

**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 71 (1993)

**Heft:** 6

**Artikel:** Etude et fabrication de rubans de fibres optiques

**Autor:** Piffaretti, José / Jenzer, Bernard

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-875511>

### **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:** 07.01.2026

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

# Etude et fabrication de rubans de fibres optiques\*

José PIFFARETTI et Bernard JENZER, Cortaillod

## 1 Introduction – Motivation

Tant que l'installation des fibres optiques restait relativement exceptionnelle, étant limitée aux artères principales de télécommunication, on pouvait lui accorder sans réticence une attention particulière. Avant les fibres optiques, les câbles coaxiaux bénéficiaient déjà du même statut. Avec l'extension de la part du réseau couverte par des fibres optiques, ce statut spécial ne peut plus être justifié. Des solutions doivent être imaginées pour que les futures vastes convergences de fibres optiques dans les centres de commutation puissent y être traitées avec clarté, dans un encombrement minimal, avec rapidité et fiabilité.

Dans l'espoir de satisfaire ces exigences, plusieurs administrations de télécommunications testent – ou ont déjà adopté – une technique inspirée de l'électronique qui consiste à grouper les fibres optiques à l'intérieur de rubans.

On sait que l'introduction des «câbles plats multiconducteur» en électronique a permis de clarifier sensiblement le câblage des appareils et de réduire le temps consacré à leur montage. On fonde les mêmes espoirs sur les rubans de fibres optiques dans les réseaux de télécommunication. Au terme d'une période de mise au point, on espère que le fonctionnement ou la connexion de deux rubans de fibres ne prendront pas plus de temps, ni de place, que ceux de deux fibres optiques indépendantes.

L'introduction des rubans de fibres optiques impose aux fabricants de fibres et aux câbliers certaines adaptations de leurs produits. Ces adaptations sont relevées au passage dans cet article.

## 2 Données diverses sur les rubans de fibres optiques

### 21 Avantages exclusifs de la structure en ruban

La structure en ruban, appelée aussi «structure en nappe», offre plusieurs avantages exclusifs qui la rendent attractive à des titres divers:

- La disposition d'éléments identiques (fibres optiques ou conducteurs) sous forme de ruban étant naturelle-

ment ordonnée, l'identification de chaque élément de l'alignement devient superflue. L'ambiguïté correspondant au sens de numérotation est facilement levée par coloration d'un élément d'extrémité.

- La disposition en ruban offre la même facilité d'accès latéral à chaque fibre. L'usage des pinces de dénudage agissant symétriquement de part et d'autre des fibres est favorisé.
- Le ruban est la seule structure rigide constituée d'éléments longitudinaux qui conserve une flexibilité comparable à celle de ses composants. Ce dernier point ne constitue toutefois qu'un «moindre mal» et non un avantage du point de vue du câblage (voir 41).

### 22 Gamme des rubans disponibles actuellement

Les avantages multiples mentionnés ci-dessus ont stimulé depuis longtemps le développement de procédés d'assemblage de rubans de fibres optiques [1, 2]. Ces développements étaient toutefois trop précoces pour trouver un écho favorable sur le marché, faute d'une demande suffisamment pressante des utilisateurs.

Cette situation s'est modifiée depuis l'apparition de nouveaux rubans [3] assemblés exclusivement à partir de résines polymérisables en lumière ultraviolette, résines qui ont des propriétés et une mise en œuvre proche de celles des revêtements primaires des fibres optiques. L'homogénéité des matériaux entourant la silice dans ces rubans est avantageuse à la fois pour leur fabrication, leur tenue optique et leur commodité d'utilisation. Tous les rubans de fibres disponibles sont produits sur cette base. Des coupes schématiques des rubans les plus demandés actuellement sont présentées à la figure 1. Ces compositions comptent 2, 4, 8, 10 ou 12 fibres et leurs pas (ou distance séparant deux fibres) est toujours de 0,250 mm.

On classe ces rubans en deux catégories: ceux dans lesquels les fibres ne sont collées les unes aux autres que par des joints interstitiels (edge bonds), et ceux dans lesquels l'ensemble des fibres est entouré par la matière de liaison du ruban (encapsulation). Paradoxalement, les rubans encapsulés sont ceux dont «l'éclatement» (l'isolation de chaque fibre par rapport aux autres) pose le moins de problèmes. Une encapsulation épaisse peut n'avoir qu'une adhérence limitée sur les fibres – permettant leur «éclatement» – et assurer néanmoins l'intégrité du ruban. Les joints interstitiels nécessitent, par contre,

\* Ce projet a été financé partiellement par l'Entreprise des PTT suisses dans le cadre de son programme de développement.



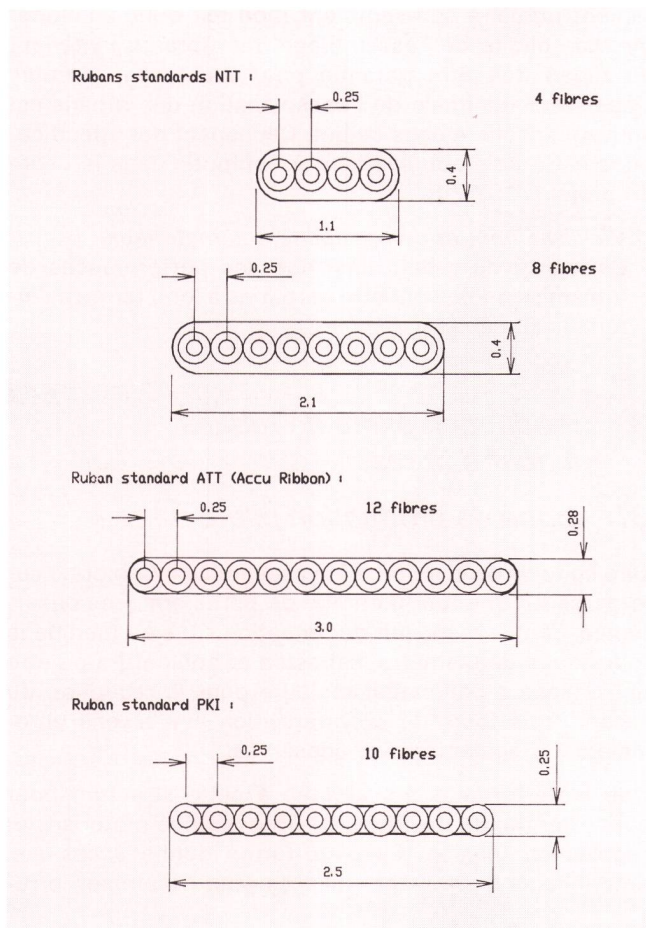


Fig. 1 Coupes schématiques des principaux types de rubans de fibres optiques disponibles en 1992

des matières de liaison adhérant fortement aux revêtements des fibres et sont parfois susceptibles d'endommager ces dernières lors de leur séparation.

## 23 Manipulation des extrémités des rubans

N'importe lequel des rubans représenté à la figure 1 peut être dénudé et ses fibres optiques être coupées collectivement en utilisant la même méthode et les mêmes accessoires [4]. Cette méthode peut également être étendue aux faisceaux de fibres indépendantes, à condition que ces fibres soient préalablement ordonnées et constituées en ruban [4, 5]. La durée des opérations précédant le jonctionnement, la connexion ou la mesure des fibres schématisées à la figure 2 peut ainsi être sensiblement réduite.

De nombreux essais de préparation des divers types de rubans et de faisceaux de fibres constitués en rubans ont été réalisés à Cabloptic dans le cadre et en marge de ce projet. L'expérience acquise montre que le dénudage à chaud des rubans peut être effectué d'autant mieux que le revêtement primaire des fibres est plus mou. Les revêtements homologués actuellement pour des fibres indépendantes sont loin d'être optimaux à cet égard et devraient être remplacés pour les fibres en rubans.

On a également constaté que le nettoyage manuel des fibres, recommandé après leur dénudage, est en général difficile et qu'un court nettoyage aux ultrasons est beaucoup plus efficace.

La mauvaise cassure d'une seule fibre provoquant l'échec de l'ensemble de la préparation d'un ruban, l'amorce de rupture pratiquée séquentiellement sur toutes les fibres avant leur cassure constitue également un point critique du procédé.

## 24 Vers un cahier des charges des rubans de fibres optiques

L'intérêt soulevé par les rubans de fibres optiques est trop récent pour que leurs spécifications fassent l'objet d'un consensus. L'esprit des spécifications existantes et leurs implications sur la fabrication des fibres optiques et des rubans sont évoqués ci-après.

### – Caractéristiques de transmission:

On attend des fibres optiques rubanées qu'elles satisfassent les mêmes limites d'atténuation que les autres fibres câblées.

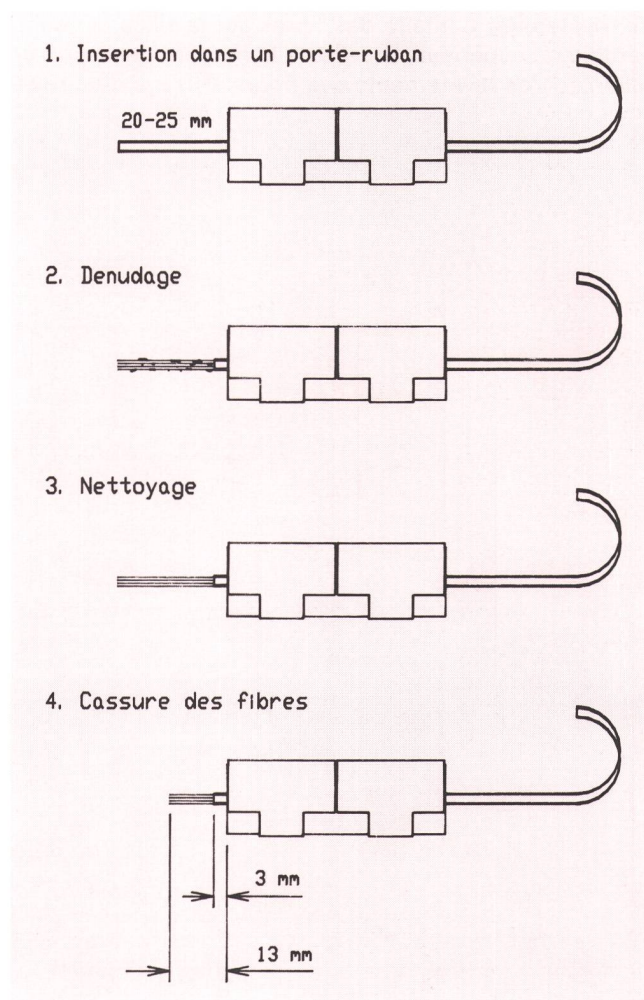


Fig. 2 Préparation collective au jonctionnement des fibres optiques d'un ruban

Les étapes successives des manipulations sont schématisées



– *Caractéristiques géométriques:*

Toutes les fibres d'un ruban doivent pouvoir être alignées simultanément, sans contraintes correctives exagérées, dans un réseau de rainures de pas 0,250 mm, la longueur de fibre dénudée étant de 10 mm environ.

On spécifie en général la distance séparant les centres de la première et de la dernière fibre du ruban – pour quatre fibres,  $750 \pm x$  micron,  $x$  encore indéterminé – ainsi que l'écart maximum entre l'axe ainsi défini et les centres des autres fibres.

Ces conditions ne peuvent être satisfaites que si le diamètre des fibres, coloration incluse, et la tolérance sur cette grandeur sont sensiblement réduits par rapport à la recommandation G652 du CCITT.

– *Caractéristiques mécaniques:*

L'éclatement du ruban doit être possible sans abîmer les revêtements des fibres ni leur coloration. L'adhésion de la matière de liaison du ruban sur les surfaces colorées des fibres doit donc être limitée. Cette condition peut être remplie grâce à l'utilisation de couleurs acryliques spéciales.

Le dénudage collectif du ruban doit être possible et se limiter à l'utilisation de moyens thermiques et mécaniques. Cette condition est difficile à réaliser si l'adhésion du revêtement primaire des fibres sur la silice est comparable ou supérieure à celle de la matière de liaison du ruban sur les revêtements des fibres. L'usage d'un revêtement

primaire suffisamment mou est donc souhaitable. La solidité de l'assemblage des fibres à l'intérieur du ruban doit être garantie pour tout usage normal. L'épaisseur minimale de l'encapsulation des rubans est souvent spécifiée dans ce but. Cet aspect des spécifications est étudié actuellement à Cabloptic dans le cadre du projet COST 218.

– *Vieillessement et compatibilité des matériaux*

L'intégrité du ruban ainsi que ses performances de transmission doivent être garanties à long terme à l'intérieur du câble.

### 3 Production pilote de rubans à quatre fibres

#### 31 Ligne de production pilote

Une ligne de production a été assemblée à Cabloptic sur le châssis d'une tour d'étirage de fibres optiques désaffectée. Tout le dispositif de réception situé au pied de la tour (jauge de diamètre, cabestan et bobinoir) a pu être utilisé sans modification majeure pour la réception du ruban. Trois fours de polymérisation aux rayons ultraviolets ont également été conservés.

Une plate-forme a été ajoutée à cette structure pour supporter quatre dévidoirs de fibre optique motorisés et régulés en tension. La plate-forme donne accès aux deux filières d'enrobage utilisées pour assembler le ru-

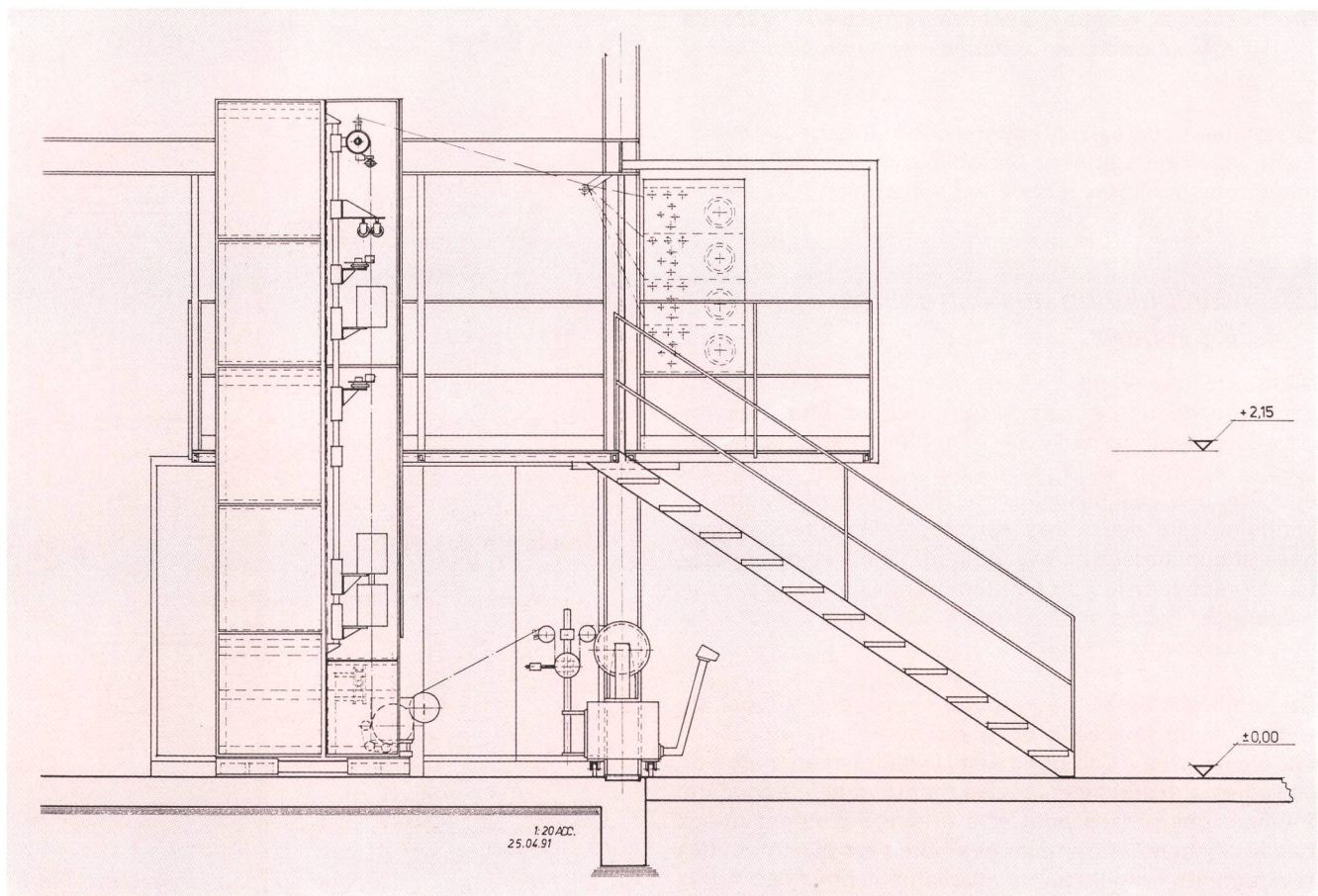
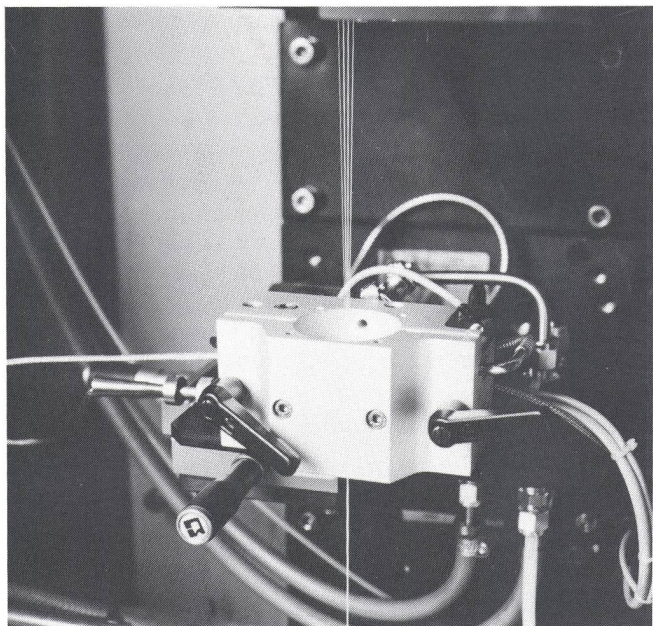


Fig. 3 Vue d'ensemble de la ligne de production pilote de rubans de fibres optiques installée à Cabloptic





**Fig. 4** *Vue de la première filière d'enrobage du ruban*  
L'écartement des fibres entrantes a été artificiellement augmenté pour cette illustration

ban et à leurs dispositifs d'alimentation de résine régulés en pression et en température.

Deux poulies de renvoi rainurées font passer les fibres des dévidoirs à la ligne d'assemblage verticale. Une vue d'ensemble de l'installation est donnée par la *figure 3*.

La première filière, dont l'ouverture est étroitement ajustée au nombre et au diamètre des fibres optiques entrantes, produit un ruban à joints interstitiels (edge-bonded) d'excellente géométrie (*fig. 4 et 5a*), qui est figée aussi près que possible du lieu d'enrobage par l'action du 1<sup>er</sup> four de polymérisation.

La deuxième filière donne au ruban son encapsulation et ses dimensions extérieures définitives (*fig. 5b*). Les deux fours de polymérisation sont situés à proximité de cette filière. Le ruban est ensuite pris en charge par le système de réception: mesuré en épaisseur, entraîné à vitesse constante par le cabestan et bobiné à tension constante.

La même ligne peut être utilisée pour la coloration spéciale des fibres optiques destinées à la fabrication des rubans. Pour cette fabrication, les filières décrites ci-dessus sont remplacées par une seule filière cylindrique pressurisée, de diamètre adéquat.

## 32 Essais de production de rubans à quatre fibres

L'installation décrite sous 31 a servi à ces essais.

Des fibres optiques monomodales du type G652 produites à Cabloptic avec les revêtements primaires homologués actuellement ont été utilisées. Le diamètre extérieur des revêtements neutres de ces fibres a été choisi dans la plage  $240 \pm 3$  micron. Après coloration de toutes les fibres au moyen d'encres polymérisables en

lumière ultraviolette [6], des diamètres de  $250 \pm 1$  micron ont été obtenus.

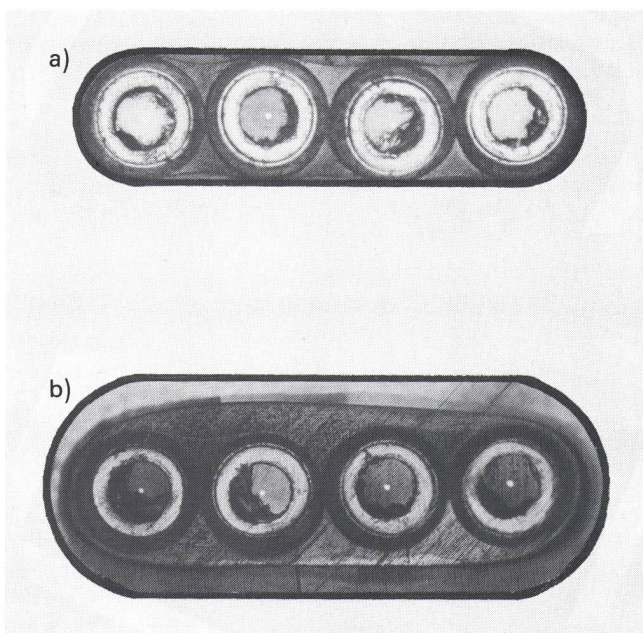
Lors de l'assemblage du ruban, une seule résine acrylique polymérisable [7] a été utilisée dans les deux filières d'enrobage dans des conditions optimales de pression et de température. Les trois fours de polymérisation ont été activés.

Une vitesse de ligne relativement modeste de 50 m/min a été maintenue; on a ainsi pu renoncer à l'utilisation d'un gaz visqueux «anti-bulle» tel que le Fréon ou le CO<sub>2</sub> à l'entrée des filières. Les figures 5a et 5b montrent des coupes du ruban obtenues respectivement après la première et la seconde application de résine. L'alignement des fibres, de même que la forme finale du ruban, sont satisfaisants.

On a pu vérifier que la combinaison de résines et de couleurs acryliques utilisée ici assure une bonne séparabilité (éclatement) des fibres de ces rubans. Leur dénuclage collectif à chaud est également possible mais doit, de préférence, être complété par un nettoyage aux ultrasons, vu l'adhérence élevée du revêtement primaire des fibres sur la silice. D'autres revêtements primaires pourraient être utilisés pour pallier cet inconvénient.

La prise d'atténuation des fibres pendant la fabrication du ruban s'est révélée négligeable ou difficilement mesurable (dans tous les cas inférieure à 0,02 dB/km, à 1550 nm comme à 1300 nm).

Le comportement thermique des rubans assemblés après mise au point du procédé est irréprochable de  $-20$  °C à  $+60$  °C, aucune variation d'atténuation mesurable n'étant observée. Une augmentation d'atténuation



**Fig. 5** *Coupe du ruban obtenue aux différents stades de sa fabrication*

L'ouverture de la filière d'enrobage correspondante est représentée en superposition

- a) Coupe après passage à travers la première filière (ruban à joints interstitiels)
- b) Coupe après passage à travers les deux filières (ruban encapsulé)



allant jusqu'à 0,05 dB/km peut se produire à  $-40^{\circ}\text{C}$  si le revêtement primaire actuel est utilisé sur les fibres optiques. Cet effet disparaît si des revêtements plus tendres sont utilisés.

## 4 Possibilités de câblage des rubans

### 41 Contraintes géométriques naturelles

La disposition planaire des fibres optiques rend les rubans mécaniquement anisotropes. Cette propriété réduit les possibilités de câblage des rubans par rapport à celles de fibres indépendantes et mécaniquement isotropes.

On parle de flexion pure pour un changement de direction ne provoquant pas de différence d'élongation des fibres constituant un ruban. Pour un ruban idéal, dont la structure géométrique (distances et alignement des fibres) est fixe, la flexion pure n'est possible que dans un seul plan: celui contenant la tangente à sa trajectoire et la perpendiculaire au plan contenant ses constituants. Tout changement de direction conduisant hors de ce plan nécessite une torsion du ruban, amenant la perpendiculaire au plan des fibres dans le plan visé, puis une flexion.

Si on oblige un ruban à suivre une trajectoire donnée entre deux points, on fixe d'une manière unique son degré de flexion et de torsion en tout point de cette trajectoire. La relation entre trajectoire, flexion et torsion est d'ordre purement mathématique, donc incontournable. Dans le cas d'une spirale (ou hélice), on calcule à partir de l'équation de la trajectoire que la torsion du ruban est forcément uniforme et égale à un tour par pas d'hélice. Cette condition n'est remplie que par un assemblage des rubans dit «en torsion».

L'expérience montre qu'il est malgré tout possible de contraindre un ruban à contourner un élément cylindri-

que central tout en lui imposant une torsion nulle en moyenne (ce qui correspond à un assemblage «en détorsion»), mais la trajectoire obtenue n'est alors plus hélicoïdale.

Le modèle présenté à la *figure 6* montre clairement la différence entre les dispositions des rubans dans les deux types d'assemblage «en torsion» (hélice) et «détorsion». Le second cas est caractérisé par des torsions et des flexions locales s'inversant plusieurs fois par tour. Les courbures maximales subies par les fibres sont alors nettement plus élevées que dans le cas de l'hélice. L'encombrement latéral des trajectoires est également augmenté.

### 42 Assemblage de rubans de fibres en détorsion

On a expliqué dans la section précédente (41) pourquoi le câblage des rubans «en détorsion» devait être évité. Les conséquences pratiques d'un tel assemblage sur le comportement optique du câble ont été observées lors de l'essai suivant:

Un toron comportant six tubes de diamètre 3x2 mm (*fig. 7a*) a été assemblé en détorsion avec un pas d'hélice de 117 mm. Deux des tubes contenaient un ruban de quatre fibres optiques monomodes de surlongueur nulle (mesure en position rectiligne avant assemblage). Un tube témoin contenait un faisceau de quatre fibres indépendantes. Aucune prise d'atténuation des fibres rubanées n'a été observée pendant l'assemblage du toron.

Le toron a ensuite été testé thermiquement entre  $-40^{\circ}\text{C}$  et  $+75^{\circ}\text{C}$ . Les mesures présentées à la *figure 8* montrent que le comportement des fibres rubanées ne se dégrade qu'à  $-40^{\circ}\text{C}$  où une prise d'atténuation de 0,1 dB/km sensiblement égale à 1300 et 1550 nm est observée. Aucune perturbation n'a été observée pour le faisceau de fibres témoin.

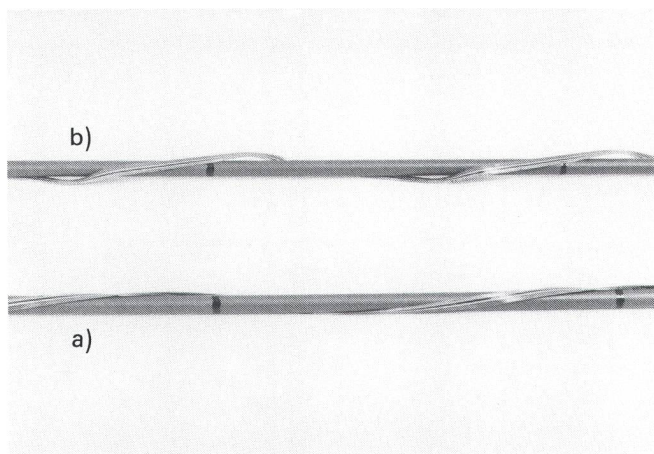
Le comportement thermique inhabituel des rubans tubés assemblés en détorsion pourrait s'expliquer par les nombreux contacts entre les arêtes des rubans et la paroi intérieure des tubes, contacts résultant de l'incompatibilité de la trajectoire des rubans avec celle des tubes. On imagine que la pression de ces contacts s'accroît fortement lors de la contraction thermique du toron provoquant les microcourbures observées.

L'effet pourrait être toléré du strict point de vue de l'atténuation des fibres mais il pourrait révéler des tensions mécaniques internes dangereuses à long terme.

### 43 Assemblage longitudinal des rubans

Une des possibilités de câblage des rubans de fibres optiques consiste à disposer ceux-ci longitudinalement dans un tube utilisé ultérieurement comme élément central du câble. Ce tube peut ensuite être renforcé extérieurement avec des éléments de traction choisis également pour réduire le degré de contraction longitudinal du câble à basse température.

La première opération nécessaire à cette fabrication, le tubage des rubans, a été effectuée avec succès. Dans un premier temps des tubes de 3x2 mm de diamètre



*Fig. 6 Variantes d'assemblage d'un ruban autour d'un élément central cylindrique*

- a) Au premier plan de la photographie: assemblage «en torsion» (le ruban est tordu naturellement sur lui-même à raison d'un tour par pas d'assemblage). La trajectoire du ruban est hélicoïdale
- b) Au second plan: assemblage «en détorsion» (la torsion du ruban sur lui-même est nulle en moyenne). La trajectoire du ruban est visiblement incompatible avec celle d'un tube disposé en hélice



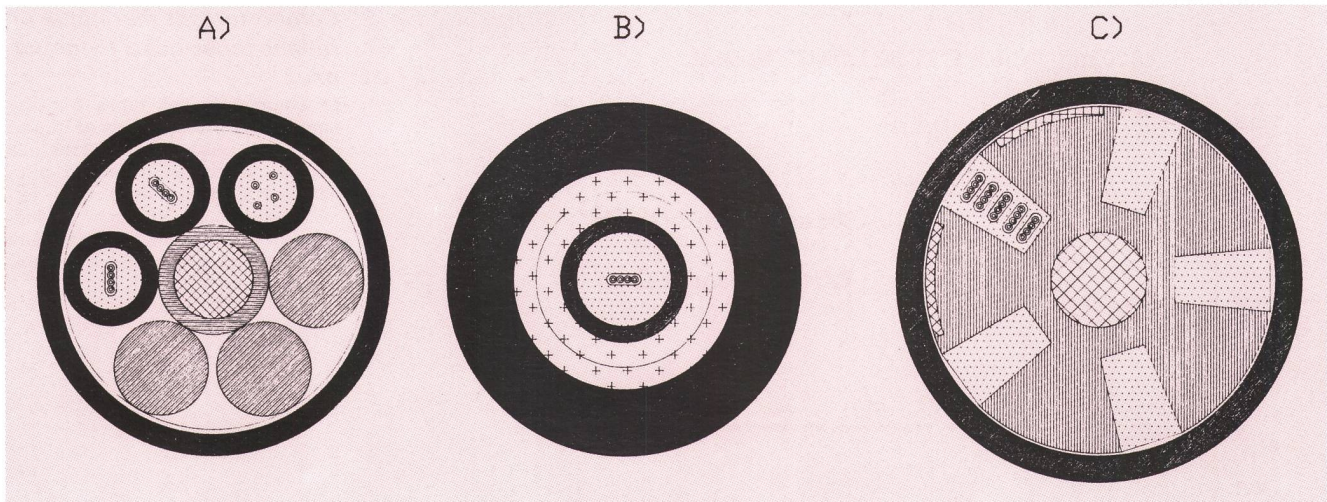


Fig. 7 Coupes schématiques des divers câbles testés

- a) Rubans tubés (tubes 3x2 mm de diamètre) assemblés en hélice en détorsion. Toron de type 6x10LF (3.0)  
b) Ruban tubé en position axiale (tube 4x3 mm de diamètre)

- c) Câble à rainures hélicoïdales. Une seule rainure contient cinq rubans. Contenu maximum du câble: 25 rubans = 100 fibres optiques

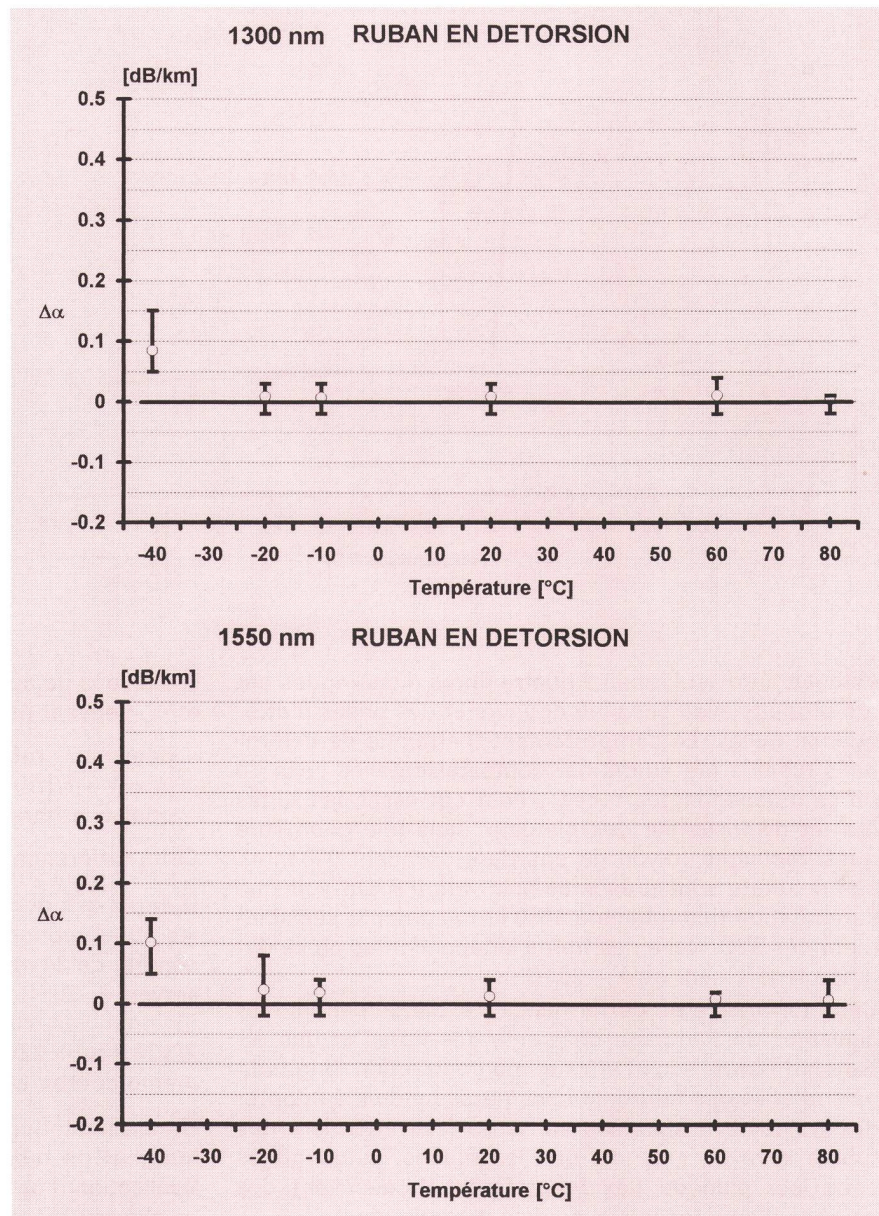


Fig. 8 Comportement thermique d'un toron composé de rubans tubés assemblés «en détorsion» autour du porteur central

Les pertes identiques à 1300 et 1550 nm observées à basse température trahissent la présence de microcourbures provoquées par l'incompatibilité des trajectoires des rubans avec celles des tubes



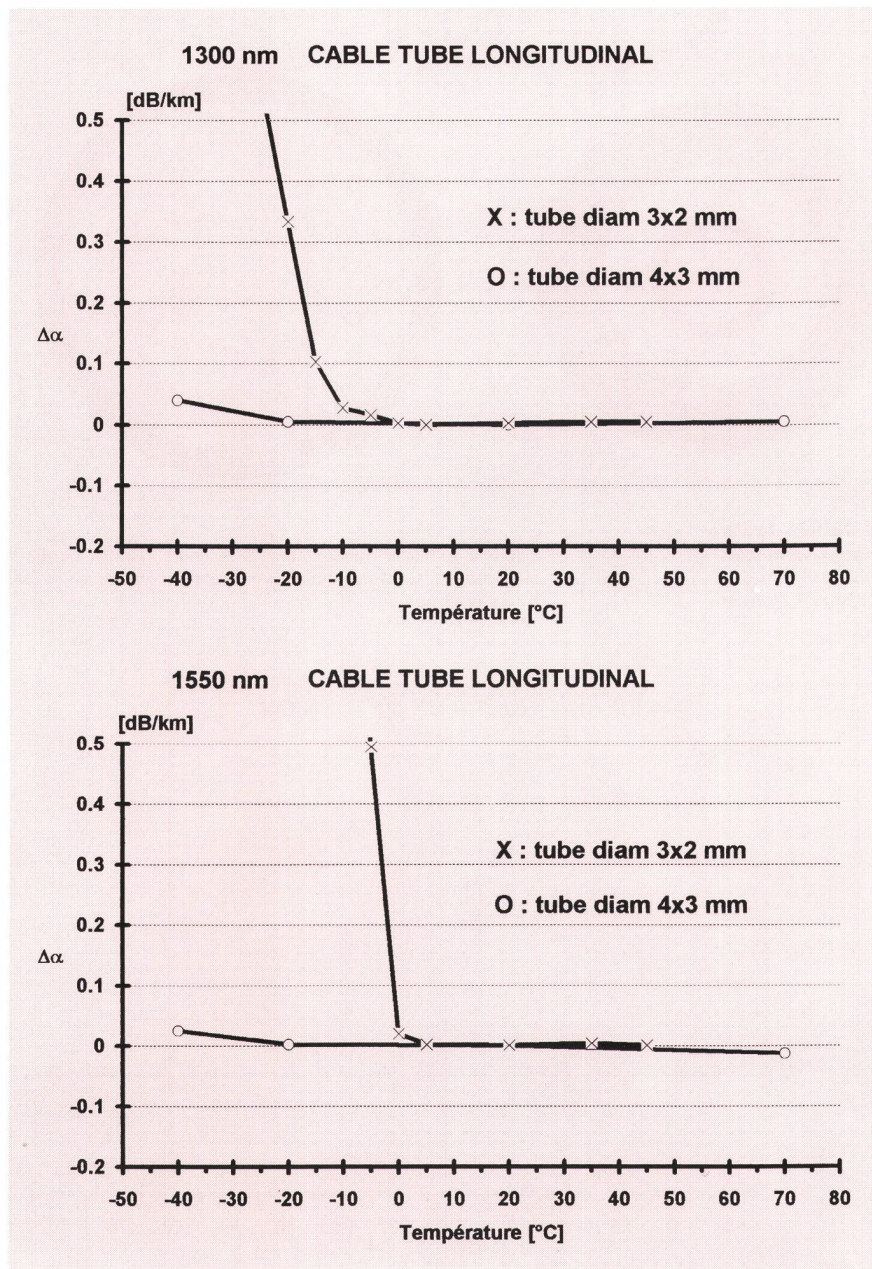


Fig. 9 Comportement thermique de rubans tubés quasi longitudinaux

La contraction des tubes à basse température provoque des courbures plus prononcées sur les rubans que sur les fibres en faisceau,  $\rho(\text{ruban}) = 2/3 \rho(\text{faisceau})$ , d'où de fortes atténuations à 1500 nm. En augmentant d'un facteur 3/2 le diamètre des tubes on rétablit des conditions favorables

contenant un seul ruban à quatre fibres monomodes ont été produits avec des surlongueurs et des prises d'atténuation nulles. Le comportement thermique de ces rubans tubés a été étudié par comparaison avec celui de fibres indépendantes tubées. Pour cet essai, les tubes étaient disposés sur des plateaux dans une géométrie quasi rectiligne (rayon de courbure excédant 650 mm). Les résultats sont présentés à la figure 9. On voit que l'atténuation des rubans à 1550 nm augmente sensiblement dès 5 °C. Celle des fibres indépendantes ne se dégrade légèrement qu'à -20 °C.

Cette différence de performance s'explique par les mécanismes de flambage différents des fibres et des rubans de fibres: sous l'effet d'une contraction longitudinale relative des tubes,  $\Delta l/l$ , les fibres tendent à adopter des trajectoires spiralées sur la surface intérieure des tubes de rayon  $r$ , tandis que les rubans, autoconfinés dans leur plan de flexion préférentiel, décrivent des courbes d'apparence sinusoïdale d'amplitude  $r$ .

Les rayons de courbure respectifs de ces trajectoires,  $\rho_2$  et  $\rho_1$ , peuvent être estimés:

- pour un ruban (arcs de paraboles raccordés):  $\rho_1 = 1/3 \{r/(\Delta l/l)\}$
- pour une fibre (spirale inscrite):  $\rho_2 = 1/2 \{r/(\Delta l/l)\}$ .

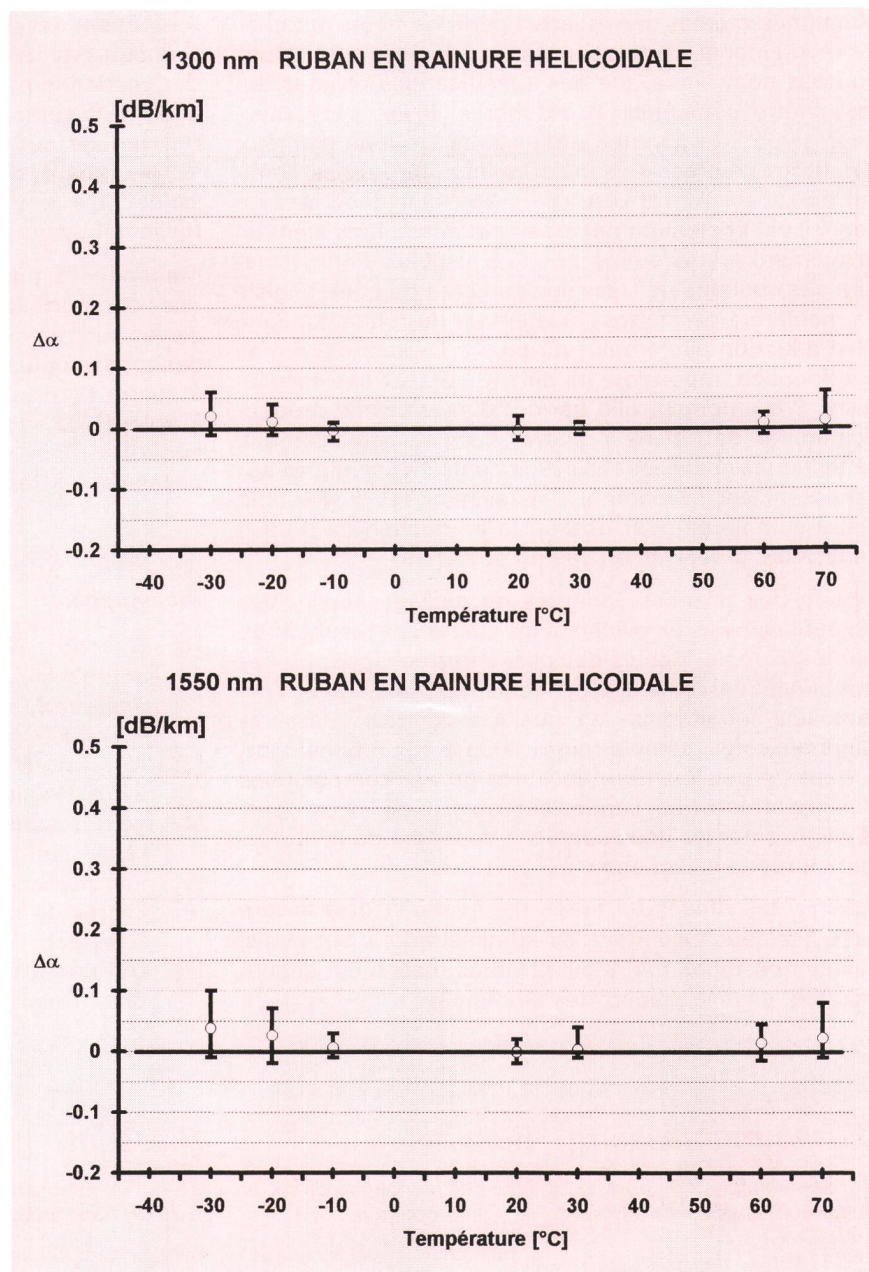
Cette différence suffit à expliquer les faits observés:

D'après des données expérimentales bien établies pour les fibres monomodes, à 1550 nm un rayon de courbure continu de 34 mm produirait la perte de 0,05 dB/km observée à -20 °C pour des fibres indépendantes tubées. Si pour les rubans ce rayon de courbure devient  $2/3 \cdot 34 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$ , la perte correspondante d'après la même courbe atteindrait déjà 10 dB/km.

Un essai ultérieur a permis de vérifier que si le diamètre intérieur du tube était augmenté d'un facteur 3/2 (par l'utilisation d'un tube 3x4 mm de diamètre) un bon comportement thermique pouvait être rétabli dans la plage



Fig. 10 Comportement thermique de rubans assemblés dans des rainures hélicoïdales à profil rectangulaire



de  $-20^{\circ}\text{C}$  à  $+75^{\circ}\text{C}$ . Un câble prototype construit sur cette base (coupe fig. 7b) a été testé avec succès en température (fig. 9).

De manière générale, on devra veiller, lors de la conception de ce type de câble, à utiliser un tube central de diamètre suffisant, bien stabilisé thermiquement.

#### 44 Assemblages hélicoïdaux en torsion

Rappelons que ces assemblages sont les seuls à respecter le degré de torsion naturel de rubans disposés selon une trajectoire hélicoïdale. La solution la plus utilisée pour réaliser ces câbles consiste à introduire les rubans de fibres dans des rainures rectangulaires en hélice aménagées dans un cylindre renforcé par un élément central en fibre de verre époxy. Une solution alternative consisterait à assembler en torsion des rubans préalablement tubés. Cette technique est toutefois difficile à mettre en œuvre étant donné les risques d'étranglement

des tubes lorsque ceux-ci sont soumis à des degrés de torsion élevés.

Un câble à rainures hélicoïdales a été assemblé, à titre d'essai, hors de notre entreprise. Les rubans produits à Cabloptic étaient constitués de fibres monomodes semblables à celles utilisées pour les autres essais de câblage. Cinq rubans à quatre fibres ont été empilés dans une seule des cinq rainures hélicoïdales de pas 450 mm du câble, rainures d'une largeur de 1,5 mm et d'une profondeur de 2,6 mm (coupe fig. 7c). Le comportement thermique de ce câble, testé entre  $-30^{\circ}\text{C}$  et  $+75^{\circ}\text{C}$  (fig. 10) est conforme aux prescriptions du cahier des charges des PTT.

#### 5 Conclusions et perspectives

En manipulant les rubans représentés à la figure 1, en comparant leurs aptitudes au dénudage collectif et à «éclatement» en fibres indépendantes, puis en assem-



blant nous-mêmes des rubans à partir de fibres optiques de revêtements et de colorations diverses, nous avons pu nous convaincre que des spécifications étroites devaient être appliquées à ces fibres. Il est nécessaire, pour garantir la géométrie d'un ruban, que le diamètre des fibres colorées soit toujours inférieur au pas nominal du ruban. Afin d'assurer un bon dénudage des rubans, il est également nécessaire que les fibres aient un revêtement primaire plus mou que jusqu'ici. Enfin, la nature des couleurs utilisées sur les fibres doit être choisie de manière à permettre l'éclatement du ruban. La ligne de production pilote mise sur pied à Cabloptic a rempli une fonction importante en aidant à établir ces corrélations. Présentement elle permet d'assurer une production limitée de rubans à quatre fibres et, parallèlement, de tester les nouvelles résines et couleurs acryliques apparaissant sur le marché. L'installation est susceptible d'être complétée pour assurer la production de rubans de formats différents en cas de demande.

L'étude des diverses variantes de câblage applicables aux rubans a mis en évidence les limitations résultant de leur anisotropie. Seules deux variantes échappent à ces limitations: l'assemblage hélicoïdal «en torsion» et l'assemblage longitudinal en position centrale. L'assemblage hélicoïdal semble mieux adapté aux rubans comportant un petit nombre de fibres qu'aux compositions plus importantes qui supportent moins bien les torsions. Le choix entre les deux solutions dépendra donc du format de ruban sélectionné.

L'avenir des rubans de fibres optiques est déjà assuré dans quelques pays dont les administrations ont choisi des compositions à 4, 8 ou 12 fibres mais il est encore incertain dans la plupart des autres pays.

L'adoption des rubans ne se généralisera que si les avantages qu'ils apportent au niveau de la manipulation, du jonctionnement et de la connexion des fibres optiques sont suffisants, ce qui serait le cas si le taux de réussite de ces opérations, pratiquées collectivement sur les rubans, devenait aussi élevé que pour des fibres isolées. De gros efforts de développement tendent actuellement vers ce but.

Mentionnons pour finir que des rubans de fibres optiques comportant des nombres de fibres de plus en plus élevés sont en développement. On voit aussi apparaître des rubans obtenus par assemblage de plusieurs rubans à quatre fibres, ces sous-unités pouvant être restituées à volonté. D'autres variantes feront certainement leur apparition pour répondre toujours mieux aux problèmes posés par les réseaux d'abonnés.

#### Bibliographie

- [1] Saunders M.J. and Parham W.L. Bell. Syst. Tel. Journal 56, n° 6, 1977, pp 1013-1014.
- [2] Jocteur R. et Carratt M. Proceedings 6th ECOC, York 1980, pp 342-346.
- [3] Nirasawa N. et al. Proceedings 5th IOOC/11th ECOC, Venice 1985, pp 379-382.
- [4] Voir documentation commerciale Fujikura, Furukawa, Sumitomo, etc.
- [5] Voir documentation commerciale AESA Cortailod.
- [6] Encres de coloration Cablelite LTM ou LTS, DSM-Desotech.
- [7] UV curable ribbon material Cablelite 3287-9-31, DSM-Desotech.

#### Zusammenfassung

*Untersuchung und Herstellung von Glasfaser-Flachkabeln*

Die Einführung von Mono-mode-Glasfaser-Flachkabeln im Bereich der optischen Telekommunikation, ähnlich den elektrischen Mehrfachleiter-Flachkabeln, die in der Elektronik benutzt werden, ist aktuell. Heute gibt es Flachkabel mit zwei bis zwölf Glasfasern. Alle bestehen aus einem ähnlichen Material und können mit den gleichen Hilfsmitteln behandelt werden. Die Autoren wollen die Leser mit den Glasfaser-Flachkabeln und mit den einfachsten Aspekten ihrer Benutzung vertraut machen. Die Herstellungs-Pilotanlage, die seit mehr als einem Jahr bei Cabloptic in Betrieb steht, sowie die neuen Probleme, die mit der Herstellung von Flachkabeln entstehen, werden erläutert.

#### Résumé

*Etude et fabrication de ruban de fibres optiques*

L'introduction dans le domaine des télécommunications optiques de rubans de fibres monomodes analogues aux câbles électriques plats multiconducteurs utilisés en électronique est à l'ordre du jour. On trouve actuellement des rubans de fibres optiques comptant de deux à douze fibres. Tous sont constitués de manière similaire et manipulables à l'aide des mêmes accessoires. Les auteurs ont pour but de familiariser les lecteurs avec les rubans de fibres optiques et avec les aspects les plus simples de leur utilisation. La ligne de production pilote en fonction depuis plus d'un an à Cabloptic est présentée ainsi que les problèmes nouveaux liés au câblage des rubans.

#### Riassunto

*Studio e fabbricazione di cavi piatti in fibra ottica*

Attualmente nel settore delle telecomunicazioni ottiche vengono introdotti cavi piatti in fibra ottica monomodale, simili ai cavi piatti elettrici multiconduttori utilizzati nell'elettronica. Sono disponibili cavi piatti che contengono da due a dodici fibre ottiche. Tutti sono costituiti di materiale simile e possono essere trattati con gli stessi strumenti. Gli autori intendono far conoscere ai lettori i cavi piatti in fibra ottica e gli aspetti più semplici del loro impiego. Essi presentano l'impianto di produzione pilota, in funzione da più di un anno presso Cabloptic, e i nuovi problemi legati alla fabbricazione di cavi piatti.

#### Summary

*Examination and Production of Glass Fibre Ribbon Cables*

The introduction of mono-mode glass fibre ribbon cable in the field of optical telecommunication, similar to the electric multiconductor ribbon cable used in electronics, is of topical interest. Today there are ribbon cables with two to twelve glass fibres. All are made of a similar material and can be handled with the same accessories. The aim of the authors is to familiarize the reader with the glass fibre ribbon cables and with the simplest of aspects of their utilization. The pilot production installation which has been in function for more than a year at Cabloptic is presented as well as the new problems arising with the production of ribbon cables.