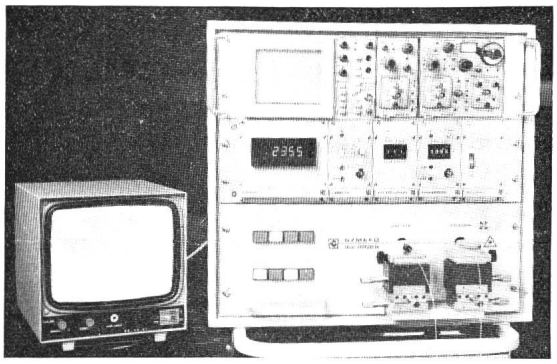

Fig. 14 Système de mesure industriel pour fibres et câbles optiques

de limiter les pertes totales à 0,2 dB sur toutes les fibres. Le temps de montage est d'environ 30 min, si l'on utilise l'outillage de montage spécialement développé à cet effet (fig. 13). Il faut noter qu'avec ce type de connecteur, il est possible d'insérer divers éléments entre les fibres, par ex. des dérivations, des interrupteurs, des atténuateurs, etc.

7. Conclusions

Une des caractéristiques de la technologie moderne est son évolution rapide; cela veut dire que des travaux de recherche et de développement constants la soutiennent alors même qu'elle est déjà appliquée industriellement. Nos collaborateurs ne sont donc pas seulement des ingénieurs et physiciens sachant utiliser une technologie de production de pointe, ce sont aussi des chercheurs qui créent des produits nouveaux et une instrumentation sophistiquée: un exemple en est donné dans la fig. 14 montrant un équipement de contrôle de production.

Bibliographie

[1] *Ph. Robert:* Principes de la transmission par fibres optiques, Bull. ASE/UCS 67(1976)20, p. 1077...1080.

Adresse de l'auteur

Pierre Benoît, physicien diplômé, CABLOPTIC SA, 2016 Cortaillod.

PTT-Versuchsanlage mit Glasfaserkabel in Bern

Von W. A. Steffen

681.7.068 : 621.391.63;

Der Autor beschreibt zuerst die beim ersten Feldversuch angestrebten Ziele. Weitere Ausführungen über die Kabelverlegung und das Spleissen im Felde geben Einblick in die gewonnenen Erfahrungen. Zum Schluss werden einige neu entwickelte, zur digitalen Übertragung mit Glasfasern verwendete Ausrüstungsteile vorgestellt.

L'auteur décrit tout d'abord les buts visés par le premier essai en pratique. D'autres renseignements sur le tirage des câbles et l'épissage sur place montrent l'expérience déjà acquise. Pour terminer, quelques nouvelles pièces d'équipement pour la transmission numérique par fibres optiques sont présentées.

1. Zielsetzung

Zur Prüfung der Feldtauglichkeit optischer, fasergebundener Nachrichtensysteme im Netz der PTT wurde zwischen zwei Telefonzentralen ein 2,75 km langes 8fasriges Glasfaserkabel eingezogen (Fig. 1). Im Rahmen eines gemeinsamen Projektes verschiedener Abteilungen der GD PTT und der Kreistelefondirektion Bern konnten damit beim Verlegen des Glasfaserkabels, beim Spleissen und bei den Steckermontagen erste Erfahrungen gesammelt werden. Ein weiteres Ziel besteht darin, die spezifischen Systemeigenschaften und -parameter zu ermitteln, um möglichst bald Richtwerte über die Leistungsfähigkeit von Glasfaserübertragungsstrecken zu erhalten.

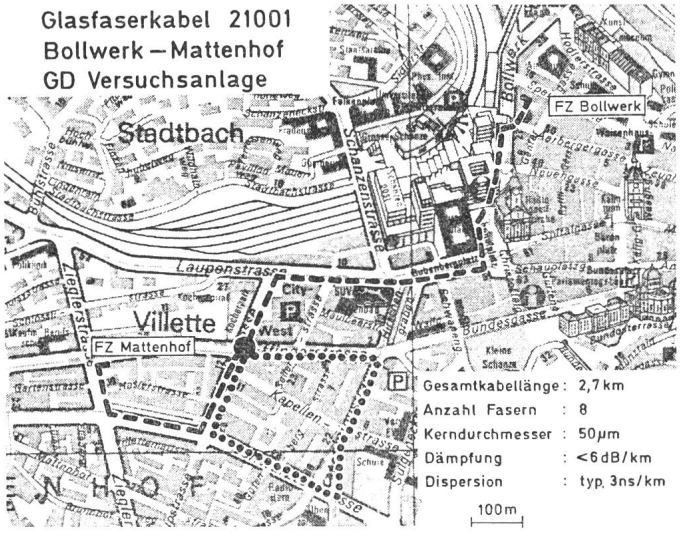

Fig. 1 Topologischer Plan der Anlage

2. Anlage

Da unterschiedliche Übertragungslängen mit und ohne optoelektronischem Zwischenverstärker untersucht werden sollen, wurde in beiden Zentralen, zwischen den Endausrüstungen und dem Glasfaserkabel, ein optisches Koppelfeld eingebaut [1]. Es besteht im wesentlichen aus 6 Paar Zweiersteckern (2-Faser-Stecker), die auf ein Rack montiert sind und in der in Fig. 2 gezeigten Weise vertauscht werden können. Damit realisiert man verschiedene Betriebsarten wie End-zu-End-Betrieb, Schlaufenbetrieb usw. Durch einfaches Umstecken der Zweierstecker lassen sich ferner verschiedene Übertragungslängen schalten. Gepaarte Achterstecker (8-Faser-Stecker) in ca. 1,1 km Abstand vom Bollwerk ermöglichen das Einschalten einer zusätzlichen Schleife von ca. 1150 m Länge.

Für eine Zweiwegübertragung liegen somit die Übertragungslängen zwischen 1,6 km und 8,3 km (plus zwei zusätzliche kürzere Reserveverbindungen). Zwei unabhängige Schlaufenverbindungen erreichen eine maximale Länge von ca. 11,1 km.

3. Das Kabel

Für den Feldversuch wird ein 8fasriges Glasfaserkabel mit zentralem Stahlzugseil verwendet. Als Schutz dient ein schwarzer Polyäthylenmantel. Da das Kabel auf ca. 70% der verlegten Länge in bestehenden Vollrohranlagen oder Betonkanälen verlegt ist, mussten Schutzmassnahmen getroffen werden, damit beim Einzug eines schweren Bleikabels das ca. 7 mm dünne optische Kabel nicht zerstört wird. Zu diesem Zweck wurde das Glasfaserkabel in ein Kunststoffrohr von ca. 28 mm

Vortrag, gehalten an der SEV-Informationstagung über «Informationsübertragung mit Glasfasern», am 13. Juni 1979 in Bern.