

Der Einsatz von Bezirkskabeln mit Minicoaxialtuben und ihre PCM-mässige Ausnützung im schweizerischen Fernmeldenetz = Emploi des câbles ruraux à tubes minicoaxiaux et leur exploitation en régime MIC dans le réseau de télécommunication suisse

Autor(en): Gfeller, Max

Objektyp: Article

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

Band (Jahr): 53 (1975)

Heft 9

PDF erstellt am: 05.08.2024

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875611>

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.

Der Einsatz von Bezirkskabeln mit Minikoaxialtuben und ihre PCM-mässige Ausnützung im schweizerischen Fernmeldenetz

Emploi des câbles ruraux à tubes minicoaxiaux et leur exploitation en régime MIC dans le réseau de télécommunication suisse

Max GFELLER, Bern

621.315.212—181.4:621.376.56:621.395.74(494)

Zusammenfassung. Bezirkskabelanlagen mit Minikoaxialtuben werden seit 1974 im schweizerischen Leitungsnetz gebaut und von 1978 an mit PCM-Systemen 2. Ordnung ausgerüstet. Sie werden den reinen paarsymmetrischen Kabeln bei grosser Leitungszahl oder überdurchschnittlicher Streckenlänge vorgezogen. Die verschiedenen Anwendungsbereiche werden dargelegt und durch Wirtschaftlichkeitsvergleiche abgegrenzt.

Résumé. A partir de 1974, les câbles ruraux à tubes minicoaxiaux ont été introduits dans le réseau suisse des lignes et ils seront équipés de systèmes MIC du 2^e ordre dès 1978. On les préfère aux câbles à paires symétriques, lorsque le nombre de circuits est élevé ou lorsque le tronçon à établir est d'une longueur supérieure à la moyenne. L'auteur expose les divers domaines d'application et les délimite par des comparaisons économiques.

I cavi regionali a tubi minicoassiali e il loro sfruttamento con il sistema PCM nella rete svizzera delle telecomunicazioni

Riassunto. Dal 1974, nella rete svizzera delle linee, si costruiscono impianti di cavi regionali a tubi minicoassiali e dal 1978 saranno dotati di sistemi PCM di secondo ordine. Questi sono preferiti ai cavi a coppie simmetriche con un numero importante di circuiti o di lunghezza superiore alla media. Si espongono i diversi campi d'applicazione che sono delimitati da confronti di redditività.

1 Bisherige Entwicklung des Bezirksleitungsnetzes

Bis vor 20 Jahren bestand das schweizerische Bezirksleitungsnetz – es verbindet Knoten- und Endzentralen mit dem Netzgruppenhauptamt – ausschliesslich aus niederfrequenten ober- und unterirdischen Leitungen. Mit dem Kurzdistanz-Trägersystem C5 [1] wurde 1954 das erste Mehrfachsystem im Getrenntlageverfahren eingesetzt, dessen Anteil, später ergänzt durch das C6-System, bis zum Jahre 1974 auf 17 % der gesamten Bezirksleitungskilometer angestiegen ist. Andererseits wurden die oberirdischen Anlagen in dieser Netzebene nach und nach abgebaut, und im Jahre 1970 hatte auch die letzte Bezirksfreileitung, St. Ursanne–Ocourt/Epauvillers, ausgedient.

Seit 1970 werden im Bezirksleitungsnetz 30kanalige PCM-Systeme vorwiegend auf bestehenden sternvierer- und zum Teil auch auf paarverseilten Kabeln mit Erfolg eingesetzt [2]. Ihr Anteil im gesamten Netz ist bis Ende 1974 bereits auf 8 % angestiegen. Allerdings erwiesen sich die ursprünglichen Prognosen über die maximal mögliche Ausnützung der Kabel in der Praxis als zu optimistisch. Systematische Untersuchungen an den ersten Anlagen ergaben vor allem weniger gute Nahendnebensprechwerte und auch etwas höhere Leitungsdämpfungen als angenommen worden war, so dass die in den üblichen Bezirkskabeln maximal zulässige Anzahl von PCM-Systemen allgemein herabgesetzt und für die grössten Typen in Abhängigkeit des Aderdurchmessers wie folgt begrenzt werden musste

0,6-mm-Aderdurchmesser: 10 Systeme

0,8-mm-Aderdurchmesser: 32 Systeme

1,0-mm-Aderdurchmesser: 48 Systeme

Eine grössere Zahl von PCM-Systemen kann in der gleichen Anlage nur mit Spezialekabeln betrieben werden.

2 Einfluss des integrierten Fernmeldesystems IFS-1

Die 1970 gegründete Arbeitsgemeinschaft PCM, in der neben den PTT-Betrieben die Firmen *Hasler AG*, Bern, *Siemens-Albis AG*, Zürich und *Standard Telephon und Radio AG*,

1 Développement atteint jusqu'ici par le réseau des câbles ruraux

Il y a de cela 20 ans, le réseau suisse des câbles ruraux, qui relie les centraux nodaux et les centraux terminus au central principal d'un groupe de réseaux, comprenait uniquement des lignes à basse fréquence aériennes et souterraines. Introduits en 1954, les systèmes à courants porteurs pour courtes distances C 5 [1] constituaient le premier procédé à utilisation multiple des lignes avec affectation de deux bandes de fréquences séparées pour chaque sens de transmission. Complétés plus tard par le système C 6, les systèmes C 5 représentaient en 1974 quelque 17 % de l'ensemble des kilomètres de lignes rurales. Par ailleurs, les lignes aériennes furent successivement abandonnées à ce niveau du réseau, la dernière d'entre elles qui reliait les centraux de St-Ursanne, d'Ocourt et d'Epauvillers ayant été mise hors service en 1970.

A partir de 1970, les systèmes MIC à 30 voies sont utilisés sur les lignes du réseau rural et fonctionnent de manière satisfaisante, surtout sur des câbles toronnés en quart-étoile ou parfois par paires [2], leur proportion dans l'ensemble du réseau ayant déjà atteint 8 % à la fin de 1974. Toutefois, les pronostics établis à l'époque sur l'utilisation potentielle maximale des câbles se révélèrent trop optimistes au regard des résultats obtenus en pratique. Les mesures systématiques effectuées sur les premières installations firent surtout apparaître des valeurs de paradiaphonie moins bonnes de même que des affaiblissements de ligne un peu plus élevés que prévus, si bien que le nombre admissible des systèmes MIC exploités sur câbles ruraux usuels dut être diminué et limité, pour les câbles ayant le plus grand nombre de paires, en fonction du diamètre des conducteurs, soit

Diamètre de conducteur 0,6 mm : 10 systèmes

Diamètre de conducteur 0,8 mm : 32 systèmes

Diamètre de conducteur 1,0 mm : 48 systèmes

L'utilisation d'un plus grand nombre de systèmes MIC dans la même installation exige des câbles spéciaux.

Zürich vertreten sind, befasst sich mit der Entwicklung des Konzeptes für ein integriertes Fernmeldesystem IFS-1 [3]. Das System basiert auf der digitalen Übertragung und der Zeitmultiplex-Vermittlung unter Verwendung der PCM-Technik. Die Umwandlung analog-digital geschieht in der Regel am Ort der heutigen Teilnehmerzentralen, so dass im IFS-1-Konzept der gesamte Bereich des Bezirksleitungsnetzes aus PCM-Leitungen bestehen wird. Diesem Umstand war für die Leitungsplanung schon früh in dem Sinne Rechnung getragen worden, dass man annehmen durfte, alle neu ausgelegten Bezirkskabel in einer späteren Phase PCM-mässig mit einer genügend grossen Zahl Systeme ausnützen zu können.

Die fortgeschrittenen Studien am IFS-1-Projekt und die Erkenntnisse über die eingeschränkten Möglichkeiten zur PCM-mässigen Ausnützung paarsymmetrischer Bezirkskabel führten in dieser Hinsicht zu einer bessern Systematisierung der Bezirksleitungsplanung. Um einerseits für die Einführung von IFS-1 gewappnet zu sein, andererseits jedoch bei seiner allfälligen Nichteinführung nicht unzweckmässige und vor allem keine unwirtschaftlichen Lösungen präjudiziert zu haben, wurden folgende zwei Grundsätze aufgestellt:

1 Es werden nur noch Bezirkskabeltypen ausgelegt, mit denen es potentiell möglich ist, den im Netzkonzept von IFS-1 im Planungszeitraum von 20 Jahren zu erwartenden Leitungssollbestand vollumfänglich durch PCM-Systeme zu erfüllen.

2 Neue Bezirkskabelanlagen sind vorläufig weiterhin so zu dimensionieren, dass sie nach der bisherigen Technik der Raumvielfach-Vermittlung die wirtschaftlichste Lösung darstellen.

Diese beiden Grundsätze werden bei der Planung und Projektierung aller neuen Bezirkskabelanlagen angewandt.

3 Paarsymmetrische oder koaxiale Leitungen als Basis für PCM-Systeme?

Die Ausnützung der herkömmlichen Bezirkskabel ist in den meisten Fällen auf maximal 900 PCM-Kanäle (plus 2 Ersatzsysteme) beschränkt, da nur in Ausnahmefällen Kabel mit Aderdurchmesser grösser als 0,8 mm ausgelegt werden. Demgegenüber sind im Planungszeitraum der nächsten 20...30 Jahre vor allem im Einzugsgebiet der grossen Städte Bezirksbündel bis zu einigen tausend Leitungen für Telephonie und Daten sowie, je nach Entwicklung, Bedürfnisse für weitere Dienste, wie das Bildtelefon, zu erwarten. Aus diesem Grunde war es gegeben, einen neuen PCM-tüchtigen Kabeltyp für grosse Kanalzahlen zu schaffen.

In der Schweiz stand von Anfang an der koaxiale Typ gegenüber dem paarsymmetrischen im Vordergrund, denn

- der Trend zu höhern Frequenzen spricht wegen den besseren Nebensprechbedingungen zugunsten des Koaxialpaares
- Breitbandreserven, etwa für spätere Fernsehübertragungen, sei es in digitaler oder in analoger Form, sind mit Koaxialtuben in grösserer Masse möglich
- im Ausland wird für die PCM-Übertragung mehrheitlich an koaxialen Lösungen gearbeitet.

Es war ohne tiefgreifende Untersuchungen möglich, einen approximativen Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen der koaxialen und der paarsymmetrischen Lösung vorzunehmen. Dieser fiel eindeutig zugunsten des Minikoaxialkabels aus, so dass die paarsymmetrische Variante für Kanalzahlen über 900 nicht näher in Betracht gezogen wurde.

2 Influence du système de télécommunication intégré IFS-1

La communauté de travail MIC, fondée en 1970, comprenant, en plus de l'Entreprise des PTT, les maisons *Hasler SA* à Berne, *Siemens-Albis SA* à Zurich et *Standard Téléphone et Radio SA* à Zurich, travaille à la conception d'un réseau de télécommunication intégré portant le nom d'IFS-1 [3]. Il est fondé sur la transmission d'informations par voie numérique, et la commutation temporelle utilisant la technique MIC. En règle générale, la conversion analogique-numérique se fait à l'emplacement des centraux d'abonnés actuels. De ce fait, selon la conception IFS-1, l'ensemble du réseau des lignes rurales consistera en lignes MIC. Lors de la planification des lignes on a, de bonne heure déjà, tenu compte de cette situation, étant admis que tous les câbles ruraux nouvellement posés seraient ultérieurement exploités en régime MIC avec un nombre suffisamment grand de systèmes. L'état avancé des études portant sur le projet IFS-1, d'une part, et, d'autre part, le fait d'avoir reconnu que l'emploi des câbles ruraux à paires symétriques pour le procédé MIC était limité, conduisirent à une planification plus systématique du réseau des lignes rurales. Il s'agissait en fait de satisfaire aux deux conditions d'une alternative: être prêt pour l'introduction du système IFS-1 ou, si celle-ci ne pouvait avoir lieu, ne pas adopter des solutions irrationnelles et surtout peu économiques. Il en résulta les deux principes suivants

1 Ne plus poser que des câbles ruraux permettant, quant à leurs possibilités d'utilisation potentielles, d'atteindre pleinement à l'aide de systèmes MIC le nombre de lignes nécessaires à couvrir les besoins durant la période de planification de 20 ans en vue de l'introduction du système IFS-1.

2 Continuer de prévoir pour l'instant les dimensions des nouvelles installations de câbles ruraux de manière qu'elles représentent la solution la plus économique, au regard des techniques classiques de multiplexage par répartition dans l'espace.

Ces deux principes sont appliqués au cours des études et lors l'établissement de projets relatifs à toutes les nouvelles installations de câbles ruraux.

3 Lignes à paires symétriques ou lignes coaxiales en tant que structure de base des systèmes MIC?

Dans la plupart des cas, la charge limite des câbles ruraux usuels est de 900 voies MIC (plus 2 circuits de secours), vu que la pose de câbles dont le diamètre des conducteurs excède 0,8 mm constitue une exception. En revanche, il faut s'attendre pour la période de planification s'étendant aux prochaines 20... 30 années, surtout dans la zone d'apport des grandes villes, à des faisceaux pouvant atteindre quelques milliers de lignes pour la téléphonie et la transmission de données et, suivant le développement, pour d'autres services encore, tels que le vidéophone par exemple. Pour cette raison, il était indiqué de créer un nouveau type de câble, répondant aux exigences de l'exploitation MIC et capable de véhiculer un grand nombre de voies.

En Suisse, le câble coaxial a occupé d'emblée une position de premier plan par rapport au câble à paires symétriques, vu que

- la tendance à utiliser des fréquences toujours plus élevées fait pencher la balance, en raison de la diaphonie plus faible, en faveur des paires coaxiales

4 Wichtigste technische Daten der Minikoaxialtube und ihre Übertragungsmöglichkeiten

Als der Entschluss zur Einführung der Minikoaxialkabel im schweizerischen Netz gefasst wurde, war die Frage der internationalen Normierung noch weitgehend offen. Man stützte sich in erster Linie auf den in Italien bereits erfolgreich angewandten und dem CCITT von der italienischen Verwaltung vorgeschlagenen Typ mit folgenden Merkmalen

Abmessungen:	0,65/2,8 mm
Isolation:	Schaum-Polyäthylen
Aussenleiter:	Kupfer mit magnetischer Eisen-Abschirmung, im Kabel isoliert
Impedanz bei 1 MHz:	$75 \pm 3 \Omega$
Dämpfung bei 1 MHz:	$9,5 \pm 0,3 \text{ dB/km}$
Echodämpfung mit 50 ns-Im-puls:	$\geq 40 \text{ dB}$

Inzwischen ist in der Arbeitsgruppe CNC des CCITT ein Vorschlag zur Empfehlung einer Minikoaxialtube mit den Abmessungen 0,7/2,9 mm und entsprechend kleinerer Dämpfung ausgearbeitet worden. Ein diesbezüglicher Avis wird voraussichtlich durch die Vollversammlung des CCITT 1976 genehmigt. Bis zu diesem Zeitpunkt wird in der Schweiz der gewählte Typ beibehalten und erst dann entschieden, ob und auf welchen Zeitpunkt die normalisierte Minikoaxialtube angewandt werden soll.

Die schweizerische Minikoaxialtube eignet sich für folgende PCM-Einrichtungen

Systeme 2. Ordnung:	8,448 Mbit/s, 120 Telefonkanäle, 3660 m Repeaterabstand (2 Pupinlängen)
---------------------	---

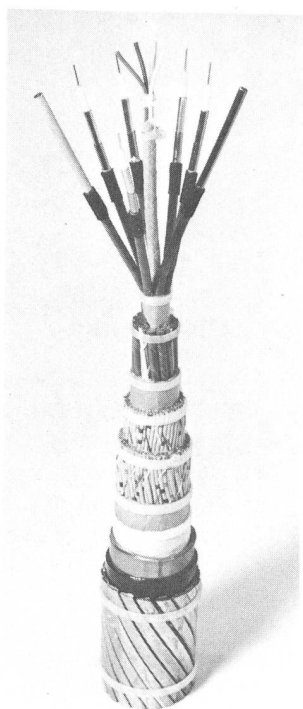


Fig. 1
16-tubiges Minikoaxialkabel 0,65/2,8 mm mit 5 kunststoffisolierten Sternvierern 0,8 mm als Signaladern im zentralen Bündel und 2 Lagen papierlufttraumisolierter Sternvierer mit Aderdurchmesser 0,8 mm
Câble minicoaxial 0,65/2,8 mm à 16 tubes avec 5 quartes-étoile 0,8 mm à isolation en matière synthétique, en tant que conducteurs de signalisation associés au faisceau central, et 2 couches de quartes-étoile à isolation air/papier et diamètre de conducteur de 0,8 mm

- les tubes coaxiaux offrent une plus grande réserve sous le rapport de la largeur de bande, pour la transmission ultérieure d'images de télévision par exemple, que ce soit sous forme numérique ou analogique
- à l'étranger, la plupart des transmissions MIC se font par conducteurs coaxiaux.

Sans qu'il ait fallu pousser les examens trop loin, il fut possible d'établir une comparaison approximative sur le plan économique entre la solution prévoyant des câbles coaxiaux et celle qui eût exigé la pose de câbles à paires symétriques. Lors de la comparaison, le câble minicoaxial l'emporta de loin, si bien que la variante à paires symétriques ne fut plus prise en considération pour un nombre de voies dépassant 900.

4 Caractéristiques techniques essentielles du tube minicoaxial et possibilités de transmission offertes

Lorsqu'on décida d'introduire le câble minicoaxial dans le réseau suisse, le problème de sa normalisation sur le plan international n'était de loin pas résolu. Dès lors, on s'appuya en premier lieu sur le type proposé au CCITT par l'administration d'Italie, vu les bons résultats qu'il avait donnés lors de son utilisation dans ce pays. Ses principales caractéristiques sont les suivantes

Dimensions:	0,65/2,8 mm
Isolation:	Polyéthylène mousse
Conducteur extérieur:	Tube de cuivre entouré d'un ruban d'acier formant un écran magnétique; les tubes sont isolés les uns par rapport aux autres dans le câble
Impédance à 1 MHz:	$75 \pm 3 \Omega$
Affaiblissement à 1 MHz:	$9,5 \pm 0,3 \text{ dB/km}$
Affaiblissement d'écho pour des impulsions de 50 ns:	$\geq 40 \text{ dB}$

Entre-temps, le groupe de travail CNC du CCITT a élaboré une proposition visant à recommander l'emploi d'un tube minicoaxial mesurant 0,7/2,9 mm et présentant un affaiblissement plus réduit en proportion. Un avis y relatif sera probablement approuvé par l'assemblée plénière du CCITT en 1976. D'ici là, le type précité continuera d'être utilisé en Suisse et il sera décidé à cette époque si et à quel moment le tube minicoaxial normalisé doit être introduit.

Le tube minicoaxial suisse peut être utilisé avec les dispositifs MIC suivants

Systeme du 2° ordre:	8,448 Mbit/s, 120 voies téléphoniques, écart entre répéteurs 3660 m, soit 2 sections Pupin
Systeme du 3° ordre:	environ 34 Mbit/s, 480 voies téléphoniques, écart entre répéteurs 1830 m, soit 1 section Pupin

L'application de systèmes du 4° ordre, permettant un débit binaire de quelque 140 Mbit/s, une charge de 1920 voies et un espacement entre répéteurs de 915 m pourrait être possible à un stade de développement ultérieur; toutefois, cette éventualité n'est pas prise en considération dans la planification des lignes.

Les câbles minicoaxiaux ne seront pas équipés de systèmes du 1° ordre, mais directement de systèmes du 2° ordre, construits par l'industrie suisse des télécommunications et livrables, selon toute prévision, à partir de 1978. On envisage

Systeme 3. Ordnung: ca. 34 Mbit/s, 480 Telefonkanäle, 1830 m Repeaterabstand (1 Pupinlänge)

Systeme 4. Ordnung mit etwa 140 Mbit/s, 1920 Kanälen und 915 m Repeaterabstand werden als Weiterentwicklung möglicherweise anwendbar sein, jedoch nicht in die Leitungsplanung einbezogen.

Die Minikoaxialkabel werden nicht mit Systemen 1. Ordnung, sondern direkt mit solchen 2. Ordnung ausgerüstet, die von der schweizerischen Fernmeldeindustrie gebaut und voraussichtlich von 1978 an lieferbar sein werden. Mit dem Einsatz von Systemen 3. Ordnung wird von etwa 1983 an gerechnet. Der Kabelaufbau ist aus *Figur 1* ersichtlich. Das Kabel ist unterteilt in das zentrale Minikoaxialbündel mit polyäthylenisolierten Signaladern und in eine bis vier Lagen papierlufttraumisolierter Sternvierer.

5 Einsatzabgrenzung von Bezirkskabeln mit Minikoaxialtuben

Der Einsatz von Kabeln mit Minikoaxialtuben ist von der *Leitungszahl*, von der *Leitungslänge* und vom Bedürfnis für allfällige spätere *Breitbandübertragung* abhängig.

51 Abgrenzung bezüglich Leitungszahl

Bezirkskabel mit Minikoaxialtuben finden vorwiegend für grosse Leitungszahlen Anwendung.

Bei den am meisten verbreiteten sternverseilten Kabeln mit 0,8 mm Aderdurchmesser ist die maximale Ausnützung mit 30+2 PCM-Systemen, das heisst mit 900 Telefonkanälen bereits bei den Typen $\geq 128 \times 2$, falls kein hochfrequenter Telefonrundspruch (HFTR) mitübertragen wird oder bei den Typen $\geq 190 \times 2$ mit gleichzeitiger HFTR-Übertragung erreicht. Bis 900 Leitungen ergibt dies somit preisgünstige Lösungen. Für grössere Leitungszahlen müssten um rund 30 % teurere Kabel mit 1,0 mm Aderdurchmesser oder aber zwei oder mehr Kabel mit 0,8 mm Aderdurchmesser als Basis benützt werden. Die Zahl von 900 Telefonkanälen stellt deshalb eine natürliche *untere Grenze* für den Einsatz von Minikoaxialkabeln dar.

Die *maximal* erforderliche Leitungskapazität eines Minikoaxialkabels wurde aufgrund langfristiger Prognosen auf den Hauptkabelachsen im Bezirksnetz Zürich beurteilt und auf etwa 7000 Leitungen für das Jahr 2000 geschätzt.

Bezirkskabel mit Minikoaxialtuben kommen aus diesen Überlegungen für einen Bereich von 900...7000 Telefonleitungen im Endausbau zur Anwendung. Diese Regel wird durch die unter 8 beschriebenen Wirtschaftlichkeitsvergleiche bestätigt.

52 Einfluss der Leitungslänge

Wie bei allen Mehrfachsystemen nehmen auch bei Minikoaxialanlagen die kilometrischen Leitungskosten mit zunehmender Leitungslänge ab. Auf langen Bezirkskabelstrecken können deshalb Minikoaxialanlagen auch für Leitungszahlen unter 900 wirtschaftlich vorteilhaft sein, wie dies im Abschnitt 8 dargelegt wird.

53 Bedürfnis für Breitbandübertragungen

Mit Minikoaxialkabeln werden vermehrte Möglichkeiten für Breitbandübertragungen geschaffen. Ohne bereits konkrete, ausgewiesene Bedürfnisse zu kennen, sind solche im Bezirksnetz in erster Linie auf Achsen grosser Leitungskonzentrationen oder im Einzugsgebiet grösserer Städte zu erwarten. Reserven müssen deshalb hier in angemessener Zahl, etwa für Fernsehbild- oder sehr rasche Datenübertragungen, eingeplant werden.

l'utilisation de systèmes du 3^e ordre à partir de 1983 environ. La composition du câble ressort de la *figure 1*. Les tubes minicoaxiaux sont assemblés en un faisceau central auquel sont associés des conducteurs de signalisation isolés au polyéthylène et superposés dans une à quatre couches de quartes-étoile à isolation air/papier.

5 Délimitation de l'emploi de câbles ruraux à tubes minicoaxiaux

L'emploi de câbles à tubes minicoaxiaux dépend du *nombre de lignes*, de la *longueur du circuit* et de la nécessité éventuelle d'effectuer des *transmissions à large bande* à une époque ultérieure.

51 Délimitation quant au nombre de lignes

Les câbles ruraux à tubes minicoaxiaux sont surtout utilisés pour les faisceaux comprenant un grand nombre de lignes.

Pour les câbles les plus répandus, c'est-à-dire ceux qui sont toronnés en étoile et dont les conducteurs ont un diamètre de 0,8 mm, l'utilisation au maximum est atteinte avec 30+2 systèmes MIC, soit 900 voies téléphoniques pour les types $\geq 128 \times 2$, si l'on ne transmet pas de télédiffusion haute fréquence (TD-HF) ou les types $\geq 190 \times 2$, si la TD-HF est transmise. Il en résulte donc des solutions économiques pour un nombre de lignes allant jusqu'à 900. Si celui-ci était supérieur, le coût du câble s'accroîtrait de 30 %, soit que le diamètre des conducteurs devrait être porté à 1,0 mm, soit qu'il faudrait utiliser deux ou plusieurs câbles de 0,8 mm comme base. De ce fait, le nombre de 900 voies téléphoniques constitue une *limite inférieure* naturelle pour l'emploi de câbles minicoaxiaux.

La capacité *maximale* que devrait offrir un câble minicoaxial a été estimée en fonction de pronostics à long terme portant sur les artères principales du réseau rural de Zurich. Le nombre évalué de lignes nécessaires en l'an 2000 s'est établi à 7000 environ.

De ce fait, les câbles ruraux à tubes minicoaxiaux entrent en considération sur les artères où le nombre de lignes téléphoniques atteindra 900...7000 au stade final de l'aménagement. Cette règle est confirmée par les comparaisons de rentabilité décrites sous 8.

52 Influence de la longueur du circuit

Dans les installations de câbles minicoaxiaux, comme dans tous les systèmes à usage multiple, le coût des lignes par kilomètre diminue lorsque la longueur du circuit augmente. Dès lors, les câbles minicoaxiaux peuvent se révéler économiques pour de longs tronçons de câbles ruraux, même si le nombre de lignes est inférieur à 900, ce qui est également démontré au point 8.

53 Nécessité d'effectuer des transmissions à large bande

Les câbles minicoaxiaux offrent une plus ample possibilité d'effectuer des transmissions à large bande. Bien que les besoins concrets ne soient pas encore connus, on peut s'attendre que de tels circuits soient surtout nécessaires dans les artères à forte concentration de trafic du réseau rural, c'est-à-dire dans les zones d'apport des grandes villes. Par conséquent, il importe de prévoir dans de telles régions des circuits de réserve en nombre suffisant, eu égard aux transmissions prévisibles, par exemple des images de télévision ou de données à un débit binaire très élevé.

6 Übertragung des hochfrequenten Telefonrundspruchs (HFTR)

Wenn HFTR- und PCM-Übertragung im gleichen paar-symmetrischen Kabel geschehen, so sind wegen der Störung des HFTR durch die PCM-Systeme besondere Massnahmen zu treffen. Bei früher gebauten Kabelanlagen bestehen diese unter anderem darin, dass die HFTR-Leitung durch mindestens eine Lage von NF-Vierern von den PCM-Übertragungsleitungen getrennt wird. Dadurch werden jedoch bei einer gegebenen Kabelgrösse die Möglichkeiten für die PCM-Übertragung beschränkt. Aus diesem Grunde wird in neuen paarsymmetrischen Bezirkskabeln durchwegs eine Minikoaxialtube als HFTR-Übertragungsleitung eingebaut, wodurch für die gleichen potentiellen PCM-Möglichkeiten ein bedeutend kleinerer Kabeltyp genügt und die Kosten für das Kabel um 20...30 % gesenkt werden können.

In den eigentlichen Minikoaxialkabeln wird der HFTR ebenfalls auf einer Minitube übertragen, womit eine einheitliche Lösung verwirklicht werden kann und ausserdem allfällige Möglichkeiten für die PCM-Übertragung auf den Sternvierern über dem zentralen Minikoaxialbündel nicht beeinträchtigt werden (siehe auch 7).

7 Typenreihe

Bei der Aufstellung der Typenreihe war man bestrebt, die Zahl der Kabeltypen kleinzuhalten und die feinere Abstufung nach individuellen Leitungszahlen mit dem frühern oder spätern Einsatz von PCM-Systemen höherer Ordnung zu erreichen. Bei allen mehrtubigen Typen werden die Koaxialpaare zusammen mit 2...11 Sternvierern für Signal- und Steuerleitungen im Kern des Kabels untergebracht. Die Zuteilung der Tuben, die maximale Bestückung und der Anwendungsbereich sind aus *Tabelle I* ersichtlich. Über jedem zentralen Minikoaxialbündel werden 1...4 Lagen Sternvierer mit 0,8 mm oder 1,0 mm Aderdurchmesser vorwiegend für die niederfrequente Verwendung angeordnet. Die Variationsmöglichkeiten sind in *Tabelle II* zusammengestellt.

Tabelle I. Übersicht der Kabeltypen und ihrer Anwendungsbereiche
Tableau I. Aperçu général des types de câbles et de leur domaine d'application

Anzahl Minituben Nombre de minitubes	Maximale PCM-Bestückung Equipement MIC maximum		Tuben für HFTR und Breitbandreserve Tubes pour TD-HF et réserve à large bande	Anwendungsgebiet Domaine d'application
	Systeme Systèmes	Telefonkanäle 3. Ordnung Voies téléphoniques du 3 ^e ordre		
1	—	—	1	Diese Tube dient ausschliesslich dem HFTR. Sie benötigt den Platz eines Sternvierers 0,8 mm Ce tube sert uniquement à transmettre la TD-HF. Il occupe la place d'une quarte-étoile 0,8 mm
8	2+1	960	2	Allgemein für kleinere Leitungsbündel mit Breitbandreserve, insbesondere für lange Anlagen. Verteilung auf 4 Systeme entsprechend 4 Ebenen bei IFS-1 nicht möglich En général pour petits faisceaux de lignes avec réserve à large bande, en particulier pour longs circuits. Répartition sur 4 systèmes correspondant aux 4 plans de l'IFS-1 impossible
16	4+1	1920	6	Kabeltyp für 900...1800 Leitungen und angemessene Breitbandreserve Type de câble pour 900...1800 lignes et réserve à large bande appropriée
40	15+1	7200	8	Kabeltyp für mehr als 1800 Leitungen und angemessene Breitbandreserve Type de câble pour plus de 1800 lignes et réserve à large bande appropriée

6 Transmission de télédiffusion à haute fréquence (TD-HF)

S'il s'agit de transmettre dans le même câble à paires symétriques des signaux de TD-HF et des informations MIC, il est nécessaire de prendre des précautions particulières pour éviter que les systèmes MIC ne perturbent la TD-HF. Dans les installations existantes, les mesures de protection consistaient, entre autres choses, à séparer la ligne de transmission TD-HF des circuits MIC par au moins une couche de quarte BF. Il en résulte cependant, pour une dimension de câble donnée, une diminution de la capacité de transmission en MIC. De ce fait, tous les nouveaux câbles ruraux à paires symétriques sont dotés d'un tube minicoaxial réservé à la transmission de la TD-HF. Un type de câble sensiblement plus petit offre donc la même capacité potentielle de transmission MIC, le coût du câble pouvant être diminué de 20 à 30 %.

Dans les câbles minicoaxiaux proprement dits, la TD-HF est également transmise par l'intermédiaire d'un minitube, ce qui représente une solution uniforme n'entraçant pas la possibilité éventuelle de transmettre des signaux MIC sur les quarte-étoile entourant le faisceau central de tubes minicoaxiaux (voir aussi 7).

7 Série des types

En établissant la série des types, on s'est efforcé de restreindre la gamme des options, sachant que le choix final du nombre des lignes nécessaires pourra se faire lors de la mise en œuvre en temps voulu de systèmes MIC d'un ordre plus élevé. Dans tous les types de câbles à plusieurs tubes, les paires coaxiales placées au centre sont assemblées avec 2...11 quarte-étoile prévues pour des lignes de signalisation et de commande. L'affectation des tubes, l'équipement maximal et le domaine d'application ressortent du *tableau I*. Autour du faisceau central de tubes minicoaxiaux, une à quatre couches de quarte-étoile sont disposées, leurs conduc-

Tabelle II. Variationsmöglichkeiten für die Minikoaxialtuben und die paarsymmetrischen Leitungen
 Tableau II. Variantes possibles pour tubes minicoaxiaux et lignes à paires symétriques

Anzahl Minituben Nombre de minitubes	Anzahl Signalpaare 0,8 mm (sternverseilt) Nombre de paires de signalisation 0,8 mm (toronnées en étoile)	Anzahl Paare (sternverseilt) über dem zentralen Minikoaxialbündel Nombre de paires (toronnées en étoile) disposées autour du faisceau minicoaxial central				
		Ader \varnothing \varnothing de conducteur	1 Lage 1 couche	2 Lagen 2 couches	3 Lagen 3 couches	4 Lagen 4 couches
8	4	0,8 mm	34	80	138	208
16	10	0,8 mm	44	100	168	248
40	22	0,8 mm	64	140	228	328
8	4	1,0 mm	30	72	126	192
16	10	1,0 mm	38	88	150	224
40	22	1,0 mm	56	124	204	296

Es ist vorgesehen, über dem Minikoaxialkern in jedem Falle mindestens eine Lage Sternvierer einzubauen, die vor allem auch als mechanisches Polster nützlich ist. Die Zahl der weiteren Lagen richtet sich nach dem Bedarf an niederfrequenten Stromkreisen, der besonders in der Anfangsphase gross sein kann, um die Leitungsbedürfnisse zu decken, bis die ersten PCM-Systeme auf den Minituben verfügbar sein werden.

Die Sternvierer in den Gürtellagen können in besonderen Fällen zusätzlich für PCM-Systeme 1. Ordnung ausgenützt werden. Dies ist zum Beispiel erwünscht, wenn am Trasse zwischen zwei grossen Zentralen über das gleiche Kabel gleichzeitig ein kleineres Amt bedient werden soll. Damit erübrigt sich, diesem Amt gesonderte Minituben zuzuteilen oder transitierende Systeme höherer Ordnung zu diesem Zweck eigens zu unterteilen. Mindestens eine dieser Lagen wird beim niederfrequenten Kreuzungsausgleich sektorweise gruppiert, damit die beiden PCM-Übertragungsrichtungen mit genügendem räumlichem Abstand voneinander getrennt werden können.

8 Überprüfung der Wirtschaftlichkeit

Die unter 5 dargelegte Abgrenzung des Einsatzes von Bezirkskabeln mit Minikoaxialtuben wird durch Wirtschaftlichkeitsvergleiche weitgehend bestätigt. Die entsprechenden Berechnungen basieren im vorliegenden Fall auf den jährlichen Kosten, die sich aus Amortisation, Kapitalverzinsung sowie Betrieb und Unterhalt zusammensetzen. Für die verschiedenen Varianten werden jeweils die jährlichen Kosten über einen Zeitraum von 20 Jahren summiert und miteinander verglichen. Damit lassen sich bezüglich der Leitungszahl beziehungsweise Bündelgrösse und hinsichtlich der Anlagelänge die wirtschaftlichsten Einsatzbereiche abgrenzen. Es werden folgende drei Varianten miteinander verglichen

- Sternviererverseilte Kabelanlage mit niederfrequenter Leitungsreserve für 20 Jahre gemäss bisheriger Praxis
- Sternviererverseilte Kabelanlage mit NF-Reserve für etwa 10 Jahre und anschliessendem Einsatz von PCM-Systemen 1. Ordnung
- Minikoaxialanlage mit einer Lage Sternvierern und PCM-Systemen 2. und 3. Ordnung.

Für die Strecken zwischen *Netzgruppenhauptamt* und *direkt angeschlossenen Zentralen* (End- oder Knotenämter) sind die Ergebnisse in *Figur 2* dargestellt. Dabei sind die Schnittpunkte in den Grenzbereichen nicht sehr ausgeprägt und

teurs d'un diamètre de 0,8 ou 1,0 mm servant surtout à créer des voies à basse fréquence. Les variantes possibles sont récapitulées dans le *tableau II*.

Il est prévu d'entourer en tout cas le faisceau central et les tubes minicoaxiaux d'au moins une couche de quartes-étoile assurant aussi une protection mécanique. Le nombre de couches supplémentaires dépend des besoins en circuits basse fréquence, qui seront surtout importants à la phase initiale, où des lignes analogiques seront nécessaires jusqu'à ce que les premiers systèmes MIC sur tubes minicoaxiaux soient disponibles.

Dans des cas spéciaux, les quartes-étoile des couches de ceinture peuvent être aussi utilisées pour les systèmes MIC du 1^{er} ordre. Cette situation se présente, par exemple, lorsqu'un petit central devant être desservi par le même câble est placé le long du tracé reliant deux grands centraux. De cette manière, on peut éviter d'attribuer des tubes minicoaxiaux séparés à ce central ou de subdiviser à cet effet des systèmes d'un ordre plus élevé dont les signaux transitent. L'une de ces couches au moins fera l'objet d'un groupement par secteurs, lors de l'équilibrage de croisement basse fréquence, afin que les deux sens de transmission MIC soient séparés physiquement l'un de l'autre par un espace suffisant.

8 Analyse économique

Les comparaisons économiques confirment dans une large mesure la délimitation de l'emploi de câbles ruraux à tubes minicoaxiaux décrite sous le point 5. En l'occurrence, les calculs correspondants sont fondés sur les frais annuels résultant de l'amortissement, des intérêts du capital ainsi que de l'exploitation et de l'entretien. Pour toutes ces variantes, les frais afférents à une période de 20 ans sont additionnés puis comparés. Il est ainsi possible de délimiter les domaines d'application les plus économiques, sous le rapport du nombre des lignes, de la dimension des faisceaux ainsi qu'à l'égard de la longueur du circuit. Les trois variantes suivantes sont comparées

- Installation de câbles toronnés en étoile avec réserve de lignes basse fréquence pour une durée de 20 ans, selon la méthode pratiquée jusqu'ici
- Installation de câbles toronnés en étoile avec réserve BF pour une période d'environ 10 ans, suivie de l'emploi de systèmes MIC du 1^{er} ordre
- Installation de câbles minicoaxiaux assortis d'une couche de quartes-étoile, exploitée avec des systèmes MIC du 2^e ordre et du 3^e ordre.

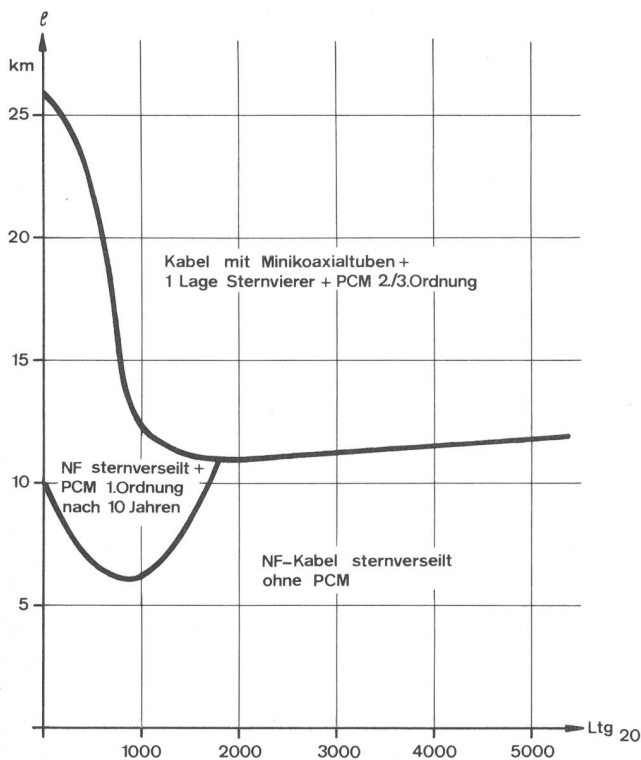


Fig. 2
Wirtschaftliche Einsatzbereiche für verschiedene Übertragungsmit-
tel. Strecke Netzgruppenhauptamt – Knoten- beziehungsweise End-
zentrale
Domaines d'utilisation économiques pour divers moyens de
transmission. Tronçon central principal de groupe de réseaux –
central nodal ou central terminus

Kabel mit Minikoaxialtuben + 1 Lage Sternvierer + PCM 2./3. Ordnung – Câble
avec tubes minicoaxiaux + 1 couche quartes-étoile + MIC 2./3. ordre
NF sternverseilt + PCM 1. Ordnung nach 10 Jahren – BF toronné en étoile + MIC
1^{er} ordre après 10 ans
NF-Kabel sternverseilt ohne PCM – Câble BF toronné en étoile sans MIC
l Länge in km – Longueur en km
Ltg₂₀ Leitungszahl in 20 Jahren – Nombre de lignes dans 20 ans

dementsprechend die Abgrenzungen zwischen den Einsatz-
gebieten als Richtgrößen aufzufassen.

Aus wirtschaftlicher Sicht lassen sich damit folgende Re-
geln für den Kabeleinsatz im Bezirksbereich ableiten

- Bei kleinerer Leitungszahl werden sternverseilte Kabel nicht mehr wie bisher durchwegs NF-mässig auf 20 Jahre dimensioniert, sondern es wird bei Anlagelängen von grösser als 6...10 km damit gerechnet, PCM-Systeme 1. Ordnung vorzeitig einzusetzen.
- Bezirkskabel mit Minikoaxialtuben werden für kleinere Leitungszahlen erst bei Anlagelängen über 20...25 km eingesetzt.
- Bei grossen Leitungszahlen werden Minikoaxialkabel schon für mittlere Anlagelängen von etwa 10 km an eingesetzt. Auf noch kürzeren Strecken ist das Bedürfnis an Breitbandreserven für die Wahl des Kabeltyps wesentlich mitentscheidend.

Die Abschnitte Knotenamt–Endamt sind in der Regel kurz und die Leitungszahlen eher klein, so dass hier in den meisten Fällen sternverseilte Kabelanlagen am wirtschaftlichsten sind. Minikoaxialkabel kommen nur bei extrem langen derartigen Strecken in Frage oder werden dort vorgesehen, wo in absehbarer Zeit ein grösseres Leitungsbündel von der Endzentrale direkt zum Netzgruppenhauptamt durchgeschaltet wird.

La figure 2 montre les résultats de ces calculs pour les tronçons reliant le central principal d'un groupe de réseaux et les centraux directement raccordés (centraux terminus et centraux nodaux). Remarquons que les points d'intersection dans les domaines limites ne sont pas très prononcés et que, de ce fait, les délimitations entre les domaines d'application doivent être considérées comme grandeurs indicatives.

Du point de vue économique, il est ainsi possible de dégager les règles suivantes concernant l'emploi de câbles ruraux

- La dimension des câbles toronnés en étoile à faible nombre de lignes n'est plus prévue, comme jusqu'ici, uniquement en régime BF pour 20 ans, mais pour des longueurs de circuits supérieures à 6...10 km, la mise en œuvre anticipée de systèmes MIC du 1^{er} ordre est prise en considération.
- Pour un faible nombre de lignes, les câbles ruraux à tubes minicoaxiaux ne sont utilisés que pour des circuits dont la longueur dépasse 20 ... 25 km.
- Si l'on doit disposer d'un grand nombre de lignes, les câbles minicoaxiaux entrent déjà en considération pour des circuits mesurant quelque 10 km au moins. Pour les trajets plus courts, la nécessité de disposer de réserves à large bande est en premier lieu déterminante pour le choix du type de câble.

En ce qui concerne les tronçons central nodal – central terminus, ils sont en général courts et comportent un assez faible nombre de lignes. En pareils cas, les câbles toronnés en étoile représentant généralement la solution la plus économique. Pour de telles sections, les câbles minicoaxiaux ne sont posés que si la distance est considérable ou ne sont prévus que si un faisceau de lignes important doit être connecté dans un proche avenir directement entre le central terminus et le central principal de groupe de réseaux.

9 Etat des travaux et de la planification de construction

A l'exception de ceux qui servent à transmettre la TD-HF, les tubes minicoaxiaux ne sont pas encore équipés pour l'instant. Toutefois, toutes les dispositions sont prises aux futurs points d'amplification pour le montage ultérieur des répéteurs. La première installation rurale à câbles minicoaxiaux, une section de 26 km reliant Thusis à Coire, fut achevée à la fin de 1974. Elle se compose de 8 minitubes et de 36 quartes-étoile de 1,0 mm. En revanche, les deux installations qui auraient dû la précéder, soit les câbles à 16 tubes Lugano–Chiasso et Sion–Sierre, n'ont été terminées qu'au printemps 1975. Cinq autres installations sont en cours de construction et seront achevées en 1975 encore.

Le programme de construction à long terme prévoit que pour la période portant de 1976 à 1980 cinq câbles ruraux à paires minicoaxiaux seront posés en moyenne chaque année, ce qui correspond à une production annuelle de 1200 tubes-km. En 1978/79, on disposera ainsi d'un grand nombre d'installations de ce genre, susceptibles d'être équipées de systèmes MIC du 2^e ordre.

Par ailleurs, la plupart des câbles ruraux à toronnage en étoile ont été équipés depuis le milieu de 1974 d'un tube minicoaxial central, permettant la transmission de la TD-HF afin d'accroître la possibilité d'utiliser ces installations à une date ultérieure en régime MIC du 1^{er} ordre.

9 Stand der Arbeiten und der Bauplanung

Die Minikoaxialtuben werden mit Ausnahme jener für die HFTR-Übertragung zurzeit nicht bestückt; in den künftigen Verstärkerpunkten werden jedoch alle Vorbereitungen für den spätern Einbau der Repeater getroffen. Als erste Bezirkskabelverbindung mit Minikoaxialtuben wurde Ende 1974 die 26 km lange Anlage Chur–Thuisis mit 8 Tuben und 36 Sternvierern 1,0 mm fertiggestellt, wogegen die beiden ursprünglich als Erstanlagen vorgesehenen 16tubigen Kabel Lugano–Chiasso und Sitten–Siders erst im Frühjahr 1975 beendet werden konnten. Fünf weitere Anlagen sind im Bau und werden im Laufe des Jahres 1975 beendet.

Im langfristigen Bauprogramm sind für die Jahre 1976...1980 durchschnittlich 5 Bezirkskabel mit Minikoaxialtuben jährlich geplant, was eine Produktion von etwa 1200 Tubenkilometern im Jahr ergibt. Damit wird bis 1978/79 bereits eine beträchtliche Anzahl solcher Anlagen bereitstehen, um mit PCM-Systemen 2. Ordnung bestückt zu werden.

Seit Mitte 1974 wird ausserdem bei den meisten sternverteilten Bezirkskabeln für die Übertragung des HFTR im Zentrum eine Minikoaxialtube eingebaut, um damit die potentiellen Möglichkeiten für die spätere Anwendung von PCM-Systemen 1. Ordnung zu erhöhen.

Im Fernleitungsnetz ist vorderhand nicht vorgesehen, Minikoaxialkabel für die PCM-Übertragung einzusetzen. Hingegen gelangen in einzelnen Fällen solche Kabel für die Übertragung von Basissekundärgruppen zwischen dezentralisierten Fernbetriebsämtern zum Einsatz.

Im interzentralen Kabelnetz schliesslich sind Minikoaxialkabel vorläufig nicht wirtschaftlich und werden daher höchstens in Spezialfällen, zum Beispiel für industrielle Fernsehübertragungen, zur Anwendung kommen.

10 Schlussfolgerung

Mit der hier dargelegten Einsatzdoktrin für die Kabelwege sind, unter Einbezug von Kabeln mit Minikoaxialtuben, im schweizerischen Bezirksleitungsnetz Lösungen eingeleitet, mit denen die Leitungsbedürfnisse langfristig wirtschaftlich und vorteilhaft befriedigt werden können, und zwar sowohl wenn das integrierte Fernmeldesystem IFS-1 eingeführt wird als auch falls die Raumvielfachvermittlung weiter angewendet werden sollte.

Il n'est pas prévu pour l'instant d'utiliser des câbles minicoaxiaux dans le réseau interurbain pour des transmissions MIC. En revanche, de tels câbles sont employés isolément pour transmettre des groupes secondaires de base entre des centres interurbains décentralisés.

Finalement, il est apparu que les câbles minicoaxiaux ne sont pas économiques pour le réseau de jonction intercentraux, raison pour laquelle on n'y recourra que dans des cas particuliers, par exemple pour la transmission d'images de télévision industrielle.

10 Conclusion

Il y a lieu de relever pour terminer que la doctrine selon laquelle on réalise les artères du réseau rural suisse, en y associant des câbles à tubes minicoaxiaux, représente une solution qui permettra de satisfaire aux besoins en lignes pour longtemps et de manière économique. La conception retenue permettra aussi bien d'introduire le système de télécommunication intégré IFS-1 que de poursuivre, le cas échéant, l'exploitation du réseau en régime de multiplexage par répartition dans l'espace.

Bibliographie

- [1] *F. Locher, J. Valloton und W. Herrensberger.* Ein neues Trägerfrequenzsystem für kurze Distanzen. Bern, Techn. Mitt. PTT, 1952, Nr. 5, S. 161...167.
- [2] *R. Ritschard.* Der Einsatz von PCM-Anlagen im Bezirksnetz – Emploi d'installations à modulation par impulsions et codage (MIC) dans le réseau rural. Bern, Techn. Mitt. PTT, 1970, Nr. 4, S. 136...148.
- [3] *K.E. Wuhrmann.* Das integrierte PCM-Fernmeldesystem IFS-1 – Le système de télécommunication intégré MIC IFS-1. Bern, Techn. Mitt. PTT, 1973, Nr. 12, S. 554...578.