

**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:** 60 (1982)

**Heft:** 8

**Artikel:** Détermination des caractéristiques électriques du réseau local en vue de sa numérisation = Bestimmung der elektrischen Eigenschaften des Ortsnetzes als Grundlage für seine Digitalisierung

**Autor:** Gillabert, Antoine / Buffat, Daniel

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-876168>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

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

# Détermination des caractéristiques électriques du réseau local en vue de sa numérisation

## Bestimmung der elektrischen Eigenschaften des Ortsnetzes als Grundlage für seine Digitalisierung

Antoine GILLABERT et Daniel BUFFAT, Berne

621.317.332:621.395.743

*Zusammenfassung. Zum Bestimmen der elektrischen Eigenschaften des Ortsnetzes wurde eine neue Methode entwickelt, die erlaubt, paarsymmetrische Kabelabschnitte mit kleinem Zeitaufwand zu messen. Im vorliegenden Artikel wird ein Überblick über das schweizerische Ortsnetz und mögliche Übertragungssysteme gegeben. Die Messmethode und ihre Anwendung sind weiter beschrieben.*

*Résumé. Pour déterminer les caractéristiques du réseau local, on a développé une nouvelle méthode qui permet de mesurer les sections de câbles à paires symétriques en un temps réduit. L'article ci-après donne une vue d'ensemble du réseau local suisse et des systèmes de transmission possibles. On y expose également la méthode de mesure utilisée et son application.*

**Determinazione delle caratteristiche elettriche della rete locale in previsione di digitalizzarla**

*Riassunto. Un nuovo metodo per determinare le caratteristiche tecniche della rete locale permette di misurare con poco dispendio di tempo tratte di cavi a coppie simmetriche. Nell'articolo si dà una visione generale della rete locale svizzera e dei possibili sistemi di trasmissione. Vengono inoltre descritti il metodo di misurazione e la sua applicazione.*

### 1 Introduction

L'introduction de techniques numériques dans le réseau d'abonnés au téléphone (réseau local) au niveau des centraux et des appareils d'abonnés rend la numérisation de la transmission dans le réseau, tant du point de vue économique que technique, extrêmement intéressante, voire même indispensable. De plus, le recours à la transmission numérique présente l'avantage supplémentaire de faciliter l'extension éventuelle de l'utilisation du réseau téléphonique à d'autres services (données, textes, son, images fixes).

L'évolution du réseau local n'est pas seulement conditionnée par cette tendance à la numérisation de la transmission. On entrevoit également la possibilité d'aller jusqu'à chez l'abonné avec une ou deux fibres optiques et de lui offrir une gamme étendue de services (télévision par câble, visiophone, radiodiffusion, etc.), éventuellement intégrés dans un seul et même réseau.

La mise en place du réseau local à deux fils de cuivre, tel que nous le connaissons aujourd'hui, a nécessité d'énormes investissements. Aussi sans négliger pour autant les possibilités nouvelles offertes par la transmission à large bande sur fibres optiques, y a-t-il lieu de tirer parti au mieux des câbles déjà installés. Une étude approfondie du réseau actuel devrait aider quant au choix des meilleures solutions à promouvoir pour le réseau du futur.

La transmission numérique sur paires téléphoniques implique l'utilisation de ces dernières à des fréquences pour lesquelles elles n'ont pas été spécifiées. A ces fréquences, les caractéristiques de transmission des câbles installés ne sont qu'imparfaitement connues. L'objet de cet article est de présenter, outre quelques considérations générales sur le réseau local, les techniques de mesure mises au point à la Division des recherches et du développement de la Direction générale des PTT et utilisées pour la détermination des caractéristiques en question.

### 1 Einführung

Die Einführung neuer digitaler Techniken im Teilnehmertelefonnetz (Ortsnetz) in den Zentralen und den Teilnehmerapparaten macht die Digitalisierung der Übertragung im Netz sowohl aus wirtschaftlichen als auch aus technischen Gründen ausserordentlich interessant, sogar unerlässlich. Zudem bringt die Anwendung der digitalen Übertragung den zusätzlichen Vorteil mit sich, das Telefonnetz allfällig für weitere Dienste ausbauen zu können (Daten, Texte, Ton, stehende Bilder).

Der Weiterausbau des Lokalnetzes wird nicht nur durch die Tendenz zur digitalen Übertragung bestimmt. Es zeichnet sich auch die Möglichkeit ab, den Abonnenten mit einer oder zwei Glasfasern an das Netz anzuschliessen und ihm somit eine erweiterte Palette von Dienstleistungen — in einem einzigen Netz integriert — anzubieten (Kabelfernsehen, Bildtelefon, Rundfunk).

Die Schaffung des Lokalnetzes aus Kupferdrähten, wie es heute besteht, erfordert enorme Investitionen. Es liegt deshalb auf der Hand, dass die bereits verlegten Kabel bestmöglich ausgenutzt werden, ohne dabei die durch die breitbandige Übertragung auf Glasfasern angebotenen neuen Möglichkeiten zu vernachlässigen. Eine tiefgreifende Untersuchung des bestehenden Netzes sollte dazu beitragen, die besten für das künftige Netz vorgeschlagenen Lösungen zu wählen.

Die digitale Übertragung auf Telefonaderpaaren erfordert deren Benützung bei Frequenzen, für die sie nicht spezifiziert wurden. Die Übertragungseigenschaften der verlegten Kabel sind bei diesen Frequenzen nur unvollständig bekannt. Ziel dieses Artikels ist es, ausser einigen allgemeinen Betrachtungen über das Ortsnetz, die von der Abteilung Forschung und Entwicklung der Generaldirektion PTT zur Bestimmung der erwähnten Eigenschaften entwickelten und angewendeten Messmethoden vorzustellen.

Zwei weitere Untersuchungen, eine über die genaue Netzgestaltung und die verschiedenen Teilnehmerkate-

Deux études complémentaires, l'une portant sur la topologie exacte du réseau et sur les différentes classes d'abonnés et l'autre sur les types de signaux et les perturbations rencontrées, compléteront par la suite l'étude d'ensemble du réseau actuel.

## 2 Structure du réseau local

Le réseau téléphonique suisse peut être subdivisé en quatre niveaux hiérarchiques

- réseau international
- réseau interurbain
- réseau rural
- réseau local

Le réseau local constitue le niveau le plus bas dans lequel l'abonné est relié au premier central par le biais d'une ligne de cuivre à deux fils. Dans les régions rurales, on comprend par le terme de «réseau local» la zone de couverture d'un central de raccordement, en ce cas, un central terminal ou un central nodal. Dans les régions urbaines, il s'agit de la zone desservie par plusieurs centraux de quartier. Les liaisons entre les centraux de quartier - réseau intercentral - font également partie du réseau local. La *figure 1* représente de façon schématique la structure d'un réseau local de campagne. Des armoires de distribution «AD» sont réparties dans toute la zone desservie par un central et reliées à ce dernier par des câbles principaux. Les armoires de distribution peuvent être reliées entre elles par le biais de câbles de compensation qui forment ainsi un réseau maillé. Les abonnés sont reliés aux armoires de distribution ou parfois directement aux centraux par des câbles

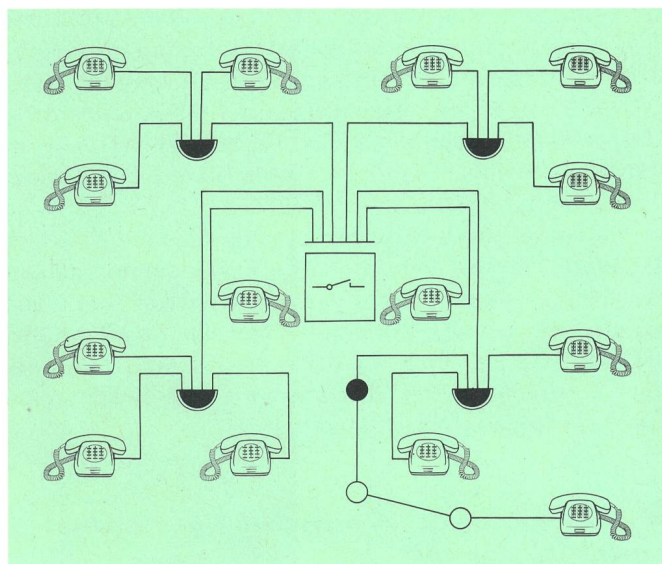
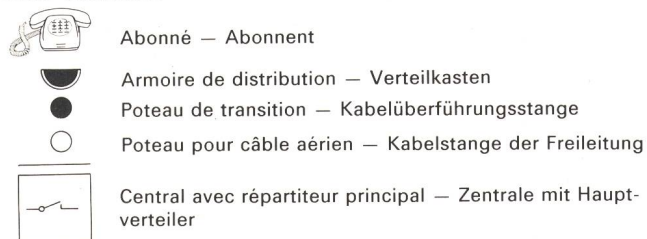


Fig. 1  
Structure schématisée d'un réseau local - Schematischer Aufbau eines Ortsnetzes



gorien, die andere über die Signaltypen und ihre Störungen, werden zu einem späteren Zeitpunkt das Bild des heutigen Netzes vervollständigen.

## 2 Der Aufbau des Ortsnetzes

Das schweizerische Telefonnetz kann in vier hierarchische Ebenen unterteilt werden

- internationales Netz
- Fernnetz
- Bezirksnetz
- Ortsnetz

Das Ortsnetz bildet die tiefste Ebene, in welchem der Teilnehmer mit der ersten Zentrale über eine zweidrähtige Kupferleitung verbunden wird. In ländlichen Gebieten versteht man unter dem Begriff «Ortsnetz» das Einzugsgebiet einer Anschlusszentrale, in diesem Fall eines Endamtes oder eines Knotenamtes. In städtischen Gebieten ist es der Bedienbereich von mehreren Quartierzentralen. Die Verbindungen der Quartierzentralen untereinander - interzentrales Netz genannt - werden ebenfalls zum Ortsnetz gezählt. In *Figur 1* ist schematisch der Aufbau eines ländlichen Ortsnetzes dargestellt. Zerstreut im Einzugsgebiet einer Zentrale sind Verteilungskästen (VK) aufgestellt. Durch Stammkabel sind diese mit der Zentrale verbunden. Die Verteilungskästen können durch Ausgleichskabel untereinander vermascht werden. Die Teilnehmer werden an die Verteilungskästen oder zum Teil auch direkt an die Zentrale durch Verteilungskabel angeschlossen. Wird ein Teilnehmer über eine Freileitung an das Telefonnetz angeschlossen, so führt diese zu einem Sicherungskasten an einer Kabelüberführungsstange (KS). Dort werden die ankommenden Freileitungen ins unterirdische Netz überführt. Die im Ortsnetz verwendeten Kabel (Teilnehmerkabel) sind aus papier- oder PEZ-(Gemisch aus Polyäthylen und Zellose)isolierten, massiven Kupferadern von 0,4, 0,6, 0,8 oder 1,0 mm Durchmesser aufgebaut. Ein Kabel kann zwischen 2 und 2400 Aderpaare enthalten. Im allgemeinen werden die Teilnehmerleitungen aus Kabelsektionen von 150...350 m zusammengesetzt. Dabei werden häufig Kabel mit unterschiedlichen Aderdurchmessern zusammengespleisst. Im Frequenzbereich von 0...350 kHz, der in den bisherigen Übertragungssystemen des Ortsnetzes verwendet wird, haben diese Übergangsstellen elektrisch keinen grossen Einfluss. Kriterien für den Einsatz der verschiedenen Kabeltypen sind - neben wirtschaftlichen Aspekten - der Dämpfungsplan sowie der maximale Schlaufenwiderstand der Teilnehmerleitung.

## 3 Neue Übertragungssysteme im Ortsnetz

Die schnelle Entwicklung in der Fernmeldetechnik stellt neue Anforderungen an die Übertragungssysteme im Ortsnetz. Die Einführung der digitalen Sprachübertragung in den höheren Netzebenen hat schon vor längerer Zeit begonnen. Mit der Einführung digitaler Vermittlungssysteme (IFS) rückt die Digitalisierung einen Schritt näher zum Abonnenten. Neben wirtschaftlichen Gründen spricht auch ein grösseres Angebot an Lei-

de distribution. Lorsqu'un abonné est relié au réseau téléphonique par une ligne aérienne, celle-ci est tout d'abord amenée au coffret à fusibles d'un poteau de transition (PT). En ce point, les lignes aériennes sont raccordées à un câble principal ou à un câble de distribution du réseau souterrain. Les câbles utilisés dans le réseau local (câbles d'abonnés) sont constitués de conducteurs de cuivre massifs d'un diamètre de 0,4, 0,6, 0,8 ou 1,0 mm, isolés au papier ou par un mélange de polyéthylène et de cellulose (PEZ). Un câble peut contenir entre 2 et 2400 paires de conducteurs. D'une façon générale, les lignes d'abonnés sont constituées par des sections de câbles de 150...350 m et il arrive souvent que des câbles avec des diamètres de conducteurs différents soient épissés entre eux. Dans la plage des fréquences de 0...350 kHz, utilisées jusqu'ici dans les systèmes de transmission du réseau local, ces points de transition n'ont électriquement pas de grande influence. En plus d'aspects économiques, les critères d'utilisation des différents types de câbles relèvent du plan d'affaiblissement et de la résistance maximale de boucle de la ligne d'abonné.

### **3 Nouveaux systèmes de transmission dans le réseau local**

Le développement rapide de la technique des télécommunications entraîne de nouvelles exigences pour les systèmes de transmission dans le réseau local. L'introduction de la transmission numérique de la parole dans les niveaux supérieurs du réseau a déjà commencé depuis longtemps. Avec l'introduction du système de commutation numérique «IFS», la numérisation fait un pas de plus en direction de l'abonné. Hormis des raisons économiques, le fait de pouvoir offrir une palette plus étendue de prestations à l'utilisateur parle en faveur de la mise en œuvre de cette nouvelle technique. Ainsi, en plus du téléphone, on doit être en mesure d'offrir de nouvelles possibilités de communications à l'abonné, telles que vidéotex, télétext, transmission d'images fixes, transmission de données, téléométrie, commutation de messages, etc. D'autres besoins se dessinent, tels que le visiophone, la transmission stéréophonique de la musique, etc.

A cet effet, il y a lieu d'utiliser autant que possible le réseau local existant comme support de transmission. En tant qu'alternative, le remplacement partiel ou total des câbles existants par des câbles coaxiaux ou des câbles à fibres optiques pourrait être envisagé. Le choix du support et du procédé de transmission dépend entre autres choses de la largeur de bande qui doit être mise à la disposition de l'abonné. Celle-ci est définie par la quantité d'informations à transporter et par le choix du procédé de transmission. Selon les recommandations des organismes internationaux, il y a lieu de réserver pour un canal vocal un débit d'informations de 64 kbit/s dans les deux sens. Pour les autres services, 8...64 kbit/s sont prévus en supplément. La synchronisation, la signalisation, le codage et la surveillance exigent également un débit d'informations pouvant aller jusqu'à 16 kbit/s. Il s'ensuit que chaque abonné nécessite un débit d'informations de 80...144 kbit/s par sens de transmission. Pour les procédés de transmission capables d'acheminer simultanément dans les deux sens le vo-

stungsmerkmalen für die Einführung dieser neuen Technik. Dem Kunden sollen neben dem Telefon neue Kommunikationsmöglichkeiten wie Videotex, Teletex, Übertragung von stehenden Bildern, Datenübertragung, Telemetrie, Meldungsvermittlung usw. angeboten werden können. Weitere Wünsche sind Videotelefon, stereofone Musikübertragung usw.

Als Übertragungsmedium soll wenn möglich das bestehende Ortsnetz verwendet werden können. Als Alternative würde ein teilweiser oder allenfalls ein vollständiger Ersatz bestehender Kabel durch Koaxial- oder Glasfaserkabel in Frage kommen. Die Wahl des Übertragungsmediums und des -verfahrens ist unter anderem abhängig von der Bandbreite, die den Kunden zur Verfügung gestellt wird. Die Bandbreite wird wiederum durch die Informationsmenge und die Wahl des Übertragungsverfahrens bestimmt. Nach Vorschlägen der internationalen Organisationen reserviert man für einen Sprachkanal eine Informationsmenge von 64 kbit/s in jeder Richtung. Für die weiteren Dienste werden 8...64 kbit/s zusätzlich vorgesehen. Synchronisation, Signalisation, Codierung und Überwachung erfordern ebenfalls bis zu 16 kbit/s. Folglich benötigt jeder Teilnehmer eine Informationsmenge von 80...144 kbit/s je Übertragungsrichtung. Bei Übertragungsverfahren, die die geforderte Informationsmenge in beiden Richtungen gleichzeitig übertragen können, (4-Draht-Verfahren, 2-Draht mit adaptiver Gabel oder 2-Draht mit Echo-Sperrer) wird eine Bandbreite von 60...110 kHz benötigt. Bei 2-Draht-Übertragungsverfahren mit Richtungstrennung, wie bei der Burst-Methode (Senden—Pause—Empfangen—Pause—Senden . . .) oder bei der Methode mit getrennter Frequenzlage, muss die erforderliche Bandbreite für jede Übertragungsrichtung separat reserviert werden. Diese Methoden benötigen etwas mehr als die doppelte Bandbreite, um die nötige Informationsmenge senden und empfangen zu können. Der einfachere Aufbau der Leitungsausrüstung muss bei den zwei letzteren Verfahren durch die erhöhte Bandbreite erkaufte werden. In der Schweiz stellt der Hochfrequenz-Telefonrundspruch, der im Frequenzband von 160...350 kHz arbeitet, ein zusätzliches Problem dar, weil dieses Band für alle anderen Übertragungssysteme gesperrt ist.

Die obigen Betrachtungen zeigen, dass die Kabel im Ortsnetz, die für niederfrequente Anwendungen gebaut wurden, in ganz neuen Frequenzbereichen betrieben werden sollen. Die elektrischen Eigenschaften der Kabel müssen neu bestimmt werden, weshalb eine Messmethode gesucht wurde, die eine effiziente Bestimmung der Kabeleigenschaften gestattet.

### **4 Bestimmung der elektrischen Eigenschaften des Lokalnetzes**

Da spezifische Messeinrichtungen fehlen, kann die Untersuchung der Leitungseigenschaften bei digitaler Übertragung nur schwer durchgeführt werden, ohne dass man sich auf analoge Messungen in sinusförmigem Betrieb stützt, für welche die entsprechenden Geräte in den Laboratorien zur Verfügung stehen.

Wenn man die Übertragungsparameter der Leitungen in bezug auf die Frequenz kennt, ist es hingegen möglich, die Verhältnisse im digitalen Betrieb durch Berechnungen zu untersuchen.

lume nécessaire d'informations (procédé à quatre fils, à deux fils avec termineur ou à deux fils avec supprimeur d'écho), il est nécessaire de disposer d'une largeur de bande de 60...110 kHz. Dans le procédé de transmission à deux fils avec séparation des sens de transmission, ou avec la méthode en temps partagé (Emission — pause — réception — pause — émission, etc.) ou encore avec la méthode de transmission dans deux plages de fréquences différentes, il y a lieu de réserver la largeur de bande nécessaire séparément pour chaque sens de transmission. Ces méthodes nécessitent un peu plus que la double largeur de bande pour émettre et recevoir le volume d'informations. Avec les deux derniers procédés, la construction plus simple des équipements de lignes n'est possible qu'au prix de l'utilisation d'une largeur de bande accrue. De plus, en Suisse, la télédiffusion à haute fréquence, transmise dans la bande de 160...350 kHz, pose un problème supplémentaire, vu que cette bande de fréquences est bloquée pour tous les autres systèmes de transmission.

Les considérations qui précèdent montrent que les câbles dans le réseau local, qui avaient été construits pour des utilisations à basse fréquence, doivent être exploités dans des plages de fréquences entièrement nouvelles. C'est pourquoi les propriétés électriques de ces câbles doivent être nouvellement fixées, raison pour laquelle on a cherché une méthode de mesure qui permet de définir de manière rationnelle les propriétés des câbles.

#### 4 Caractérisation électrique du réseau local

L'étude des propriétés des lignes en transmission numérique ne peut être, en raison du manque d'équipements de mesure spécifiques, que difficilement effectuée sans s'appuyer sur des mesures analogiques en régime sinusoïdal, pour lesquelles des appareils sont à disposition dans les laboratoires.

Connaissant les paramètres de transmission des lignes en fonction de la fréquence, il est en revanche possible de procéder par le calcul à une étude de la transmission en régime numérique.

La propagation sur une ligne homogène est parfaitement définie si l'on connaît, outre les impédances terminales aux extrémités, son impédance caractéristique complexe, son atténuation, son déphasage et sa longueur. Ce sont ces grandeurs que l'on cherche à déterminer pour les lignes installées du réseau actuel.

D'autres effets, comme la diaphonie due aux circuits voisins, ou les perturbations de tous ordres, influencent également la transmission des signaux. Seule la mesure de la diaphonie est traitée dans cet article.

Un abonné est rarement relié au central local par l'intermédiaire de paires du même type sur toute la longueur de la liaison. Généralement, il est raccordé au travers de plusieurs sections, supposées homogènes, de caractéristiques de transmission différentes, mises bout à bout.

Le nombre et les longueurs des sections homogènes qui composent une liaison inhomogène central-abonné sont très variables. La mesure d'un grand nombre de longueurs typiques du réseau suisse prendrait beaucoup

Die Übertragung auf einer homogenen Leitung ist vollständig definiert, wenn man ausser den Impedanzen an deren Ende ihre komplexe Wellenimpedanz, ihren Dämpfungs-, und Phasenbelag und ihre Länge kennt. Es wird versucht, gerade diese Grössen für die verlegten Leitungen des heutigen Netzes zu bestimmen.

Auch andere Auswirkungen, wie das Nebensprechen, das durch die benachbarten Stromkreise verursacht wird, oder weitere Störungen aller Art, beeinflussen die Signalübertragung. Im vorliegenden Artikel wird lediglich das Nebensprechen behandelt.

Selten wird ein Teilnehmer mit Aderpaaren der gleichen Kabelsorte über die ganze Länge der Verbindung an die Zentrale angeschlossen. Vielmehr werden mehrere aneinandergespleisste Kabelsektionen benützt, die einzeln als homogen angenommen werden, jedoch verschiedene Übertragungseigenschaften aufweisen.

Zahl und Länge der homogenen Kabelsektionen, die eine inhomogene Verbindung zwischen Zentrale und Teilnehmer bilden, sind sehr verschieden. Die Messung einer grossen Zahl typischer Längen des schweizerischen Telefonnetzes würde viel Zeit in Anspruch nehmen, ohne dass sich daraus unbedingt ein vollständiges Bild ergäbe. Dies ist ein Grund, weshalb ein anderes Vorgehen angewendet wurde.

Die Übertragungseigenschaften eines Abschnittes können durch Berechnungen ermittelt werden, sofern man die Übertragungsparameter und die Länge der homogenen Sektionen kennt. Die gewählte Methode beruht also auf der Messung der Parameter typischer homogener Sektionen, die später herangezogen werden, um jede Verbindung, deren Zusammensetzung bekannt ist, zu berechnen.

#### 5 Parameter einer homogenen Leitung

Die Eigenschaften einer homogenen Leitung sind bezüglich der Übertragung durch einen der zwei folgenden Parametersätze vollständig definiert:

- Die primären Parameter  $R$ ,  $L$ ,  $C$ ,  $G$ , die den Widerstands-, den Induktanz-, den Kapazitäts- und den Ableitungsbelag der Leitung bei der betrachteten Frequenz darstellen; sie können jedoch nur über kurze Strecken direkt gemessen werden, was bei uns nicht der Fall ist.
- Die sekundären Parameter  $\bar{Z}_c$ ,  $\alpha$  und  $\beta$ , die die komplexe Wellenimpedanz, den Dämpfungs- und den Phasenbelag der Leitung darstellen;  $\alpha$  entspricht dem reellen Teil des Übertragungsbelags  $\bar{\gamma}$  und  $\beta$  seinem imaginären Teil. Diese Parameter werden aufgrund der Messung der Eingangsimpedanzen  $\bar{Z}_{ou}$  und  $\bar{Z}_{cc}$  der Leitung mit offenem und kurzgeschlossenem Ende bestimmt.

Die Formeln (1) gestatten, die sekundären Parameter der Leitung aufgrund von  $\bar{Z}_{ou}$ ,  $\bar{Z}_{cc}$  und ihrer Länge  $l$  zu ermitteln. Die Formeln (2) und (3) erlauben, von den sekundären auf die primären Parameter überzugehen und umgekehrt.

$$\bar{Z}_w = \sqrt{\bar{Z}_{ou} \cdot \bar{Z}_{cc}}$$

$$\tanh(\alpha l + j\beta l) = \sqrt{\frac{\bar{Z}_{cc}}{\bar{Z}_{ou}}} \quad (1)$$

de temps, sans pour autant nécessairement donner une image complète et détaillée de celui-ci.

Les caractéristiques de transmission d'un tronçon peuvent être obtenues par le calcul à condition de connaître les paramètres de transmission et les longueurs des sections homogènes qui le composent. La méthode choisie va donc consister à mesurer les paramètres de sections homogènes typiques, paramètres auxquels il sera fait appel pour le calcul de toute liaison dont on connaît la composition.

### 5 Paramètres d'une ligne homogène

Les propriétés d'une ligne homogène sont complètement définies, au point de vue de la transmission, par l'un des deux jeux de paramètres suivants:

- Les paramètres primaires R, L, C, G qui représentent respectivement la résistance, l'inductance, la capacité et la perdite linéiques de la ligne, à la fréquence considérée, et qui ne sont mesurables directement que sur de courtes longueurs, ce qui n'est pas notre cas.
- Les paramètres secondaires  $\bar{Z}_c$ ,  $\alpha$  et  $\beta$ , qui sont l'impédance caractéristique complexe, l'affaiblissement et le déphasage linéiques de la ligne;  $\alpha$  étant la partie réelle de l'exposant linéique de propagation  $\bar{\gamma}$  et  $\beta$  sa partie imaginaire. On détermine ces paramètres à partir de la mesure des impédances d'entrée  $\bar{Z}_{ou}$  et  $\bar{Z}_{cc}$  de la ligne avec son extrémité en circuit ouvert et en court-circuit.

Les formules (1) permettent d'obtenir les paramètres secondaires de la ligne à partir de  $\bar{Z}_{ou}$ ,  $\bar{Z}_{cc}$  et de sa longueur l. Les formules (2) et (3) permettent de passer des paramètres secondaires aux paramètres primaires et inversement

$$\bar{Z}_c = \sqrt{\bar{Z}_{ou} \cdot \bar{Z}_{cc}}$$

$$\tanh(\alpha l + j\beta l) = \sqrt{\frac{\bar{Z}_{cc}}{\bar{Z}_{ou}}} \quad (1)$$

$$\bar{Z}_c = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

$$\bar{\gamma} = \alpha + j\beta = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} \quad (2)$$

$$R + j\omega L = \bar{\gamma} \cdot \bar{Z}_c$$

$$G + j\omega C = \frac{\bar{\gamma}}{\bar{Z}_c} \cdot \bar{Y}_c \quad (3)$$

Une ligne inhomogène équivaut à la mise en cascade de sections homogènes. Sa matrice de transfert (A) la définit entièrement et s'obtient par multiplication des matrices de transfert (A'), (A''), etc., de chacune des sections homogènes [1]

$$(A) = (A') (A'') \dots \quad (4)$$

$$\bar{Z}_w = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

$$\bar{\gamma} = \alpha + j\beta = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} \quad (2)$$

$$R + j\omega L = \bar{\gamma} \cdot \bar{Z}_w$$

$$G + j\omega C = \frac{\bar{\gamma}}{\bar{Z}_c} \cdot \bar{Y}_c \quad (3)$$

Eine inhomogene Leitung entspricht dem Aneinanderschalten von homogenen Sektionen. Sie wird durch ihre Transfermatrix (A) vollständig definiert. Diese erhält man durch Multiplizierung der Transfermatrixen (A'), (A'') usw. jeder homogenen Sektion [1].

$$(A) = (A') (A'') \dots \quad (4)$$

$$\begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A'_{11} & A'_{12} \\ A'_{21} & A'_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A''_{11} & A''_{12} \\ A''_{21} & A''_{22} \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} A_{11} &= \cosh(\bar{\gamma}l) \\ A_{12} &= -\bar{Z}_w \sinh(\bar{\gamma}l) \\ A_{21} &= -\bar{Y}_w \sinh(\bar{\gamma}l) \\ A_{22} &= \cosh(\bar{\gamma}l) \end{aligned} \quad (6)$$

### 6 Impedanzmessung

#### 61 Übliche Messmethode

Die Einrichtung zur Messung der Eingangsimpedanzen  $\bar{Z}_{ou}$  und  $\bar{Z}_{cc}$  besteht aus einer Impedanzmessbrücke, einem Pegelgenerator und einem selektiven Pegelmessgerät. Die in *Figur 2* dargestellte Apparatur gestattet Messungen bis zu 1,6 MHz. Diese Methode führt zu genauen Ergebnissen, weist jedoch den grossen Nachteil auf, zeitaufwendig zu sein. So muss man mit einem Arbeitstag rechnen, um die Messung eines einzigen Aderpaares bei einer grossen Zahl Frequenzen durchzuführen.

#### 62 Automatisierte Messmethode

Soweit bekannt ist, ist zurzeit keine Brücke für die automatische Impedanzmessung im betrachteten Fre-

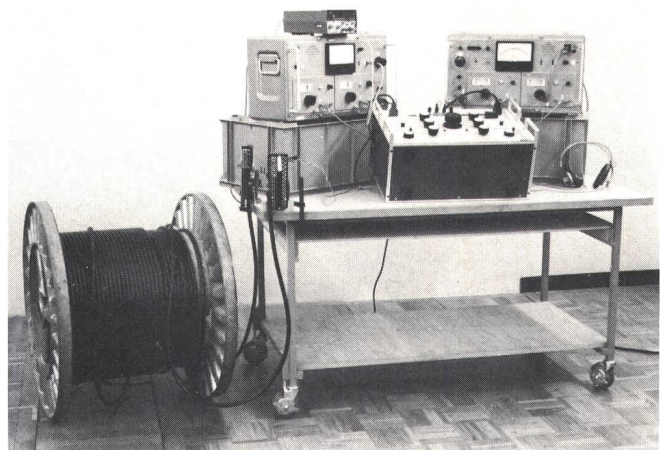


Fig. 2  
Place de mesure d'impédances complexes avec pont — Messplatz für komplexe Impedanzen mit Messbrücke

$$\begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A'_{11} & A'_{12} \\ A'_{21} & A'_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A''_{11} & A''_{12} \\ A''_{21} & A''_{22} \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} A_{11} &= \cosh(\bar{\gamma}l) \\ A_{12} &= -\bar{Z}_c \sinh(\bar{\gamma}l) \\ A_{21} &= -\bar{Y}_c \sinh(\bar{\gamma}l) \\ A_{22} &= \cosh(\bar{\gamma}l) \end{aligned} \quad (6)$$

## 6 Mesure de l'impédance

### 61 Méthode de mesure traditionnelle

La place de mesure des impédances d'entrée  $\bar{Z}_{ou}$  et  $\bar{Z}_{cc}$  comporte un pont de mesure des impédances, un générateur de niveau et un appareil de mesure de niveau sélectif. L'appareillage représenté à la *figure 2* permet des mesures jusqu'à 1,6 MHz. Cette méthode donne des résultats précis mais présente l'inconvénient majeur de nécessiter un temps de mesure élevé, de l'ordre d'une journée de travail pour la mesure d'une seule paire à un grand nombre de fréquences.

### 62 Méthode de mesure automatisée

A notre connaissance, aucun pont pour la mesure automatisée de l'impédance dans la bande de fréquences considérée n'existe sur le marché. Une méthode de remplacement, fondée sur l'utilisation d'un analyseur de réseau, a donc été mise au point.

Le principe de la mesure est expliqué à l'aide de la *figure 3*. L'impédance symétrique inconnue  $\bar{Z}$  qui peut être l'une des impédances d'entrée  $\bar{Z}_{ou}$  ou  $\bar{Z}_{cc}$  du câble est connectée, au travers de deux impédances strictement égales et connues, à une source de tension parfaitement symétrique par rapport à la terre. Il en résulte que  $\bar{U}_A = \bar{U}_o/2$  et  $\bar{U}_B = \bar{U}/2$ .

Il est facile d'établir que

$$\bar{Z} = 2 \bar{Z}_1 \cdot \frac{1}{\frac{\bar{U}_A}{\bar{U}_B} - 1} \quad (7)$$

L'utilisation d'un analyseur de réseau permet de mesurer directement le rapport  $\bar{U}_A/\bar{U}_B$  et le déphasage entre ces deux tensions, ce qui permet de calculer, connaissant la valeur de  $\bar{Z}_1$ , l'impédance inconnue  $\bar{Z}$ .

### 63 Place de mesure

La place de mesure, conçue pour être utilisée à des fréquences allant jusqu'à 2 MHz, est représentée aux *figures 4* et *5*. L'adjonction de deux résistances contre terre à la sortie du transformateur force la symétrie par rapport à la terre. Le circuit de mesure est réalisé en technique hybride intégrée; les résistances ont une grande précision, de l'ordre de  $\pm 2\%$  entre 0,5 kHz et 2 MHz. Les synthétiseurs et analyseurs de réseau sont reliés à un ordinateur par l'intermédiaire d'un bus IEE 488.

Les câbles coaxiaux entre le circuit de mesure et l'analyseur de réseau, bien que courts, entraînent un déphasage de la tension qu'il y a lieu de compenser, ce dont se charge le programme. De même, le cordon de

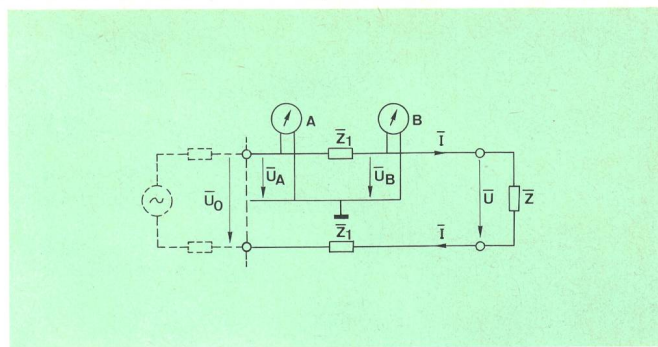


Fig. 3  
Schéma de principe de la nouvelle place de mesure d'impédance —  
Prinzipschema des neuen Impedanz-Messplatzes  
A, B Instruments de mesure — Messinstrumente

quenzband auf dem Markt. Deshalb wurde eine Ersatzmethode entwickelt, die auf der Verwendung eines Netzwerkanalysators beruht.

Das Messprinzip wird anhand der *Figur 3* erläutert. Die unbekannte symmetrische Impedanz  $\bar{Z}$ , die eine der Eingangsimpedanzen  $\bar{Z}_{ou}$  oder  $\bar{Z}_{cc}$  des Kabels sein kann, wird durch zwei genau gleiche und bekannte Impedanzen an eine der Erde gegenüber vollständig symmetrische Spannungsquelle geschaltet. Daraus ergibt sich  $\bar{U}_A = \bar{U}_o/2$  und  $\bar{U}_B = \bar{U}/2$ .

Es kann dann leicht bewiesen werden, dass

$$\bar{Z} = 2 \bar{Z}_1 \cdot \frac{1}{\frac{\bar{U}_A}{\bar{U}_B} - 1} \quad (7)$$

gilt.

Die Verwendung eines Netzwerkanalysators erlaubt, das Verhältnis  $\bar{U}_A/\bar{U}_B$  sowie die Phasenverschiebung

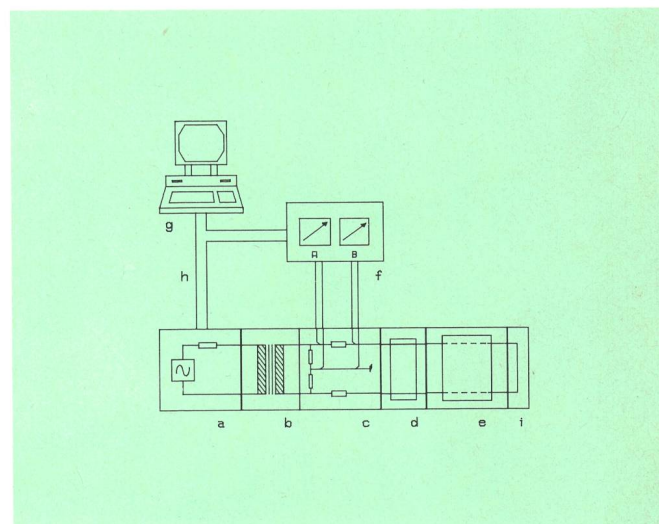


Fig. 4  
Place de mesure d'impédance — Impedanz-Messplatz  
a Synthétiseur 0,1 Hz...13 MHz — Synthesizer 0,1 Hz...13 MHz  
b Transformateur 75...150 ohms — Transformator 75...150 Ohm  
c Circuit de mesure — Messschaltung  
d Cordon de mesure — Messleitung  
e Paire symétrique à mesurer — Zu messendes symmetrisches Aderpaar  
f Analyseur de réseau 50 Hz...13 MHz à deux canaux — Netzwerk-Analysator 50 Hz...13 MHz mit zwei Kanälen  
g Calculateur de table — Tischrechner  
h Bus IEEE 488 — IEEE-Bus 488  
i Terminateur de ligne ouvert ou en court-circuit — Leerlauf oder Kurzschluss  
A, B Instruments de mesure — Messinstrumente

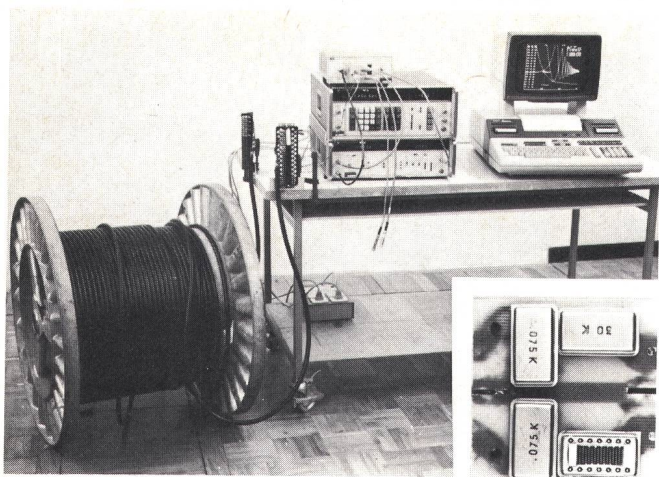


Fig. 5  
Place et circuit de mesure de l'impédance — Impedanz-Messplatz  
und Messschaltung

mesure fausse les résultats, qu'il faut corriger en conséquence.

Des programmes ont été développés qui permettent la commande des appareils, l'acquisition des résultats et leur traitement de façon automatique. Les résultats sont mémorisés sur cassettes.

#### 64 Courbes en fonction de la fréquence

Les courbes, en fonction de la fréquence, du module et de la phase des impédances caractéristique (1), en

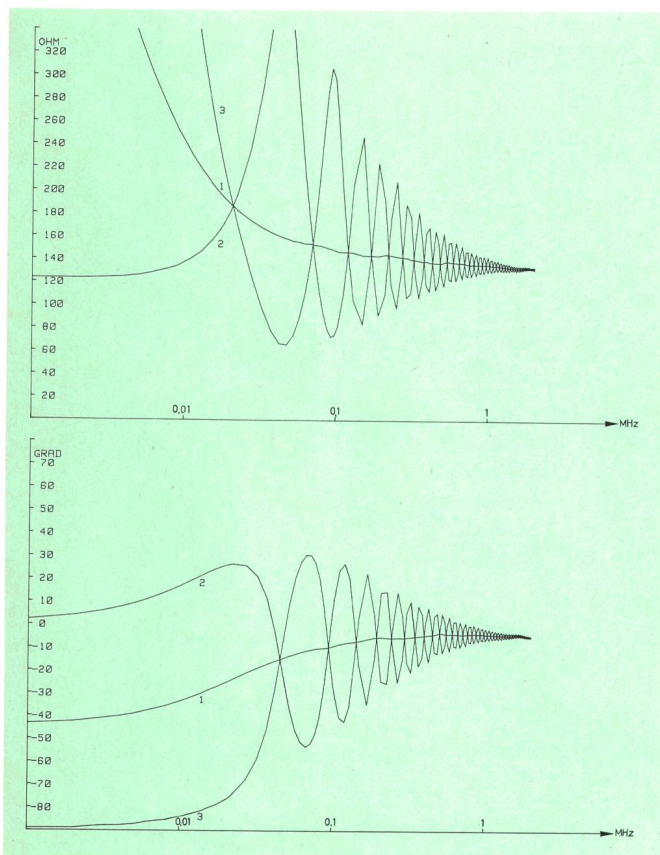


Fig. 6  
Module et phase de l'impédance caractéristique d'une paire symétrique — Betrag und Phase der Wellenimpedanz eines symmetrischen Aderpaares  
Paire — Paar: 0,6 mm  
Longueur — Länge: 1020 m  
Degré — Grad

zwischen diesen zwei Spannungen direkt zu messen. Dadurch kann die unbekannte Impedanz  $\bar{Z}$  berechnet werden, sofern man den Wert  $\bar{Z}_1$  kennt.

#### 63 Messplatz

Der für Messungen bis zu Frequenzen von 2 MHz konzipierte Messplatz ist in den Figuren 4 und 5 dargestellt. Die Zugabe zweier Widerstände gegen Erde am Ausgang des Transformators ergibt eine Zwangssymmetrie gegenüber der Erde. Der Messstromkreis wurde in integrierter Hybridtechnik verwirklicht; die Widerstände weisen eine hohe Genauigkeit auf in der Größenordnung von  $\pm 2 \text{ ‰}$  zwischen 0,5 kHz und 2 MHz. Die Synthesizer und Netzwerkanalysatoren sind über ein Bus IEE 488 mit einem Rechner verbunden.

Die Koaxialkabel zwischen dem Messstromkreis und dem Netzwerkanalysator verursachen, auch wenn sie kurz sind, eine Phasenverschiebung der Spannung, die zu kompensieren ist, was das Programm übernimmt. Auch verfälscht die Messschnur die Ergebnisse, die entsprechend zu korrigieren sind.

Es wurden Programme entwickelt, die die automatische Steuerung der Apparate sowie die Gewinnung und Verarbeitung der Ergebnisse gestatteten. Die Resultate werden auf Kassetten gespeichert.

#### 64 Kurven in Funktion der Frequenz

Die frequenzabhängigen Kurven des Betrags und der Phase für die Wellen-, Kurzschluss- und Leerlaufimpedanzen (1, 2, 3) eines homogenen Aderpaares, das mit dem beschriebenen Messplatz gemessen wurde, sind in Figur 6 wiedergegeben. Die Anwendung der Formeln (1), (2) und (3) erlaubte, die sekundären Parameter  $\alpha$  und  $\beta$  (Fig. 7) sowie die primären Parameter R, L, C (Fig. 8) des betrachteten Paares zu berechnen.

#### 7 Messung der Dämpfung und des Nebensprechens

Die Ergänzung des Messplatzes für die Impedanz mit einem Netzwerk- oder Spektrumanalysator, einem Transformator und einem Abschlusswiderstand gestattet, diesen in einen Messplatz für das Nebensprechen oder — wie dies in Figur 9 gezeigt wird — für die Dämpfung umzuwandeln.

Für die automatisierte Messung des Fernnebensprechens und der Betriebsdämpfung einer Verbindung muss man das Bus IEE 488 über zwei Modems verlängern. Diese werden je an einem Ende der Verbindung aufgestellt und über ein Aderpaar miteinander verbunden, das beispielsweise im zu messenden Kabel liegen kann.

Die Betriebsdämpfung einer Verbindung ergibt sich entweder durch eine direkte Messung mit der oben beschriebenen Apparatur oder durch Berechnungen aus den sekundären Parametern, die durch die Impedanzmessungen ermittelt werden.

#### 8 Messplatz für die Feldmessungen

Nach der Entwicklung und den erfolgreichen Tests der einzelnen Messprogramme im Labor und in einem Feld-



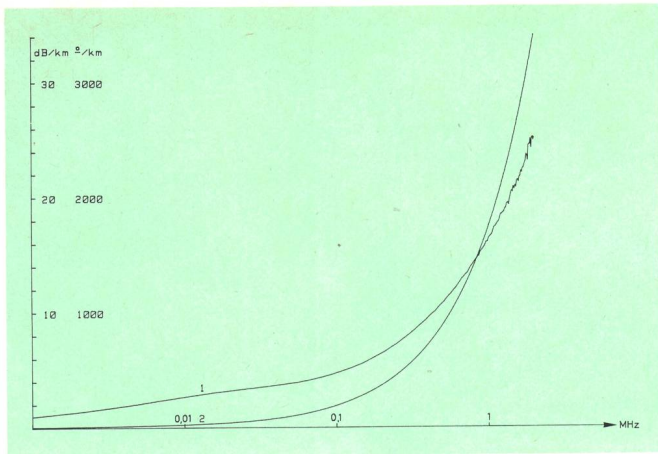


Fig. 7  
Affaiblissement (1) et déphasage (2) linéiques — Dämpfungs- (1) und Phasenbelag (2)

court-circuit (2) et à circuit ouvert (3) d'une paire homogène mesurée avec la place décrite précédemment sont reproduites, à titre d'exemple, à la figure 6. L'application des formules 1, 2, 3 a permis de calculer les paramètres secondaires  $\alpha$  et  $\beta$  (fig. 7) et primaires R, L, C (fig. 8) de la paire en question.

## 7 Mesure de l'atténuation et de la diaphonie

L'adjonction à la place de mesure de l'impédance d'un analyseur de réseau ou de spectre, d'un transformateur et d'une résistance de terminaison permet de la transformer en une place de mesure de la diaphonie, ou comme représenté à la figure 9 de l'atténuation.

Pour la mesure automatisée de la télédiaphonie et de l'atténuation composite d'une liaison, il y a lieu de prolonger le bus IEE 488 au travers de deux modems, placés à chacune des deux extrémités et reliés entre eux par l'intermédiaire d'une paire de conducteurs prise, par exemple, dans le câble à mesurer.

L'atténuation composite d'une liaison s'obtient ainsi, soit par mesure directe avec l'appareillage décrit ci-dessus, soit par le calcul à partir des paramètres secondaires déterminés grâce à des mesures de l'impédance.

## 8 Place de mesure pour les mesures en campagne

Après que les différents programmes de mesure eussent été développés et testés avec succès tant en laboratoire qu'en campagne, ils furent réunis en un paquet. Il y avait lieu de simplifier le service de l'ordinateur à tel point que la place de mesure puisse être utilisée également par du personnel n'ayant pas l'habitude de travailler avec un ordinateur. C'est pourquoi, en plus des programmes de mesure et d'analyse proprement dits, il a fallu développer un programme d'exploitation, dans le but de faciliter autant que possible la communication entre la machine et l'opérateur, de reconnaître des erreurs de manipulation ou des fautes dans l'échange de données avec les appareils de mesure, si possible de les supprimer ou de les afficher, et de gérer la mémoire des valeurs de mesure. La figure 10 montre le structo-

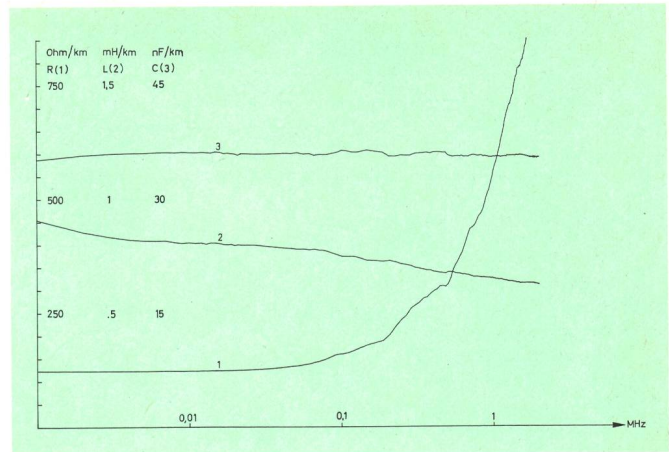


Fig. 8  
Paramètres primaires R, L, C — Primäre Leitungsparameter R, L, C

versuch wurden die Programmteile zu einem Programmpaket zusammengefügt. Die Bedienung des Rechners musste soweit vereinfacht werden, dass auch Personal ohne Computererfahrungen den Messplatz benutzen kann. Neben den reinen Mess- und Auswertungsprogrammen wurde deshalb ein Betriebsprogramm vorbereitet, das zur Aufgabe hat, die Kommunikation zwischen der Maschine und dem Operateur so einfach wie möglich zu gestalten, auftretende Fehler in der Bedienung oder beim Datenaustausch mit den Messgeräten zu erkennen, wenn möglich zu beheben oder anzuzeigen sowie das Speichermedium für die Messdaten zu verwalten. In Figur 10 ist das Struktogramm des Betriebs-

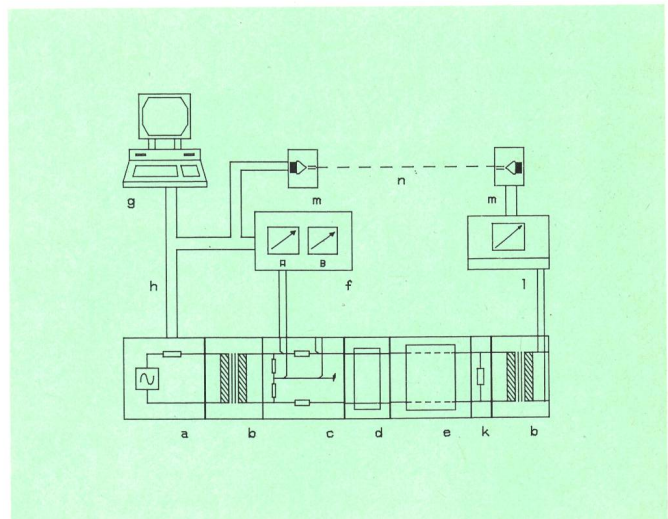


Fig. 9  
Place de mesure de l'atténuation composite d'une liaison — Anordnung zum Messen der Betriebsdämpfung einer Anlage

- a Synthétiseur 0,1 Hz...13 MHz — Synthesizer 0,1 Hz...13 MHz
- b Transformateur 75...150 ohms — Transformer 75...150 Ohm
- c Circuit de mesure — Messschaltung
- d Cordon de mesure — Messleitung
- e Paire symétrique à mesurer — Zu messendes symmetrisches Aderpaar
- f Analyseur de réseau 50 Hz...13 MHz à deux canaux — Netzwerk-Analysator 50 Hz...13 MHz mit zwei Kanälen
- g Calculateur de table — Tischrechner
- h Bus IEEE 488 — IEEE-Bus 488
- k Résistance de terminaison — Abschlusswiderstand
- l Analyseur de spectre ou de réseau — Netzwerk- oder Spektrums-Analysator
- m Prolongateur du bus IEEE — IEEE-Bus-Extender
- n Deux paires symétriques — Zwei Aderpaare
- A, B Instruments de mesure — Messinstrumente

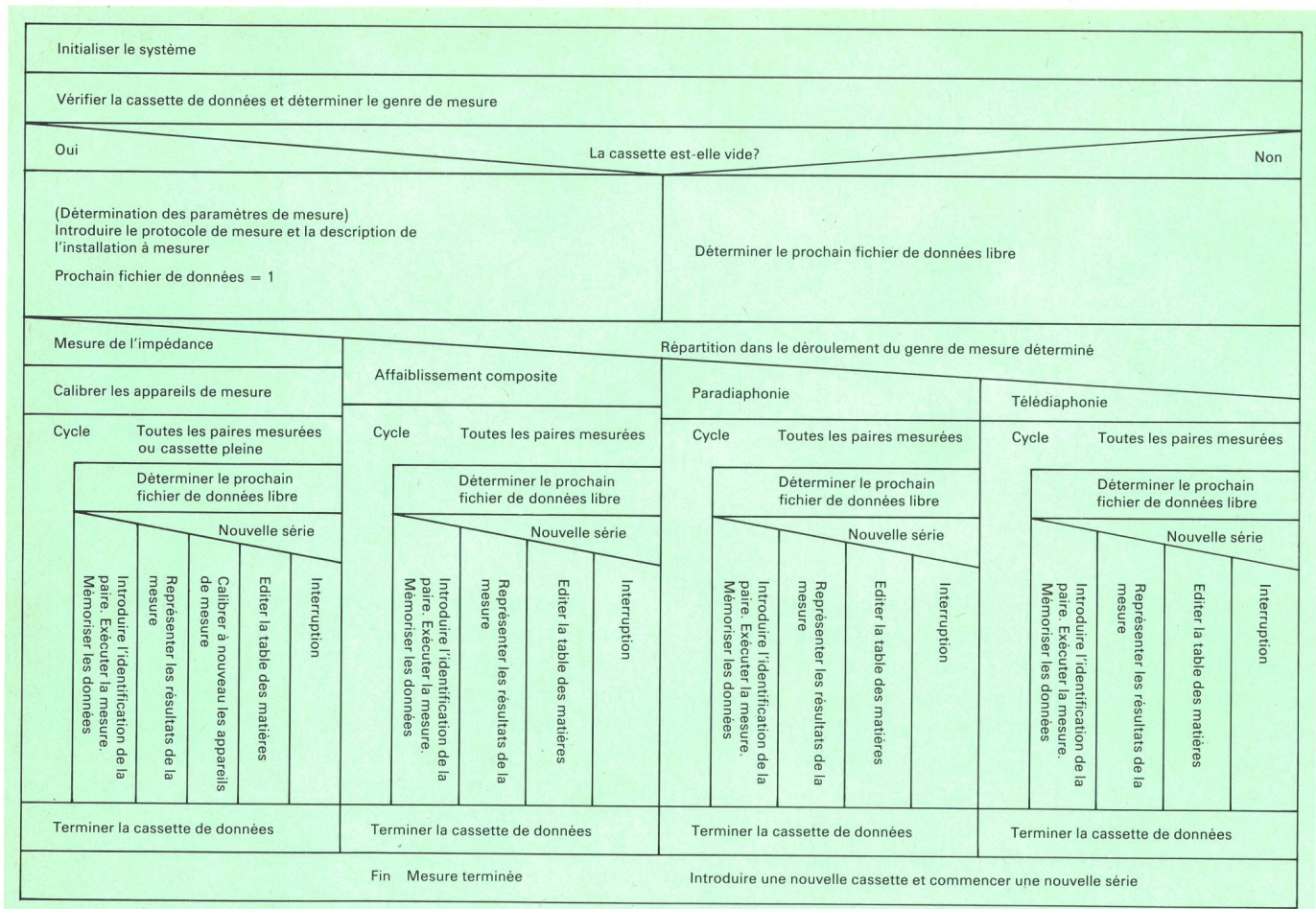
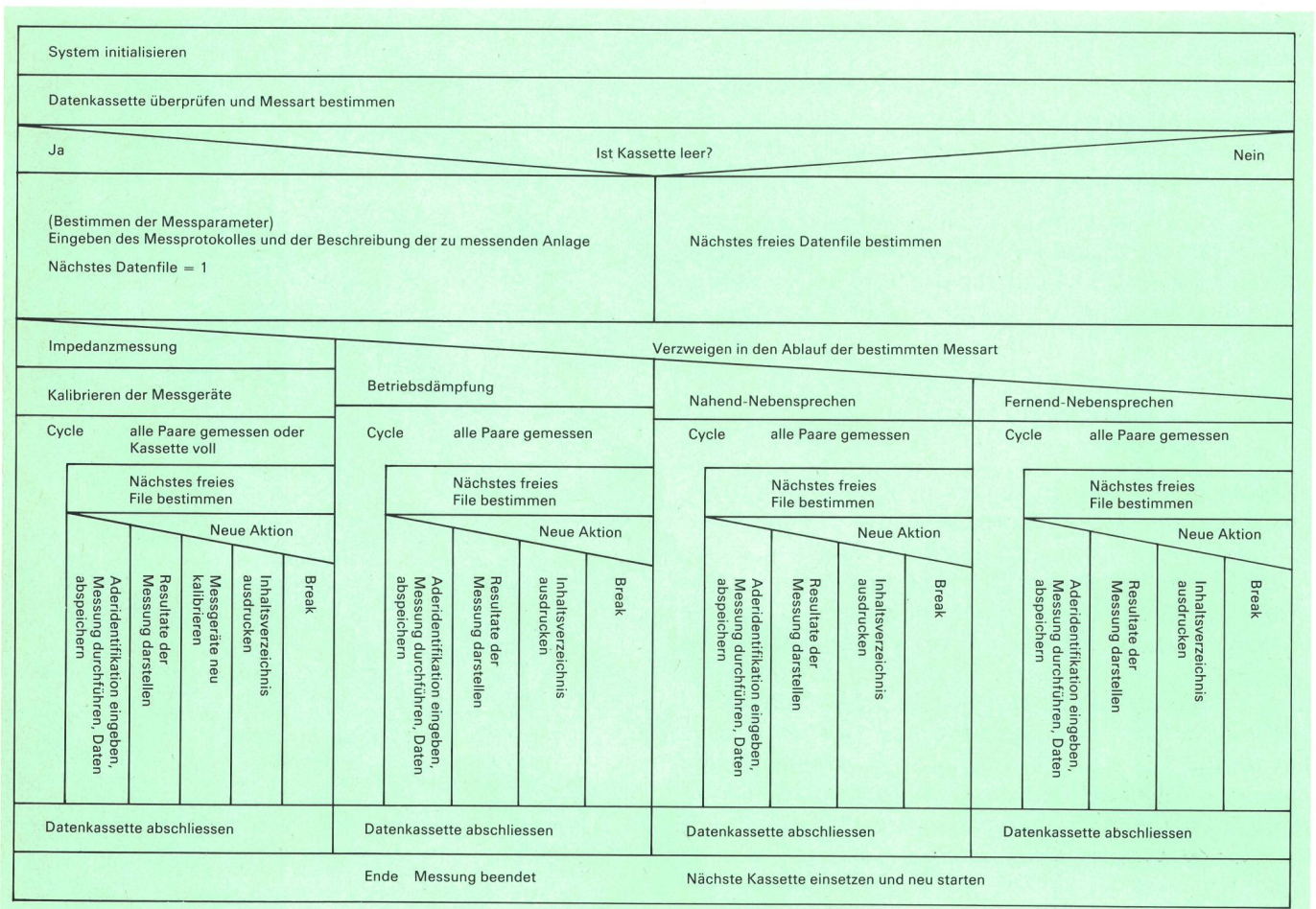


Fig. 10  
Structogramme du système d'exploitation — Struktogramm des Betriebssystems



gramme du système d'exploitation. Les différents programmes de mesure et d'analyse ont été conçus de telle façon qu'ils puissent également être utilisés de manière autonome dans le système d'exploitation.

## 9 Exécution des mesures

La nouvelle place de mesure a été utilisée afin que l'on obtienne une vue d'ensemble des propriétés électriques des câbles utilisés dans le réseau local. A cet effet, on a cherché différentes installations de câbles principaux homogènes, avec des diamètres de conducteurs de 0,4, 0,6, 0,8 ou 1,0 mm.

La longueur des installations trouvées varie entre quelques centaines de mètres et 4 km au maximum. Autant que cela pouvait se faire, on a libéré chaque fois dix paires de conducteurs pour les mesures. L'impédance et l'affaiblissement composite ont été mesurés pour chaque paire. Les affaiblissements paradiaphoniques et télédiaphoniques ont été mesurés chaque fois conformément au «triangle des valeurs», c'est-à-dire en prenant chaque paire contre chacune des autres successivement (paire 1-2, 1-3, 1-4..., 1-10, 2-3, 2-4..., 2-10, 3-4..., 3-10, 4-5..., 4-10...). Pour tous les essais, on a mesuré et mémorisé 100 valeurs à des fréquences différentes dans la plage de 1 kHz à 2 MHz. Toutes les mesures, à part celles de l'affaiblissement composite, ont été réalisées aux deux extrémités des câbles. L'essai complet de l'installation a nécessité le travail de deux personnes durant une semaine. L'ensemble des données (environ 32 000 valeurs de mesure enregistrées sur cinq cassettes pour chaque installation) a été transféré sur des floppy-disks pour leur analyse. Il est prévu de transférer ces résultats dans une banque de données afin que l'on puisse les utiliser pour d'autres analyses ou essais.

## 10 Analyse des résultats de mesure

Les mesures d'impédance ont été analysées à l'aide de l'ordinateur de table. Pour chaque installation, on a calculé les paramètres caractéristiques (impédance caractéristique et exposant de propagation), la vitesse de phase, le temps de propagation de phase et l'affaiblissement composite lorsque la ligne est terminée sur 150 ohms, à partir des impédances en circuit ouvert et en court-circuit. L'analyse montra que, pour les calculs ci-dessus, l'installation ne devait pas être plus longue que 1 km, sinon la mesure devient imprécise. La *figure 11* montre les résultats de mesure d'une installation, pour laquelle on a calculé les paramètres désirés de toutes les paires de conducteurs. Les valeurs maximales, minimales et moyennes ont été déterminées et portées dans un graphique. Une comparaison avec d'autres installations ayant le même diamètre de conducteurs a montré une coïncidence étonnamment bonne des résultats. On a essayé également de façon empirique de trouver à l'aide d'une formule d'approximation la relation entre les paramètres secondaires des lignes et la fréquence. Les formules ainsi obtenues (*tab. I*) ont une précision de plus ou moins 10 % dans la plage de fréquences valables de 1 kHz à 2 MHz.

Vu que la valeur de l'affaiblissement composite n'est pas proportionnelle à la longueur du câble, ce dernier a

stemes dargestellt. Die einzelnen Mess- und Auswerteprogramme wurden so gestaltet, dass sie für spezielle Messungen auch ohne das Betriebssystem autonom eingesetzt werden können.

## 9 Durchführung der Messungen

Der neue Messplatz wurde eingesetzt, um einen Überblick über die elektrischen Eigenschaften der im Ortsnetz verwendeten Kabel zu erhalten. Aus diesem Grund suchte man verschiedene homogene Stammkabelanlagen mit 0,4, 0,6, 0,8 oder 1,0 mm Aderdurchmesser.

Die Längen der gefundenen Anlagen variieren zwischen einigen hundert Metern und maximal 4 km. Nach Möglichkeit schaltete man auf diesen Anlagen 10 Aderpaare für die Messungen frei. Von jedem Paar wurden die Impedanz und die Betriebsdämpfung gemessen. Das Nahend- und das Fernendnebensprechen wurden jeweils vom «Dreieck», das heisst zwischen den Zweierkombinationen der Aderpaare (Paar 1-2, 1-3, 1-4..., 1-10, 2-3, 2-4..., 2-10, 3-4..., 3-10, 4-5..., 4-10, ...), gemessen. Bei allen Messungen wurden im Frequenzbereich 1 kHz bis 2 MHz über 100 Frequenzpunkte gemessen und gespeichert. Mit Ausnahme der Betriebsdämpfung wurden die Messungen von beiden Kabelseiten aus durchgeführt. Die vollständige Untersuchung einer Anlage führten zwei Personen innerhalb einer Woche durch. Die gesammelten Daten (je Anlage etwa 32 000 Messwerte auf fünf Bandkassetten) wurden für die Auswertung auf Floppy-Disks umgespeichert. Es ist vorgesehen, die Ergebnisse in einer Datenbank abzulegen und sie für weitere Auswertungen und Untersuchungen zur Verfügung zu stellen.

## 10 Auswertung der Messresultate

Die Impedanzmessungen wurden mit Hilfe des Tischrechners ausgewertet. Für jede Anlage berechnete man

Tableau I. Formules empiriques pour les paramètres secondaires  
Tabelle I. Näherungsformeln für die sekundären Leitungsparameter

Diamètre des conducteurs — Aderdurchmesser	Fonction — Funktion
0,4 mm	$[Z_w] = 135 \times ((1 + f/45)/(f/45))^{0,59}$ [Ohm] $\angle Z_w = -45 + 0,44 \times \arctg(f/44)$ [Degré — Grad] $\text{Alfa} = 7 \times ((f/13) \times (1 + f/250)/(1 + f/13))^{0,62}$ [dB/km] $\text{Beta} = 43 \times (f/24,5)^{0,475} \times (1 + f/24,5)^{0,51}$ [Degré/km — Grad/km]
0,6 mm	$[Z_w] = 135 \times ((1 + f/13)/(f/13))^{0,75}$ [Ohm] $\angle Z_w = -45 + 0,46 \times \arctg(f/21)$ [Degré — Grad] $\text{Alfa} = 3,7 \times ((f/7,5) \times (1 + f/125)/(1 + f/7,5))^{0,65}$ [dB/km] $\text{Beta} = 22 \times (f/12,5)^{0,475} \times (1 + f/12,5)^{0,51}$ [Degré/km — Grad/km]
0,8 mm	$[Z_w] = 135 \times ((1 + f/10)/(f/10))^{0,59}$ [Ohm] $\angle Z_w = -45 + 0,465 \times \arctg(f/14)$ [Degré — Grad] $\text{Alfa} = 1,9 \times ((f/3,5) \times (1 + f/70)/(1 + f/3,5))^{0,65}$ [dB/km] $\text{Beta} = 10,5 \times (f/6)^{0,475} \times (1 + f/6)^{0,51}$ [Degré/km — Grad/km]
1,0 mm	$[Z_w] = 135 \times ((1 + f/6)/(f/6))^{0,64}$ [Ohm] $\angle Z_w = -45 + 0,47 \times \arctg(f/9)$ [Degré — Grad] $\text{Alfa} = 1,3 \times ((f/2,9) \times (1 + f/55)/(1 + f/2,9))^{0,65}$ [dB/km] $\text{Beta} = 7,3 \times (f/4,5)^{0,475} \times (1 + f/4,5)^{0,51}$ [Degré/km — Grad/km]

f = Fréquence en [kHz] — Frequenz in [kHz]

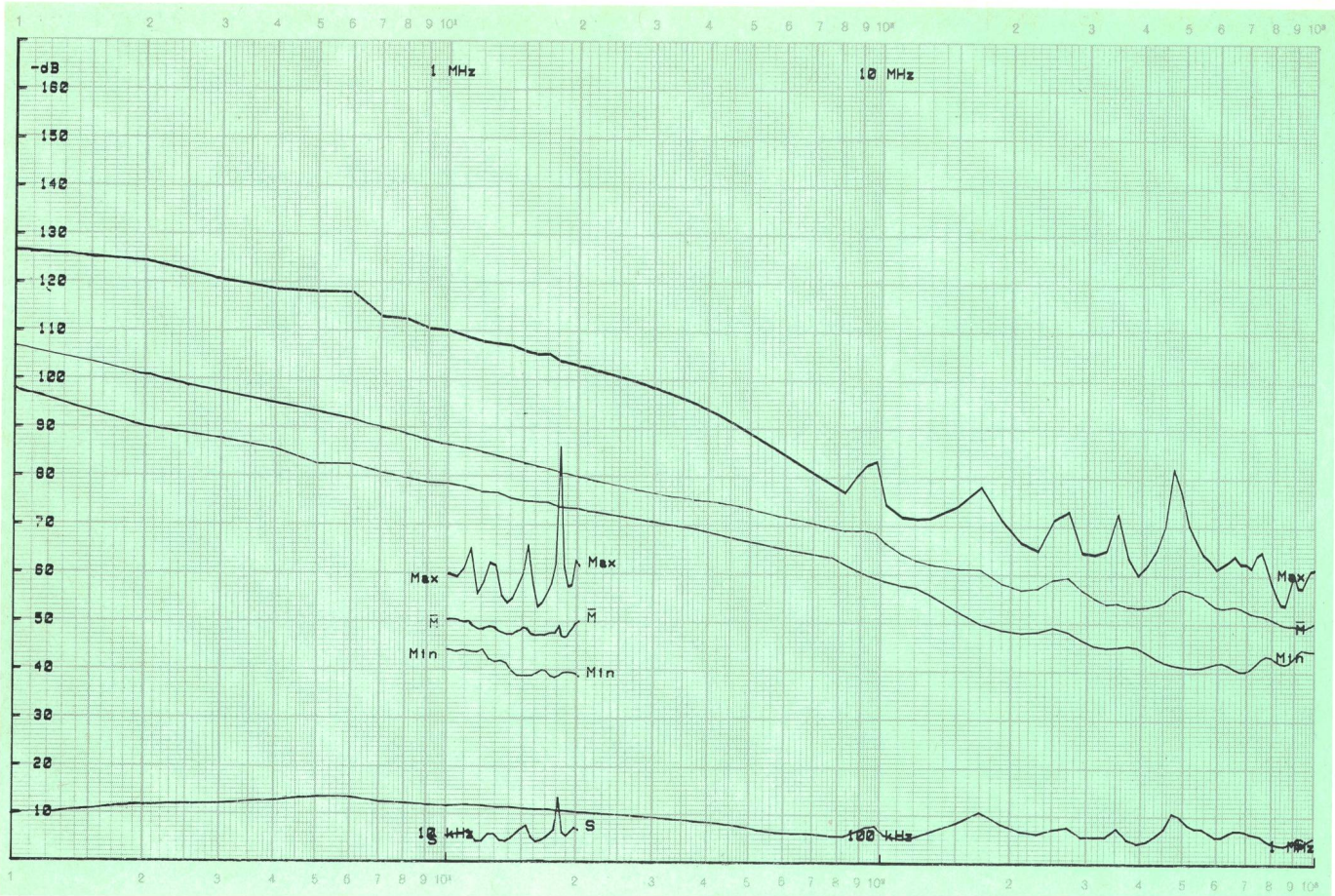


Fig. 11  
 Résumé des paramètres secondaires d'une installation — Zusammenfassung der sekundären Leitungsparameter einer Anlage

Câble de télécommunication, mesure en campagne — Fernmeldekabel, Feldmessung

- 1 Impédance caractéristique (module) — Wellenimpedanz (Betrag)
- 2 Impédance caractéristique (phase) — Wellenimpedanz (Phase)
- 3 Affaiblissement linéique — Wellendämpfungsbeleg
- 4 Déphasage linéique — Wellenphasenbelag
- 5 Vitesse de phase — Phasengeschwindigkeit

Isolation: P

Toronnage — Verseilung: 4\*

Diamètre — Durchmesser: 1,0 mm

Capacité du câble principal — Kapazität des Stammkabels: 35 nF/km

Température — Temperatur: 7 °C

Degré — Grad

été calculé pour différentes longueurs et mis sous forme graphique (fig. 12). On a trouvé ainsi un auxiliaire permettant de déterminer de façon simple l'affaiblissement dans les installations homogènes.

L'analyse de l'affaiblissement paradiaphonique est faite de façon analogue à celle de l'affaiblissement télédiaphonique. Cependant pour l'affaiblissement télédiaphonique, il a fallu compenser l'affaiblissement du câble. Les mesures de la diaphonie ont été faites conformément à la position géométrique des conducteurs dans le câble (paires perturbatrices et paires à mesurer dans la même quarte, dans la quarte voisine, etc.). Les résultats ont ensuite été groupés et on en a déterminé les valeurs maximales, minimales et moyennes pour les mettre sous forme graphique (fig. 13, pour les combinaisons de paires de conducteurs dans la même quarte). Une dernière analyse montre l'influence des perturbations des paires de conducteurs voisines sur une paire

aus der Leerlauf- und der Kurzschlussimpedanz die Wellenparameter (Wellenimpedanz und Übertragungsbeleg), die Phasengeschwindigkeit, die Phasenlaufzeit und die Betriebsdämpfung bei 150 Ohm Leitungsabschluss. Bei der Auswertung stellte sich heraus, dass für die obigen Berechnungen die Anlage nicht länger als 1 km sein darf, weil bei längeren Kabeln die Messung ungenau wird. Figur 11 zeigt die Resultate einer gemessenen Anlage. Dabei wurden von allen Aderpaaren die gewünschten Parameter berechnet und deren Maximal-, Minimal- und Mittelwerte bestimmt und aufgezeichnet. Der Vergleich mit Anlagen des gleichen Aderdurchmessers zeigte eine erstaunlich gute Übereinstimmung der Ergebnisse. Auf empirische Weise wurde versucht, den Zusammenhang zwischen den sekundären Leitungsparametern und der Frequenz mit Hilfe einer Näherungsformel zu ermitteln. Die erhaltenen Formeln (Tab. I) haben im gültigen Bereich von 1 kHz bis 2 MHz eine Genauigkeit von  $\pm 10\%$ .

Fig. 13 ►  
 Evaluation de la paradiaphonie d'une installation — Auswertung des Nahendnebensprechens einer Anlage

Dans la quarte 3008, paradiaphonie des deux côtés — Im Vierer 3008, Nahendnebensprechen beide Seiten

Nombre de mesures — Anzahl Messungen: 10

Réseau — Netz: Breitenrain

Du répartiteur principal Breitenrain à l'armoire de distribution 153 Winkelried — Vom Hauptverteiler Breitenrain nach dem Verteilkasten 153 Winkelried

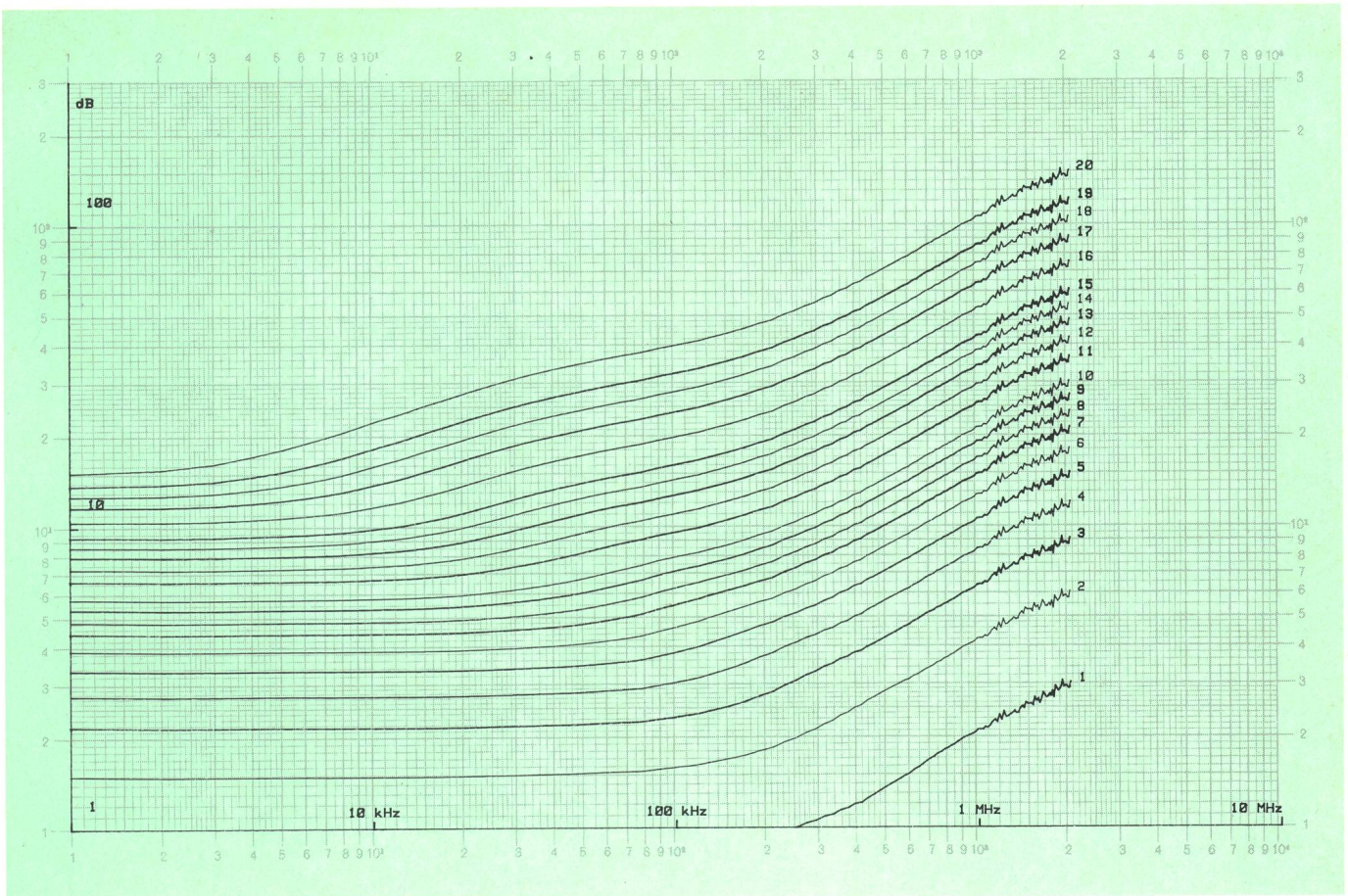
Longueur de la liaison — Streckenlänge: 1108 m

Max Maximum

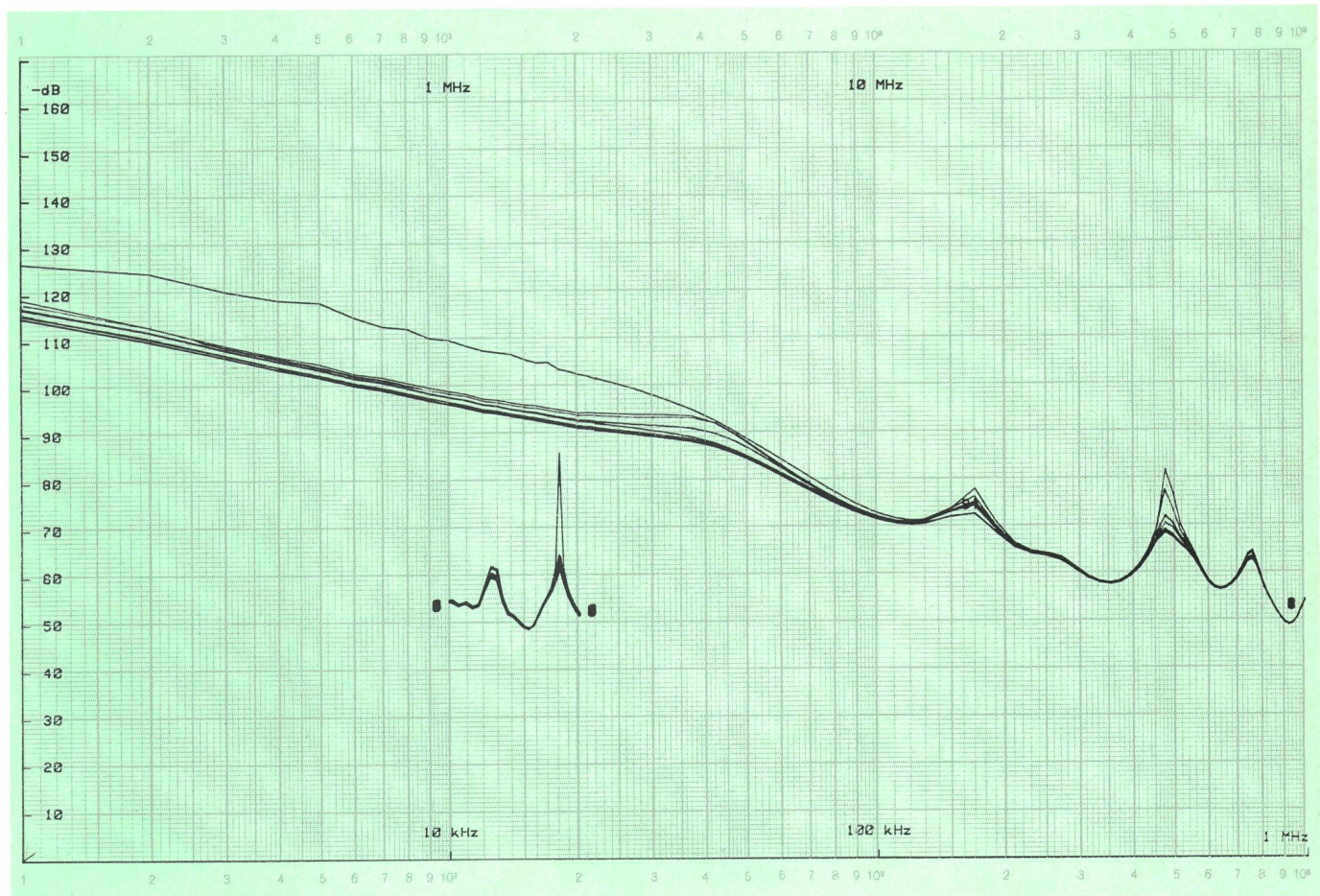
Min Minimum

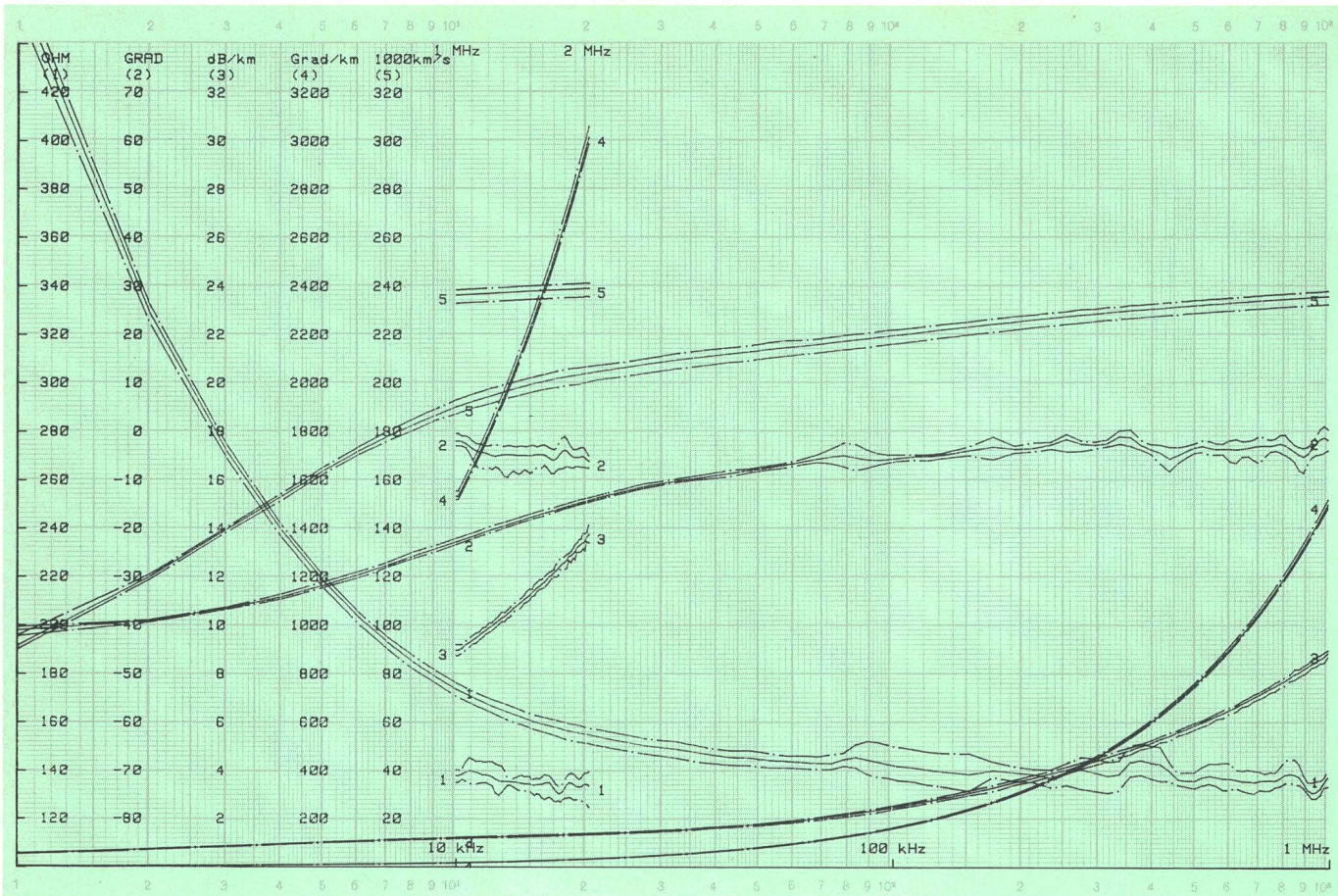
$\bar{M}$  Valeur moyenne — Mittelwert

S Ecart type — Standardabweichung



**Fig. 12**  
**Atténuation composite avec 150 ohms, calculée avec comme paramètre la longueur du câble — Berechnete Betriebsdämpfung 150 Ohm mit der Kabellänge als Parameter**  
 Du répartiteur principal Breitenrain à l'armoire de distribution Lorrainestrasse 25 — Vom Hauptverteiler Breitenrain nach dem Verteilkasten Lorrainestrasse 25





**Fig. 14**  
 Somme des puissances perturbatrices sur une paire symétrique, dues à la paradiaphonie — Summe der Störleistungen des Nahendnebensprechens auf einem Aderpaar  
 1 1 perturbateurs — 1 Störer  
 2 2 perturbateurs — 2 Störer  
 3 3 perturbateurs — 3 Störer  
 4 4 perturbateurs — 4 Störer  
 5 5 perturbateurs — 5 Störer  
 6 6 perturbateurs — 6 Störer  
 7 7 perturbateurs — 7 Störer  
 8 8 perturbateurs — 8 Störer  
 9 9 perturbateurs — 9 Störer

Sens de mesure — Messrichtung:  
 Central → abonné — Zentrale → Teilnehmer  
 Réseau — Netz: Breitenrain  
 Du répartiteur principal Breitenrain à l'armoire de distribution 153 Winkelried — Vom Hauptverteiler Breitenrain nach dem Verteilkasten 153 Winkelried

de mesure. Comme l'indique la *figure 14* on a, dans un premier temps, déterminé la puissance induite sur la paire à mesurer par la paire la plus éloignée et mis ces résultats sous forme graphique. Les autres paires perturbatrices ont été connectées l'une après l'autre et l'on a fait la somme des puissances perturbatrices sur la paire de mesure correspondante. Cette analyse, lorsqu'elle sera terminée, doit permettre de déterminer combien de systèmes peuvent travailler simultanément sur un même câble.

### 11 Considérations finales

Comme les mesures dans le réseau local avec la nouvelle place de mesure l'ont montré, on dispose d'un instrument efficace permettant de déterminer avec une grande précision les propriétés de transmission de câbles à paires symétriques homogènes. La campagne de mesure ainsi réalisée n'aurait pas pu l'être avec les méthodes traditionnelles. Le fait que les résultats soient mémorisés sur support magnétique est un autre grand avantage de la nouvelle méthode. Ainsi ils peuvent être transférés directement dans une banque de données et restent disponibles pour d'autres analyses.

Weil die Betriebsdämpfung nicht proportional zur Kabellänge ist, wurde sie für verschiedene Längen berechnet und aufgezeichnet (*Fig. 12*). So konnte auf einfache Weise ein Hilfsmittel zum Bestimmen der Dämpfung in homogenen Anlagen gefunden werden.

Die Auswertung des Nahendnebensprechens geschah auf die gleiche Weise wie die des Fernendnebensprechens. Als Vorarbeit musste jedoch beim Fernendnebensprechen die Kabeldämpfung kompensiert werden. Die Messungen des Nebensprechens wurden entsprechend der geometrischen Lage der Ader im Kabel (Stör- und Empfangsaderpaar im gleichen Vierer, im benachbarten Vierer usw.) zusammengefasst und deren Maximal-, Minimal- und Mittelwerte aufgezeichnet (*Fig. 13*, für Aderpaarkombinationen im gleichen Vierer). Eine letzte Auswertung zeigt den Einfluss der Störungen der benachbarten Aderpaare auf ein Messpaar. Wie *Figur 14* veranschaulicht, wurde in einem ersten Schritt die eingestreuete Leistung des entferntesten gemessenen Paares auf das Messpaar bestimmt und aufgezeichnet. Nach und nach wurden die weiteren störenden Paare zugeschaltet und die entsprechenden auf dem Messpaar eingestreueten Störleistungen summiert. Diese Auswertung soll, wenn sie abgeschlossen ist, darüber Auskunft

Ces essais constituent un premier pas vers l'introduction de la technique de transmission numérique dans le réseau local. Complétés par des renseignements sur la configuration du réseau, ils permettront d'établir un modèle de transmission servant de base au développement de nouveaux systèmes de transmission numérique.

#### Bibliographie

[1] Gardiol F. Electromagnétisme. Traité d'électricité de l'EPFL, Vol. III, 1977 (Ed. Georgi, St-Saphorin).

---

◀  
Diese Untersuchung ist ein erster Schritt zur Einführung der digitalen Übertragungstechnik im Ortsnetz. Zusammen mit der Beschreibung des Netzaufbaus kann ein Übertragungsmodell erarbeitet werden, das als Grundlage zur Entwicklung neuer digitaler Übertragungssysteme dient.

geben, wie viele Systeme in einem Kabel gleichzeitig arbeiten können.

#### 11 Schlussfolgerungen

Wie die Messungen mit dem neuen Messplatz im Ortsnetz gezeigt haben, ist es gelungen, ein wirkungsvolles Instrument zu erhalten, das erlaubt, die Übertragungseigenschaften homogener paarsymmetrischer Kabel mit sehr grosser Auflösung zu bestimmen. Mit den herkömmlichen Methoden hätte die durchgeführte Messkampagne nicht verwirklicht werden können. Dass die Ergebnisse nach der Messung auf magnetischem Träger vorliegen, ist ein weiterer grosser Vorteil der neuen Methode.

So können sie direkt in eine Datenbank überspielt werden und bleiben für weitere Auswertungen verfügbar.

---

**Die nächste Nummer bringt unter anderem  
Vous pourrez lire dans le prochain numéro**

# 9/82

M. Schaeren	Commutazione a pacchetto di dati: Premesse e criteri fondamentali
H. Bosshard, W. Braun, W. Weibel	Betriebsführungssystem der Radio- und Fernsehdienste BSF-RA (1. Teil) Système de gestion de l'exploitation des services de la radio et de la télévision BSF-RA (1 <sup>re</sup> partie)
W. Frei	Neue Reportagewagen für das Schweizer Radio Nouvelles voitures de reportage pour la radio suisse