

**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:** 53 (1975)

**Heft:** 6

**Artikel:** Mesureur du facteur de réduction 7145

**Autor:** Benoît, Pierre

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-875604>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 04.04.2026

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

## Apparat zur Messung des Reduktionsfaktors

Zusammenfassung. Ein Apparat für die automatische Messung des Reduktionsfaktors wird beschrieben. Er besteht aus einem 2-KVA-Generator, zwischen 11 und 3500 Hz arbeitend, einer Steuereinheit, einer Schleppe, die die Erdinduktivität simuliert und einem Quotientmeter, das den Logarithmus der reellen, effektiven Werte der Eingangsspannungen angibt. Die vorgeschlagene Messmethode wird mit den heutigen Normen verglichen. Weitere Anwendungsmöglichkeiten, wie zum Beispiel die Messung der auf betriebenen Fernmeldeleitungen induzierten Spannungen, werden kurz erläutert.

## 1 Introduction

Le facteur de réduction [1] caractérise la protection contre les perturbations d'origine électromagnétique de basse fréquence (fig. 1), apportée par l'armure d'un câble. Ce facteur est défini par la relation générale [2]:

$$r_k \stackrel{\text{déf}}{=} \frac{E_{12}}{E_{23}} =$$

Tension induite sur un conducteur protégé en V/km

Tension induite sur un conducteur non protégé en V/km

## 2 Mesure du facteur de réduction

Le principe de la mesure de laboratoire, décrite dans la norme VDE 0472 paragraphe 507 et reprise par le CCITT [3] – voir *tableau 1* – consiste à injecter un courant dans l'armure du câble et à mesurer les tensions induites sur un conducteur selon le schéma de la *figure 2* et le montage expérimental de la *figure 3*.

On peut montrer [2] que la méthode de mesure décrite par ces prescriptions donne bien le facteur de réduction de l'armure des câbles. Il est cependant nécessaire de tenir compte des remarques suivantes si l'on désire pouvoir comparer les mesures des divers laboratoires:

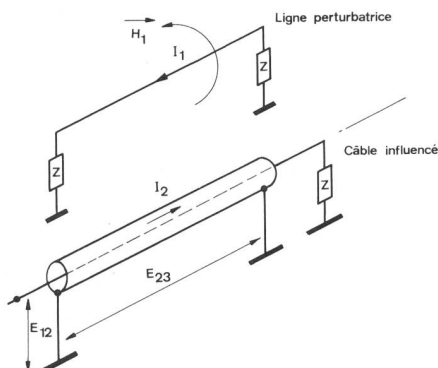


Fig. 1  
Géométrie des circuits influencés et influençants

Résumé. On donne la description d'un système de mesure automatique du facteur de réduction composé d'un générateur de 2 KVA fonctionnant entre 11 et 3500 Hz, d'un bloc de commande, d'une boucle simulant l'inductivité de terre et d'un quotientmètre donnant le logarithme de la vraie valeur efficace des tensions d'entrées. La méthode de mesure proposée est comparée aux normes actuelles et l'on rappelle succinctement les autres applications du mesureur, par exemple, la mesure des tensions induites sur les lignes de télécommunication en service.

## Apparecchi di misurazione del fattore di riduzione

Riassunto. Si descrive un apparecchio per la misurazione automatica del fattore di riduzione. È costituito da un generatore di 2 KVA, che lavora tra 11 e 3500 Hz, da un'unità di comando, da un circuito per simulare l'induttività della messa a terra e da un logometro, che indica il logaritmo dei valori reali, effettivi delle tensioni d'entrata. Il metodo di misurazione proposto è confrontato con le norme oggi in vigore. Vengono anche illustrate brevemente altre possibilità d'impiego, come ad esempio la misurazione di tensioni indotte su linee delle telecomunicazioni in esercizio.

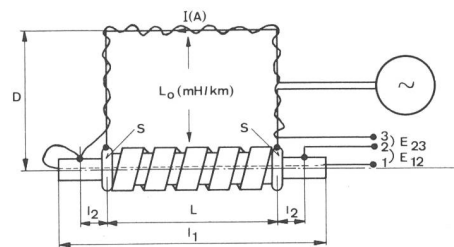


Fig. 2  
Schéma de principe de la mesure du facteur de réduction

1. La distance D, de 40 cm, de la boucle d'alimentation de l'armure ne donne pas une inductivité de 2 mH/km quel que soit le câble, car elle dépend aussi du diamètre du conducteur de la boucle et de celui du câble mesuré. Par exemple, pour la boucle construite par nos soins, on aura une inductivité de 2 mH/km si D = 460 mm pour un câble de 10 mm de diamètre ou si D = 700 mm pour un câble de 100 mm de diamètre (fig. 4 et 5). L'utilisation d'une boucle à distance D réglable devient évidente si l'on utilise la mesure du facteur de réduction pour déterminer la perméabilité de l'acier composant l'armure. Cette mesure est intéressante car elle permet de connaître la courbe  $\mu_r(H)$  de l'acier après le cycle de fabrication. Par exemple, nous avons mesuré la perméabilité de l'acier composant l'armure d'un câble par cette méthode, avec une boucle fixe ayant la dimension standard de 400 mm et nous avons obtenu une perméabilité de -100 environ, pour de faibles champs. Cette absurdité physique provenait uniquement du fait que l'inductivité de la boucle était de 1,3...1,8 mH/km et non de 2 mH/km.

La mesure du facteur de réduction a pour but de contrôler la fabrication des diverses constructions d'armures. Si l'on veut comparer des constructions en vue d'optimiser des armures [4], il est nécessaire de connaître le facteur de réduction des armures avec une précision de 5% au moins.

Cette comparaison ne pourra se faire valablement que si l'on utilise une boucle ayant l'inductance standard de 2 mH/km. La *figure 6* montre l'influence de  $L_0$  sur  $r_k$  pour

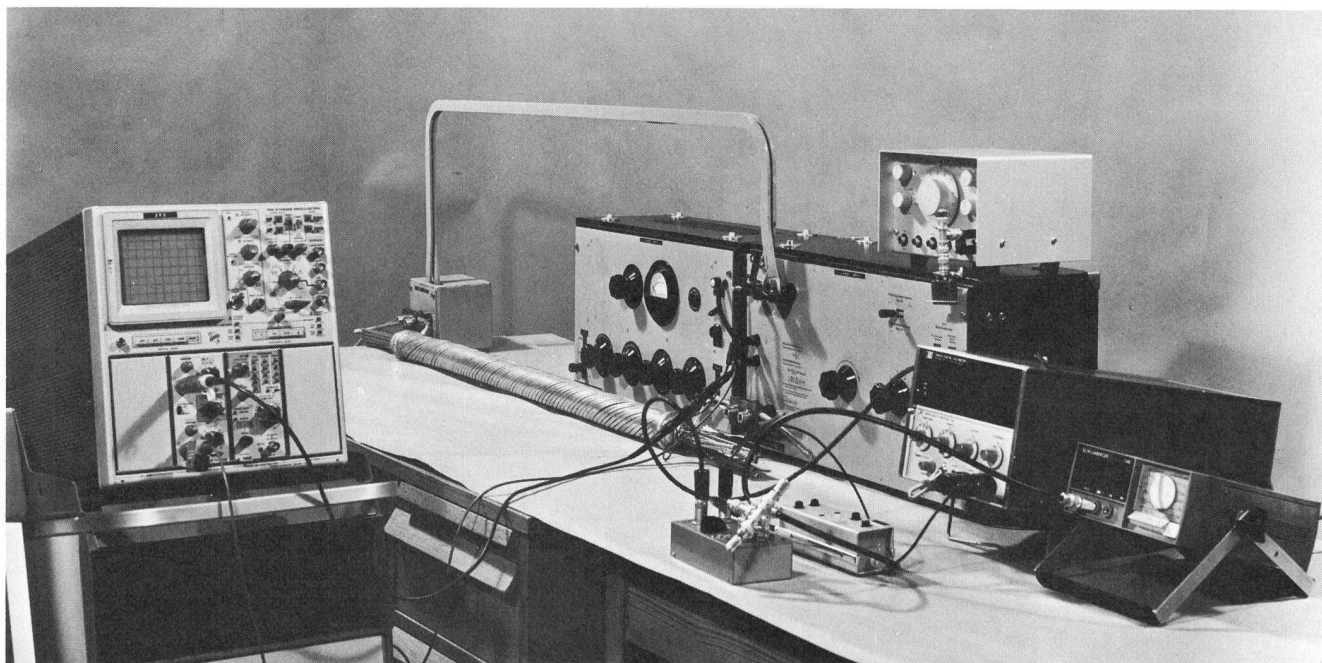


Fig. 3  
Système classique pour la mesure du facteur de réduction

Tableau I. Comparaison entre les normes de mesure du facteur de réduction des armures des câbles et les normes de mesures utilisées aux câbles de Cortaillod

Paramètre ou grandeur	VDE 0472 § 507	CCITT	Câbles de Cortaillod
Tension $E_{23}$	distorsion inférieure à 10%	doit être considérée comme une sinusoïde si aucune des valeurs instantanées ne s'éloigne de la valeur instantanée de la même phase de la courbe fondamentale de plus de 10% de la valeur crête de la fondamentale	distorsion inférieure ou égale à 5%
Tensions $E_{12}$ ; $E_{23}$	mesurées en vraie valeur efficace (RMS)	non précisées	mesurées en vraie valeur efficace (RMS) à une précision $\leq \pm 5\%$
Position du conducteur de mesure n° 1 dans le toron	non précisée	non précisée	conducteur central du toron
L	100,0 cm	100,0 cm à 2 m voire 4 m	100,0 $\pm$ 0,5 cm
$l_2$	2,0 cm	2,0 cm	2,0 $\pm$ 0,5 cm
$l_1$	150,0 cm	150,0 cm	106 cm
D	40,0 cm	40,0 cm	variable, telle que $L_0 = 2$ mH/km
$L_0$	2 mH/km	2 mH/km	2,0 $\pm$ 0,1 mH/km
Générateur	source de courant réglable	source de courant réglable	source de courant continûment variable
Variation du courant	non spécifiée	non spécifiée	continue, mesure après démagnétisation du câble
Précision en fréquence	non spécifiée	non spécifiée	entre 11 et 3500 Hz à $< \pm 0,5\%$
S	non spécifiée	corde de cuivre de diamètre 5 mm entourant le câble	corde de cuivre entourant le câble et préparation de l'extrémité telle que la résistance de l'échantillon corresponde à celle qui serait mesurée sur un kilomètre de câble à $< \pm 1\%$ , et ne modifie pas l'inductivité de l'armure de plus de 1%
Vitesse de mesure	non spécifiée	non spécifiée	telle que la résistance de l'échantillon ne varie pas de plus de 1% par échauffement
$\Delta r_k / r_k$	$\pm 5\% + 0,01$	non précisée	$< \pm 5\%$

Définition des symboles voir figure 2

un câble à structure simple [2] ayant une résistance d'armure de  $0,2 \Omega/\text{km}$ , une section magnétique de  $1,5 \text{ m}^2/\text{km}$  de câble, un diamètre magnétique de  $30 \text{ mm}$  pour une fréquence de  $16\frac{2}{3} \text{ Hz}$ . La courbe n° 1 de la figure 6 correspond à l'influence d'une variation de l'inductivité de la boucle sur le minimum du facteur de réduction alors que la courbe 2 montre cette influence sur le facteur de réduction dans le cas de faibles tensions perturbatrices. Cet effet n'est donc pas négligeable dès que l'inductivité de la boucle devient comparable à l'inductivité propre de l'échantillon.

2. Toujours dans le but de comparer les mesures entre les différents laboratoires et d'assurer une mesure précise du facteur de réduction, il est nécessaire de spécifier de façon détaillée la construction de l'échantillon. Notre expérience nous a montré qu'une mesure précise peut être faite avec un échantillon de longueur (fig. 2):

$L = 100,0 \pm 0,5 \text{ cm}$  et  $l_1 = 106 \text{ cm}$  avec  $l_2 = 2,0 \pm 0,5 \text{ cm}$ . Nous avons choisi de diminuer  $l_1$ , relativement aux normes afin de rendre négligeables les effets du champ d'extrémité sur les conducteurs de mesure. La précision de la mesure dépend très fortement de la préparation des échantillons car on simule un kilomètre de câble par un échantillon d'un mètre. La méthode de préparation mise au point (fig. 7) permet de disposer d'un échantillon ayant une résistance en courant continu, sur un mètre, égale à  $\pm 1\%$  de la résistance que l'on mesurerait sur un câble de  $1 \text{ km}$ . De plus, cette technique permet de reconstituer, de façon très précise, l'armure du câble à ses extrémités, de telle sorte que la variation du terme inductif de l'armure est négligeable.

On notera que ce point est essentiel si l'on désire une mesure précise car la variation du facteur de réduction est directement proportionnelle à la résistance de l'armure pour un câble à bon facteur de réduction.

3. La section de la corde de cuivre, introduisant le courant dans l'échantillon en entourant l'armure, doit être suffisante pour que le courant se répartisse de façon uniforme dans cette dernière. Ici aussi, il serait souhaitable de normaliser les dimensions de ce conducteur, en spécifiant sa section équivalente en cuivre relativement à la résistance en courant continu de l'armure du câble mesuré ou en donnant une erreur maximale sur la résistance de l'échantillon relativement à la résistance de  $1 \text{ km}$  de câble.

4. La précision de la mesure du facteur de réduction de  $\pm 5\% + 0,01$  perd son sens pour les bons câbles ( $r_k =$

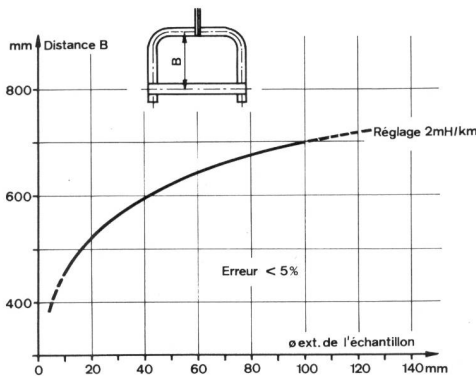


Fig. 4 Mesure du facteur de réduction. Réglage de la boucle en fonction du diamètre du conducteur extérieur de l'échantillon

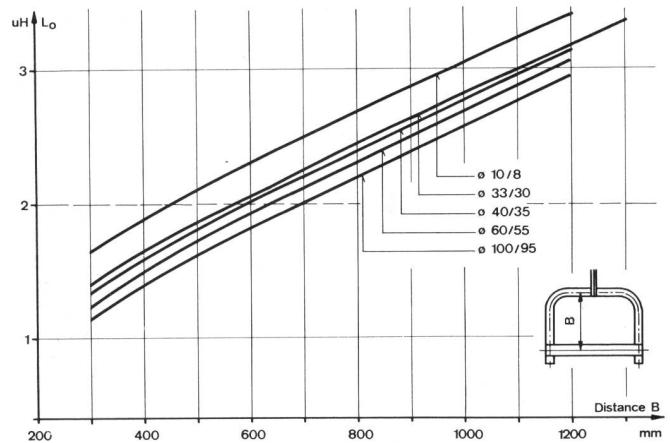


Fig. 5 Mesure de la boucle. Inductivité en fonction de la distance. Échantillons: tubes en cuivre

$0,02$  à  $50 \text{ Hz}$ ), il nous semble qu'une mesure à  $\pm 5\%$  peut être exigée.

5. Au niveau de la technique de mesure, deux précautions doivent être prises: la première consiste en une démagnétisation préalable du câble et une mesure à variation continue du courant dans l'armure (fig. 8); la seconde réside dans une mesure rapide pour éviter un échauffement de l'armure qui augmenterait sensiblement le facteur de réduction par l'intermédiaire de la résistance électrique de l'échantillon. Cet accroissement du facteur de réduction peut être évalué soit par un calcul relativement simple soit directement par les abaques décrits dans [5].

6. La position du fil de mesure de la tension  $E_{12}$  n'est pas importante en général, cependant, nous utilisons le conducteur central du câble afin de négliger des effets pouvant provenir du pas de câblage qui lui n'est plus représentatif d'un câble de  $1 \text{ km}$ .

### 3 L'appareil de mesure 7145 (fig. 9 et 10)

L'appareil de mesure du facteur de réduction que nous avons développé correspond aux spécifications des normes

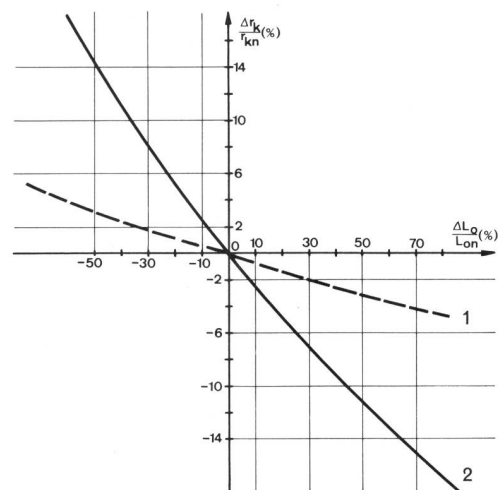


Fig. 6 Influence de la boucle simulante le circuit de retour du courant par la terre pour un câble à structure simple

$L_{0n} = 2 \text{ mH/km}$  (valeur nominale)  
 $r_{kn}$  = facteur réducteur pour  $L_{0n}$   
 — Pour des tensions perturbatrices faibles ( $\mu_r = 277$ )  
 - - - Pour des tensions perturbatrices élevées ( $\mu_r = 1470$ )  
 $\mu_r$  = perméabilité relative des feuillards d'acier

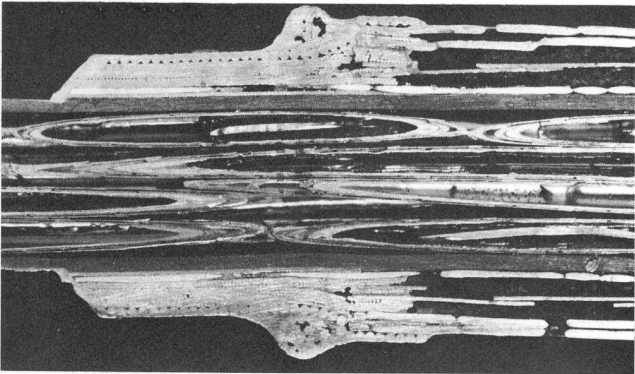
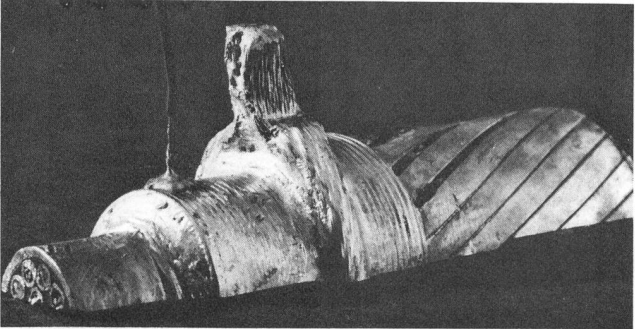
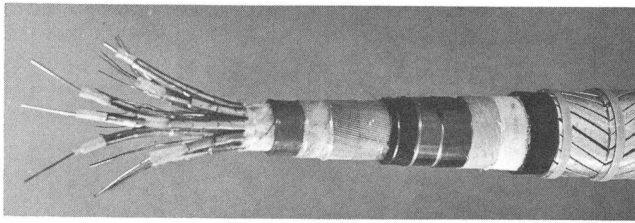


Fig. 7 Exemples de préparation d'échantillons pour la mesure du facteur de réduction

VDE tout en tenant compte des remarques précédentes. Il se distingue des systèmes utilisés généralement par :

1. La mesure continue de la courbe du facteur de protection  $r_k(E_{23})$  avec, comme paramètre, la fréquence de la tension perturbatrice  $E_{23}$ .
2. L'analyse immédiate des mesures (la mesure d'un câble à 9 fréquences différentes prend environ  $\frac{1}{4}$  h).
3. La variation continue des tensions appliquées sur la gaine du câble ( $E_{23}$ ).
4. La mesure précise de la tension correspondant au minimum du facteur de protection (en jouant sur l'amplification du traceur de courbes).
5. La mesure en vraie valeur efficace des tensions (true RMS) avec une précision comprise entre 1 et 5% suivant la gamme de mesure.

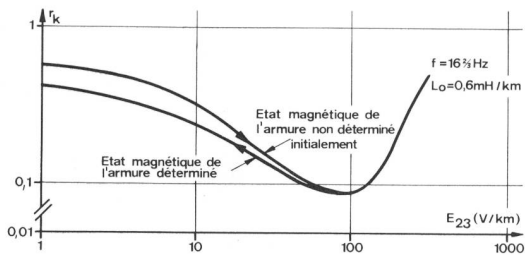


Fig. 8 Mesure du facteur de réduction avec influence de l'état magnétique initial de l'échantillon

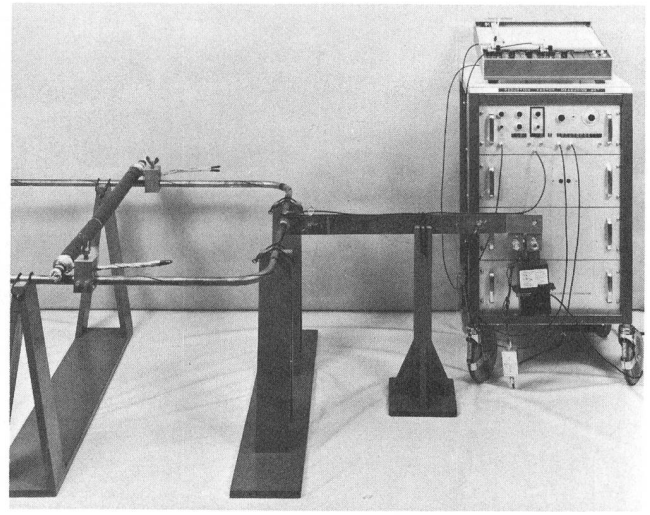


Fig. 9 Vue d'ensemble du dispositif de mesure 7145 et de la boucle du circuit de retour

6. La possibilité de mesurer avec des tensions sinusoïdales ou de forme quelconque.
7. La mesure rapide du câble, ce qui prévient un échauffement excessif de l'armure.
8. La mesure de  $r_k$  pour des fréquences comprises entre 11 et 3500 Hz pour des tensions comprises entre 1 et 1000 V/km (voire 2000 V/km si l'on procède à une correction d'échelle).
9. La mesure de  $r_k$  entre 1 et  $10^{-3}$  et, avec un procédé spécial, de  $1 \dots 10^{-7}$ .
10. La mesure conventionnelle point par point mais avec variation continue de la tension.
11. La démagnétisation ou magnétisation du câble avant la mesure, ce qui garantit que  $r_k(E_{23})$  est correct avant la saturation de l'armure, la variation continue de la tension supprimant les effets dus aux commutations du générateur sur la perméabilité de l'acier.
12. Son système de réglage de l'inductivité du circuit de terre (qui varie avec le diamètre du câble mesuré) à la valeur standard de 2 mH/km.
13. La mesure des résistances des armures des câbles ou impédance de transfert 'R' [2].
14. La mesure des impédances des armures des câbles [2].
15. La mesure de la perméabilité des aciers dans la géométrie des armures des câbles de façon continue entre 11 Hz et 3,5 kHz.
16. L'utilisation possible du système de commande et de mesure jusqu'à 3,5 kHz (avec ou sans le générateur de puissance) pour la mesure des fonctions :

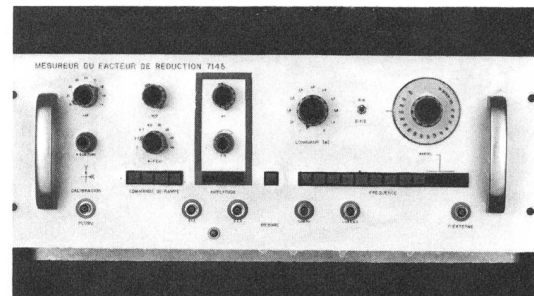


Fig. 10 Vue de détail du tiroir de mesure et de commande

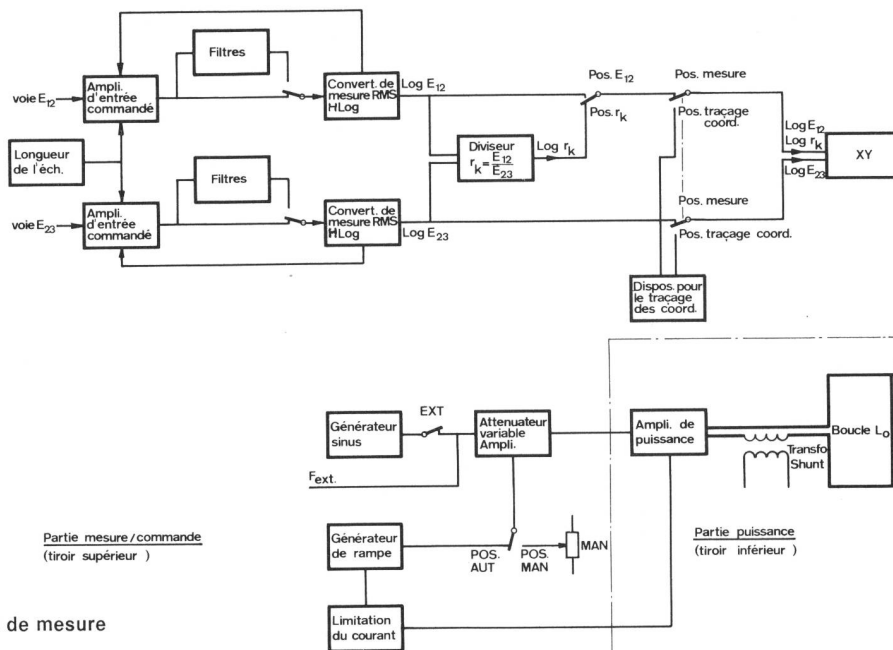


Fig. 11  
Schéma bloc de l'appareil de mesure  
du facteur de réduction

$$\alpha_2 E_2 \left( \frac{\alpha_1 E_1}{\alpha_2 E_2} \right) \text{ et } \alpha_1 E_1, (\alpha_2 E_2) \text{ pour}$$

$$\alpha_i = \text{cte et } E_i = \text{tension d'entrée } \leq 2 \text{ V}$$

Les caractéristiques principales du mesureur sont les suivantes:

Alimentation: triphasé 50 Hz

Puissance maximum sur le câble: 2000 VA à 15 Hz

Distorsion de la tension sinusoïdale: < 5%

Gamme de fréquences (variation continue): 15 Hz...2 kHz

Gamme des fréquences sélectionnées: 16 $\frac{2}{3}$ -50-100-125-200-400-800-1000-1600 Hz

Précision sur la fréquence:  $\pm 0,5\%$

Signal de sortie du générateur de fréquence: 3,5 V<sub>eff</sub>

Pilotage externe de la fréquence:

$$3,5 \text{ V}_{\text{eff}}, Z_{\text{in}} > 2 \text{ k}\Omega, f \leq 3,5 \text{ kHz}$$

Gammes de mesure:  $E_{23} = 1 \text{ mV} \dots 1 \text{ V (2V)}$

$$E_{12} = 10 \mu\text{V} \dots 1 \text{ V (2V)}$$

$$r_k = 10^{-3} \dots 1$$

Précision de mesure:  $E_{23} = 1 \dots 5\%$  selon la gamme de mesure

$$r_k = 1 \dots 5\% \text{ selon la gamme de mesure}$$

Filtres actifs (mesure de la fondamentale): 16 $\frac{2}{3}$ -50-100-125-200-400-800-1000-1600 Hz

Vitesse de mesure (3 décades aller et retour): réglable de 30...1000 s environ

Réglage du temps de montée/descente de la tension: en continu

Affichage de la longueur du câble: 0,95 m...2,05 m par pas de 5 cm

Limitation automatique en tension et courant

Système de traçage du réseau graphique: 3x3 décades

Dimensions maximales d'une décade: 83,33 mm pour 0,5 V/cm sur le traceur de courbes

$$\text{Sorties: } \text{Log}_{10} r_k = \text{Log}_{10} \frac{E_{12}}{E_{23}} \text{ ou } \text{Log}_{10} E_{12} \text{ en V/km}$$

$$\text{et } \text{Log}_{10} E_{23} \text{ en V/km}$$

Commande automatique ou manuelle de la rampe de tension.

#### 4 Principe de mesure (fig. 11)

La tension  $E_{12}$  ou  $E_{23}$  est amplifiée par une chaîne d'amplificateurs commandés de telle sorte que les unités de conversion AC/RMS et Log fonctionnent toujours dans la même gamme de tension. Cette tension amplifiée, éventuellement filtrée, est convertie en vraie valeur efficace dont on prend le logarithme, ce qui permet de tracer le quotient des tensions, soit le facteur de réduction en fonction de la tension perturbatrice  $E_{23}$ , sur un traceur de courbes XY.

Indépendamment du système de mesure, l'amplificateur de puissance est piloté par une unité logique de commande placée dans le tiroir de mesure.

#### 5 Domaine d'utilisation du mesureur 7145

La figure 12 donne quelques mesures faites avec le mesureur 7145 soit, de gauche à droite:

##### Première ligne

- Facteur de réduction en fonction de la tension perturbatrice induite sur l'armure.
- Tension induite sur les conducteurs en fonction de la tension perturbatrice induite sur l'armure.
- «Résistance» de l'armure ou impédance de transfert en fonction du courant dans l'armure.

##### Deuxième ligne

- Impédance de l'armure en fonction du courant.
- Facteur de réduction d'un câble uniquement résistif (sans gaine magnétique).
- Perméabilité des aciers composant l'armure d'un câble.

On notera finalement que le tiroir de mesure du 7145 est aussi utilisé pour les mesures de perturbations induites sur un câble posé (mesures sur le terrain [6]). Cette application particulière du système fera l'objet d'une publication ultérieure.

Le développement du mesureur du facteur de réduction a été entrepris dans le cadre du groupe d'étude des Câbleries de Brougg, Cortailod et Cossonay.

L'appareil a été construit, selon nos spécifications, en collaboration avec la maison Lavanchy Electronique.

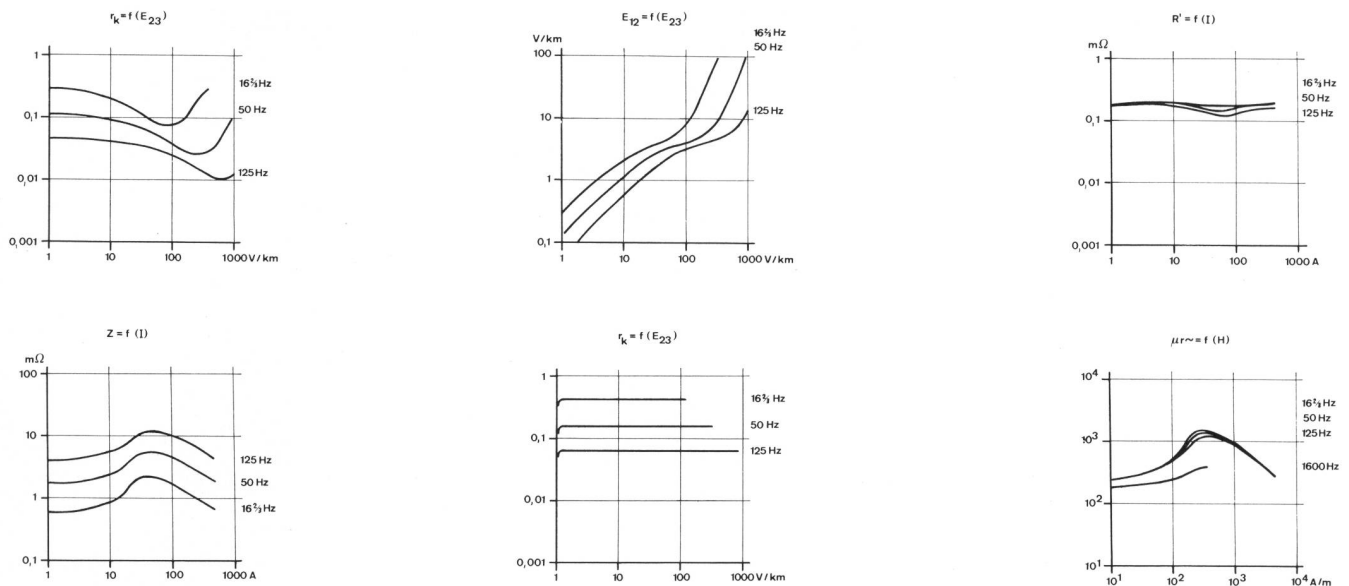


Fig. 12  
Exemples de courbes mesurées avec l'appareil 7145

Adresse de l'auteur: Pierre Benoît, Câbleries de Cortaillod, CH-2016 Cortaillod.

#### Bibliographie

- [1] Benoît P. Protection des câbles de télécommunication contre les perturbations électromagnétiques. Zurich, Bulletin des Câbleries de Brugg, Cortaillod et Cossonay, 1973, n° 1, p. 13...18.
- [2] Benoît P. Schémas électriques équivalents des armures des câbles. Zurich, Revue de l'ASE, 1974, n° 24, p. 1724...1731.
- [3] Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique (CCITT) commission d'étude V. Document APV-No 47-f, contribution n° 83 du 3.11.1972.
- [4] Robert Ph. Optimisation économique des armures utilisées sur les câbles de télécommunications. Zurich, Bulletin des Câbleries de Brugg, Cortaillod et Cossonay, 1974, n° 2, p. 13...18.
- [5] Benoît P. Abaqués pour la détermination rapide du facteur de réduction des armures des câbles. Berne, Bulletin technique PTT, 1974, n° 11, p. 392...398.
- [6] Benoît P. Protection des câbles contre les perturbations dues à l'électronique de puissance. Journées d'information des 12 et 13 novembre 1974 «Beeinflussung in Netzen durch Einrichtungen der Leistungselektronik». Compte rendu p. 204...224.

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

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| M. Baud                  | Equipements des nouveaux studios de télévision à Zurich et Genève<br>Neue Ausrüstungen für die Fernsehstudios in Zürich und Genf |
| M. Wüthrich,<br>H. Mauch | Wasseraufbereitung durch umgekehrte Osmose<br>Préparation d'eau par osmose inversée  |
| H. Riniker               | Der wirtschaftliche Erfolg der Einführung der internationalen Selbstwahl im schweizerischen Telefonnetz                          |