

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
1196-1

Première édition
First edition
1995-05

Câbles pour fréquences radioélectriques –

Partie 1:

Spécification générique – Généralités,
définitions, prescriptions et méthodes d'essai

Radio-frequency cables –

Part 1:

Generic specification – General,
definitions, requirements and test methods



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1196-1: 1995

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1196-1**

Première édition
First edition
1995-05

Câbles pour fréquences radioélectriques –

Partie 1:

Spécification générique – Généralités,
définitions, prescriptions et méthodes d'essai

Radio-frequency cables –

Part 1:

Generic specification – General,
definitions, requirements and test methods

© CEI 1995 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XF**

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8
Articles	
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Définitions	14
3.1 Définitions du Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)	14
3.2 Autres définitions	14
4 Assurance de la qualité	24
5 Matériaux et construction des câbles	24
5.1 Généralités	24
5.2 Examen visuel	24
5.3 Mesurage des dimensions	24
5.4 Construction du câble	24
5.5 Conducteur intérieur	24
5.6 Matériau diélectrique	26
5.7 Conducteur extérieur ou écran	28
5.8 Gaine	30
5.9 Armure	32
6 Valeurs et prescriptions normalisées	32
7 Identification et marquage	34
7.1 Identification du câble	34
7.2 Etiquetage	34
8 Index des méthodes d'essais	36
9 Matériaux et construction des câbles: essais	40
9.1 Ovalité	40
9.2 Excentricité du diélectrique	40
9.3 Revêtement d'argent	42
9.4 Résistance à la traction et allongement des métaux après la rupture	44
9.5 Résistance à la traction et allongement des métaux à la rupture	44
9.6 Essai de torsion pour les métaux plaqués cuivre	46
10 Caractéristiques mécaniques et thermiques	46
10.1 Adhérence du diélectrique et de la gaine	46

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9
Clause	
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Definitions	15
3.1 International Electrotechnical Vocabulary (IEV) definitions	15
3.2 Other definitions	15
4 Quality assurance	25
5 Materials and cable construction	25
5.1 General	25
5.2 Visual examination	25
5.3 Measurement of dimensions	25
5.4 Cable construction	25
5.5 Inner conductor	25
5.6 Dielectric	27
5.7 Outer conductor or screen	29
5.8 Sheath	31
5.9 Armouring	33
6 Standard ratings and characteristics	33
7 Identification and marking	35
7.1 Cable identification	35
7.2 Labelling	35
8 Index of test methods	37
9 Material and cable construction: tests	41
9.1 Ovality	41
9.2 Eccentricity of dielectric	41
9.3 Silver coating finish	43
9.4 Tensile strength and elongation after break for metals	45
9.5 Tensile strength and elongation at break for metals	45
9.6 Torsion test for copper-clad metals	47
10 Mechanical and thermal characteristics	47
10.1 Adhesion of dielectric and sheath	47

Articles	Pages
10.2 Pliage	52
10.3 Tenue au pliage à froid	54
10.4 Résistance du câble à la traction (traction longitudinale)	54
10.5 Résistance à l'écrasement	56
10.6 Fluidité à chaud du diélectrique	58
10.7 Résistance au choc thermique	58
10.8 Tenue à la chaleur (câble semi-rigide seulement)	60
10.9 Stabilité dimensionnelle	60
10.10 Résistance à l'abrasion	64
11 Caractéristiques électriques	66
11.1 Résistance des conducteurs	66
11.2 Résistance d'isolement	68
11.3 Capacité	70
11.4 Stabilité de la capacité	74
11.5 Tension de tenue du diélectrique	76
11.6 Tension de tenue de la gaine	76
11.7 Décharge partielle du diélectrique	80
11.8 Impédance caractéristique	80
11.9 Vitesse de propagation relative (rapport de vitesse)	84
11.10 Longueur électrique et temps de propagation de phase	86
11.11 Stabilité de la constante de phase	98
11.12 Affaiblissement de réflexion (uniformité de l'impédance)	110
11.13 Exposant d'affaiblissement	120
11.14 Stabilité d'affaiblissement	136
11.15 Distorsion de transmission	136
11.16 Perte de réflexion par impulsion	140
11.17 Perte de réflexion par fonction à échelons	144
11.18 Détermination de la perte de réflexion par impulsion/fonction à échelons à l'aide d'une méthode de mesure utilisant, dans le domaine fréquentiel, la transformée simplifiée de Fourier	146
11.19 Puissance nominale	148
12 Efficacité d'écran	176
12.1 Impédance de transfert de surface: méthode d'injection linéaire (domaine de la fréquence)	176
12.2 Impédance de transfert de surface: méthode triaxiale	198
12.3 Admittance de couplage capacitif: méthode de capacité directe	208
12.4 Affaiblissement d'écran: méthode de la pince absorbante	220
12.5 Bruit induit mécaniquement	236

Clause	Page
10.2 Bending	53
10.3 Cold bend performance	55
10.4 Tensile strength of cable (longitudinal pull)	55
10.5 Crush resistance	57
10.6 Heat flow resistance of the dielectric	59
10.7 Heat shock resistance	59
10.8 Heat behaviour (semi-rigid cable only)	61
10.9 Dimensional stability	61
10.10 Abrasion resistance	65
11 Electrical characteristics	67
11.1 Conductor resistance	67
11.2 Insulation resistance	69
11.3 Capacitance	71
11.4 Capacitance stability	75
11.5 Withstand voltage of dielectric	77
11.6 Withstand voltage of sheath	77
11.7 Partial discharge of dielectric	81
11.8 Characteristic impedance	81
11.9 Relative propagation velocity (velocity ratio)	85
11.10 Electrical length and phase delay	87
11.11 Stability of phase constant	99
11.12 Return loss (uniformity of impedance)	111
11.13 Attenuation constant	121
11.14 Attenuation stability	137
11.15 Transmission distortion	137
11.16 Pulse return loss	141
11.17 Step function return loss	145
11.18 Pulse/step return loss from measurement in the frequency domain using FFT	147
11.19 Power rating	149
12 Screening effectiveness	177
12.1 Surface transfer impedance: line injection method (frequency domain)	177
12.2 Surface transfer impedance: triaxial method	199
12.3 Capacitive coupling admittance: through capacitance method	209
12.4 Screening attenuation: absorbing clamp method	221
12.5 Mechanically induced noise	237

Articles	Pages
13 Conditionnement et stockage	236
14 Instructions pour l'impédance de transfert en surface et les limites d'affaiblissement d'écran pour les câbles r.f. souples	236
14.1 Généralités	236
14.2 Classes des câbles	238
14.3 Détermination des limites de la valeur maximale de l'impédance de transfert de surface Z_T	238
14.4 Détermination des limites du minimum d'affaiblissement d'écran	242

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61196-1:1995

Withdrawn

Clause	Page
13 Delivery and storage	237
14 Guidance for surface transfer impedance and screening attenuation limits for flexible r.f. cables	237
14.1 General	237
14.2 Cable classes	239
14.3 Derivation of maximum surface transfer impedance limits, Z_T	239
14.4 Derivation of minimum screening attenuation limits	243

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61196-1:1995

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CÂBLES POUR FRÉQUENCES RADIOÉLECTRIQUES -

Partie 1: Spécification générique - Généralités, définitions, prescriptions et méthodes d'essai

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.

La Norme internationale CEI 1196-1 a été établie par le sous-comité 46A: Câbles coaxiaux, du comité d'études 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, et accessoires pour communications et signalisation.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapports de vote	Amendement au DIS	Rapport de vote
46A(BC)119	46A(BC)132	46A(BC)140	46A(BC)143
46A(BC)139	46A(BC)146		
46A(BC)159	46A(BC)168		

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RADIO-FREQUENCY CABLES –**Part 1: Generic specification – General, definitions,
requirements and test methods**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.

International Standard IEC 1196-1 has been prepared by sub-committee 46A: Coaxial cables, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, r.f. connectors and accessories for communication and signalling.

The text of this standard is based on the following documents:

DIS	Report on voting	Amendment to DIS	Report on voting
46A(CO)119	46A(CO)132	46A(CO)140	46A(CO)143
46A(CO)139	46A(CO)146		
46A(CO)159	46A(CO)168		

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the reports on voting indicated in the above table.

CÂBLES POUR FRÉQUENCES RADIOÉLECTRIQUES –

Partie 1: Spécification générique – Généralités, définitions, prescriptions et méthodes d'essai

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 1196 s'applique aux câbles pour fréquences radioélectriques. Elle spécifie les définitions et les exigences pour les câbles coaxiaux et les paires blindées gainées pour fréquences radioélectriques. Elle précise également les méthodes d'essais de référence, à la fois pour les câbles coaxiaux à fréquences radioélectriques et pour les câbles symétriques. Si, en cas de différend, une méthode particulière est exigée comme méthode de référence, elle doit être spécifiée dans la spécification du câble concerné.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 1196. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 1196 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 28: 1925, *Spécification internationale d'un cuivre-type recuit*

CEI 50, *Vocabulaire Electrotechnique International*

CEI 68-1: 1988, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*

CEI 68-2-1: 1990, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai A: Froid*

CEI 68-2-2: 1974, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

CEI 68-2-14: 1984, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai N: Variations de température*

CEI 68-2-20: 1979, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai T: Soudure*

CEI 96-1: 1986, *Câbles pour fréquences radioélectriques – Partie 1: Prescriptions générales et méthodes de mesure*
Amendement 2 (1993)

CEI 304: 1982, *Couleurs de référence de l'enveloppe isolante pour câbles et fils pour basses fréquences*

CEI 332-1: 1993, *Essais des câbles électriques soumis au feu – Partie 1: Essai sur un conducteur ou câble isolé vertical*

RADIO-FREQUENCY CABLES -

Part 1: Generic specification – General, definitions, requirements and test methods

1 Scope

This part of IEC 1196 applies to radio-frequency cables. It specifies the definitions and requirements for both radio-frequency coaxial and screened twin conductor cables. It also specifies the reference test methods for both radio-frequency coaxial and twin conductor cables. If, in the case of dispute, a particular method is required as a reference method, this should be stated in the relevant cable specification.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 1196. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 1196 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 28: 1925, *International standard of resistance for copper*

IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary*

IEC 68-1: 1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 68-2-1: 1990, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test A: Cold*

IEC 68-2-2: 1974, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 68-2-14: 1984, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 68-2-20: 1979, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test T: Soldering*

IEC 96-1: 1986, *Radio-frequency cables – Part 1: General requirements and measuring methods*
Amendment 2 (1993)

IEC 304: 1982, *Standard colours for insulation for low-frequency cables and wires*

IEC 332-1: 1993, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 1: Test on a single vertical insulated wire or cable*

CEI 332-2: 1989, *Essais des câbles électriques soumis au feu – Partie 2: Essai sur un petit conducteur ou câble isolé à âme en cuivre, en position verticale*

CEI 332-3: 1992, *Essais des câbles électriques soumis au feu – Partie 3: Essai sur des fils ou câbles en nappes*

CEI 468: 1974, *Méthode de mesure de la résistivité des matériaux métalliques*

CEI 673: 1980, *Fils simples miniatures d'équipement pour basses fréquences, à conducteur massif ou divisé, isolés aux résines fluorohydrocarbonées*

CEI 753: 1982, *Fils en aluminium pour conducteurs électriques utilisés dans les câbles de télécommunication à isolation polyoléfine*

CEI 754-1: 1994, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion de matériaux prélevés sur câbles – Partie 1: Détermination de la quantité de gaz acide halogéné*

CEI 811-1-1: 1993, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 1: Méthodes d'application générale – Section 1: Mesure des épaisseurs et des dimensions extérieures – Détermination des propriétés mécaniques*

CEI 811-1-2: 1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 1: Méthodes d'application générale – Section deux: Méthodes de vieillissement thermique*

CEI 811-3-1: 1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 3: Méthodes spécifiques pour les mélanges PVC – Section un: Essai de pression à température élevée – Essais de résistance à la fissuration*

CEI 811-3-2: 1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 3: Méthodes spécifiques pour les mélanges PVC – Section deux: Essai de perte de masse – Essai de stabilité thermique*
Amendement 1 (1993)

CEI 811-4-1: 1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Partie 4: Méthodes spécifiques pour les mélanges polyéthylène et polypropylène – Section un: Résistance aux craquelures sous contraintes dues à l'environnement – Essai d'enroulement après vieillissement thermique dans l'air – Mesure de l'indice de fluidité à chaud – Mesure dans le PE du taux de noir de carbone et/ou des charges minérales*
Amendement 2 (1993)

CISPR 11: 1990, *Limites et méthodes de mesure des caractéristiques des perturbations électromagnétiques des appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique*

ISO 6892: 1984, *Matériaux métalliques – Essai de traction*

UIT-T: 1984, *Recueil des méthodes de mesure des câbles*

IEC 332-2: 1989, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 2: Test on a single small vertical insulated copper wire or cable*

IEC 332-3: 1992, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 3: Tests on bunched wires or cables*

IEC 468: 1974, *Method of measurement of resistivity of metallic materials*

IEC 673: 1980, *Low-frequency miniature equipment wires with solid or stranded conductor, fluorinated polyhydrocarbon type insulation, single*

IEC 753: 1982, *Aluminium electrical conductor wires used in polyolefin insulated telecommunication cables*

IEC 754-1: 1994, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 1: Determination of the amount of halogen acid gas*

IEC 811-1-1: 1993, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section 1: Measurement of thickness and overall dimensions – Tests for determining the mechanical properties*

IEC 811-1-2: 1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section Two: Thermal ageing methods*

IEC 811-3-1: 1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 3: Methods specific to PVC compounds – Section One: Pressure test at high temperature – Tests for resistance to cracking*

IEC 811-3-2: 1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 3: Methods specific to PVC compounds – Section Two: Loss of mass test – Thermal stability test*
Amendment 1 (1993)

IEC 811-4-1: 1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 4: Methods specific to polyethylene and polyethylene compounds – Section One – Resistance to environmental stress cracking – Wrapping test after thermal ageing in air – Measurement of the melt flow index – Carbon black and/or mineral content measurement in PE*
Amendment 2 (1993)

CISPR 11: 1990, *Limits and methods of measurement of electromagnetic disturbance characteristics of industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment*

ISO 6892: 1984, *Metallic materials – Tensile testing*

ITU-T: 1984, *Compendium of cable measurement methods*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 1196, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 Définitions du Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)

Les termes utilisés dans cette partie sont ceux qui sont définis dans le chapitre approprié de la CEI 50.

3.2 Autres définitions

Les définitions suivantes sont applicables, en plus des définitions données dans la CEI 50.

3.2.1 Câbles aérés

Câbles dont le diélectrique est de l'air sauf pour la partie occupée par les entreprises isolantes disposées sur le conducteur intérieur à des intervalles réguliers ou les rubans ou joncs appliqués hélicoïdalement. Dans ce type de câble, il est possible de passer du conducteur intérieur au conducteur extérieur sans traverser de couche diélectrique solide.

3.2.2 Distorsion d'affaiblissement

La distorsion d'affaiblissement d'un câble pour fréquences radioélectriques est définie comme l'écart de la courbe affaiblissement/fréquence de la réponse régulière d'un câble électriquement homogène dans une bande de fréquence donnée.

3.2.3 Formules de tressage

Les variables utilisées dans les formules sont données dans le tableau suivant:

Tableau 1 – Variables dans les formules de tressage

Variable	Description
d	diamètre des fils de tresse ou épaisseur des rubans de tresse
D_m	diamètre moyen de tresse, c'est-à-dire diamètre sur diélectrique plus $2,25 d$
L	longueur du pas de tressage
N	nombre de fils par fuseau
W	largeur de ruban pour les tresses à base de rubans ou N_d
n	nombre total de fuseaux

3.2.3.1 Angle de tressage, β

L'angle de tressage, β est défini comme l'angle entre l'axe longitudinal du câble et la tangente à l'hélice décrite par un fil (extrémités) de la tresse.

$$\beta = \text{arc tg } \frac{(\pi D_m)}{L}$$

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 1196, the following definitions apply.

3.1 International Electrotechnical Vocabulary (IEV) definitions

Terms used in this part are those defined in the appropriate chapter of IEC 50.

3.2 Other definitions

In addition to the definitions given in IEC 50, the following definitions apply.

3.2.1 Air-spaced cables

Cables in which the dielectric is air, except for the portion occupied by insulating spacers assembled on the inner conductor at regular intervals, or helically applied tapes and/or threads. It is characteristic of this type of insulation that between the spacers, it is possible to pass from the inner conductor(s) to the outer conductor (or screen) without passing through a layer of solid dielectric.

3.2.2 Attenuation distortion

Attenuation distortion of a radio-frequency (r.f.) cable is defined as the deviation of the attenuation/frequency curve from the smooth response of an electrically homogeneous cable for a given frequency range.

3.2.3 Braiding formulae

The variables used in the formulae are given in the following table:

Table 1 – Braiding formulae variables

Variable	Description
d	diameter of braid wire or thickness of braid tape
D_m	mean diameter of braid, i.e. diameter over dielectric plus $2,25 d$
L	lay length of braid
N	number of ends of wire per spindle
W	width of tape for tape braids or N_d for wire braids
n	total number of spindles

3.2.3.1 Braid angle, β

The braid angle, β , is defined as the angle between the longitudinal axis of the cable and the tangent to the helix described by a wire (ends) of the braid.

$$\beta = \arctan \frac{(\pi D_m)}{L}$$

3.2.3.2 Allongement K_L

L'allongement est défini comme le rapport entre la longueur de l'hélice décrite par un fil et la longueur du câble tressé.

$$K_L = \frac{(1 + \pi^2 D_m^2)^{1/2}}{L^2}$$

3.2.3.3 Facteur de remplissage q

Le facteur de remplissage est défini par:

$$q = \frac{nW}{2\pi D_m} \frac{(1 + \pi^2 D_m^2)^{1/2}}{L^2}$$

qui peut aussi être exprimé:

$$q = \frac{nW}{2L \sin \beta}$$

3.2.3.4 Facteur de couverture K_c

Le facteur de couverture est lié au facteur de remplissage par:

$$K_c = 2q - q^2$$

3.2.4 Impédance de couplage capacitif

A l'étude.

3.2.5 Excentricité

L'excentricité est la variation d'épaisseur radiale dans une section droite du câble. Elle est définie comme le maximum du rapport de la différence d'épaisseur radiale sur un diamètre, divisée par ce diamètre extérieur et exprimée en pourcentage.

3.2.6 Distorsion du temps de propagation de groupe

Le temps de propagation de groupe est défini comme la dérivée de la courbe phase/fréquence dans une bande de fréquence donnée. Il est constant si la phase est une fonction linéaire de la fréquence.

La distorsion du temps de propagation de groupe est définie comme la variation du temps de propagation de groupe en fonction de la fréquence, de la valeur obtenue sur un câble électriquement homogène pour lequel il est indépendant de la fréquence.

3.2.7 Irrégularités localisées

Les irrégularités localisées sont définies comme les différences dans les impédances d'extrémités de câbles connectés ensemble; elles peuvent aussi apparaître comme des imperfections dans les raccords ou des défauts localisés du câble.

3.2.3.2 Lay factor, K_L

The lay factor is defined as the ratio of the helical length of a wire (ends) to the length of braided cable.

$$K_L = \frac{(1 + \pi^2 D_m^2)^{1/2}}{L^2}$$

3.2.3.3 Filling factor, q

The filling factor is defined as:

$$q = \frac{nW}{2\pi D_m} \frac{(1 + \pi^2 D_m^2)^{1/2}}{L^2}$$

which may also be expressed as:

$$q = \frac{nW}{2L \sin \beta}$$

3.2.3.4 Coverage factor, K_c

The coverage factor is related to the filling factor, so that:

$$K_c = 2q - q^2$$

3.2.4 Capacitive coupling impedance

Under consideration.

3.2.5 Eccentricity

The eccentricity is the variation in wall thickness of a cable cross-section, and is defined as the ratio of the maximum difference between the two wall thicknesses on a diameter, divided by that outer diameter, and expressed as a percentage.

3.2.6 Group-delay distortion

Group-delay is defined as the derivative of the phase/frequency curve for a given frequency range. It is constant if the phase characteristic is linear.

Group-delay distortion is defined as the deviation of the group delay/frequency from the value of an electrically homogeneous cable, which is frequency independent.

3.2.7 Local irregularities

Local irregularities are defined as differences in end impedance of cables connected together, or they may arise as imperfections in the joints, or at points of local cable damage.

3.2.8 *Mesurage de la régularité d'impédance*

La régularité d'impédance affecte la mesure directe des performances de transmission utilisant des méthodes de mesure en quadripole dans les domaines harmoniques et temporels.

Dans le domaine harmonique, la distorsion de transmission doit être mesurée suivant les méthodes d'essai du 11.15.

Dans le domaine temporel, l'écho en avant est mesuré suivant la méthode décrite dans l'UIT-T *Recueil des méthodes de mesure des câbles* (1984).

La régularité d'impédance affecte les mesures indirectes des performances de transmission utilisant des méthodes de mesure en dipole dans les domaines harmoniques et temporels.

Dans le domaine harmonique, l'affaiblissement de réflexion doit être mesuré suivant les méthodes d'essai du 11.12.

Dans le domaine temporel, l'affaiblissement de réflexion impulsionnel doit être mesuré suivant les méthodes d'essai du 11.16.

3.2.9 *Capacité de couplage normalisée*

A l'étude.

3.2.10 *Ovalité*

L'ovalité de la section droite du diélectrique ou du câble est définie comme le rapport entre la différence maximale entre deux diamètres perpendiculaires et la moyenne de ces deux diamètres. Elle est exprimée en pourcentage.

3.2.11 *Irrégularités périodiques*

Les irrégularités périodiques sont dues aux distorsions physiques régulièrement réparties le long du câble causées par des variations du processus de fabrication ou par la structure du câble. Même si ces irrégularités sont petites, elles affectent les performances de transmission à des fréquences discrètes, ou elles accroissent considérablement le bruit d'entrée lors de la réception de signaux numériques.

3.2.12 *Distorsion de phase*

La distorsion de phase est définie comme l'écart de la courbe de phase en fonction de la fréquence, de la courbe théorique d'un câble électriquement homogène dans une bande de fréquence donnée.

3.2.13 *Puissance admissible*

La puissance admissible d'un câble est définie comme la puissance d'entrée à une fréquence spécifiée, pour une température ambiante donnée qui peut être appliquée de façon continue sans que la tension maximale admissible ou la température maximale admissible du conducteur intérieur soient dépassées. Pendant cet essai, le câble est terminé par son impédance caractéristique.

3.2.8 *Measurement of the regularity of impedance*

The regularity of impedance affects the direct measurement of transmission performance, using four terminal methods, in both the frequency and time domains.

In the frequency domain, transmission distortion shall be measured in accordance with test methods given in 11.15.

In the time domain, forward echo may be measured as described in the ITU-T *Compendium of cable measurement methods* (1984).

The regularity of impedance affects the indirect measurement of transmission performance, using two terminal methods of measurement in both the frequency and time domains.

In the frequency domain, return loss shall be measured in accordance with test methods given in 11.12.

In the time domain, pulse return loss shall be measured in accordance with test methods given in 11.16.

3.2.9 *Normalized breakthrough capacitance*

Under consideration.

3.2.10 *Ovality*

The ovality of the cross-section of a dielectric or cable is defined as the ratio of the maximum difference between two orthogonal diameters, divided by the mean of these diameters, and expressed as a percentage.

3.2.11 *Periodic irregularities*

Periodic irregularities arise from equidistant physical distortions in the cable, due to variations in manufacture or cable structure. Even if the irregularities are small, at discrete frequencies they effect the transmission performance, or considerably increase the input noise in the detection of digital signals.

3.2.12 *Phase distortion*

Phase distortion is defined as the deviation of the phase/frequency curve from the phase/frequency characteristic of an electrically homogeneous cable for a given frequency range.

3.2.13 *Power rating*

The power rating of a cable is defined as the input power at any specified frequency and ambient temperature which may be handled continuously, without either the maximum permissible operating voltage, or maximum inner conductor temperature being exceeded. During these conditions, the cable is terminated by its characteristic impedance.

3.2.14 *Irrégularités aléatoires*

Les irrégularités d'impédance aléatoires n'ont pas de caractère répétitif. Dans les câbles dont la régularité de fabrication est normale, ces irrégularités ont des propriétés statistiquement bien définies. Ces irrégularités affectent les performances de transmission sur une grande bande de fréquence.

3.2.15 *Régularité d'impédance*

Les irrégularités de l'impédance caractéristique locale peuvent affecter sérieusement les performances en transmission. Les irrégularités sont généralement divisées en trois catégories:

- irrégularités aléatoires;
- irrégularités périodiques;
- irrégularités localisées.

3.2.16 *Affaiblissement de blindage*

A l'étude.

3.2.17 *Efficacité de blindage*

A l'étude.

3.2.18 *Câbles semi-aérés*

Câbles dans lesquels le diélectrique est une construction matériau plastique/air comprenant soit un polymère cellulaire, soit un tube isolant au centre duquel le conducteur intérieur est positionné.

Ce type de câble est caractérisé par l'impossibilité de passer du conducteur intérieur au conducteur extérieur (ou écran) sans passer à travers une couche diélectrique solide.

3.2.19 *Câbles à diélectrique plein*

Câbles dans lesquels l'espace entre le conducteur intérieur et le conducteur extérieur (ou l'écran) est rempli par un diélectrique massif. Le diélectrique peut être homogène ou composite; dans ce dernier cas, il comprend deux couches concentriques ou plus qui peuvent avoir des propriétés différentes.

3.2.20 *Procédures d'essai*

3.2.20.1 *Essai de type*

Les essais de type d'un produit sont constitués de la série complète des essais à effectuer sur un nombre d'éprouvettes représentatives d'un type dans le but de déterminer si un fabricant peut être considéré apte à fabriquer des produits satisfaisant aux spécifications.

3.2.20.2 *Agrément de type*

L'agrément de type est la décision par l'autorité appropriée (l'acheteur lui-même ou son représentant) qu'un fabricant a l'aptitude à produire en quantités raisonnables un type de produit satisfaisant aux spécifications.

3.2.14 *Random irregularities*

Random irregularities of impedance have no repetitive character. In cables of normal manufacturing regularity, these irregularities have well-defined statistical properties. The irregularities effect the broadband performance of transmission.

3.2.15 *Regularity of impedance*

Irregularities of the local characteristic impedance may seriously effect transmission performance. The irregularities are generally divided into three categories:

- random irregularities;
- periodic irregularities;
- local irregularities.

3.2.16 *Screening attenuation*

Under consideration.

3.2.17 *Screening effectiveness*

Under consideration.

3.2.18 *Semi-airspaced cables*

Cables in which the dielectric is a plastics/air construction, comprising either a cellular polymer, or an insulating tube at the centre of which the inner conductor is positioned.

It is characteristic of this type of insulation that it is not possible to pass from the inner conductor to the outer conductor (or screen) without passing through a layer of solid dielectric.

3.2.19 *Solid dielectric cables*

Cables in which all the space between the inner conductor(s) and the outer conductor (or screen) is filled by solid dielectric. The dielectric may be either homogeneous or composite, the latter comprising two or more concentric layers, which may have different properties.

3.2.20 *Testing procedures*

3.2.20.1 *Type test*

The type test of a product is the complete series of tests to be carried out on a number of specimens representative of a type, with the object of determining whether a manufacturer can be considered to be able to produce products meeting the specifications.

3.2.20.2 *Type approval*

Type approval is the decision by the proper authority (the purchaser himself or his nominee) that a manufacturer has the capability to produce, in reasonable quantities, a type meeting the specification.

3.2.20.3 *Essais de réception recommandés*

Les essais de réception sont ceux qui sont effectués pour déterminer l'acceptabilité d'un lot de livraison sur la base d'un accord entre un fabricant et un client.

L'accord doit porter sur:

- a) la taille de l'échantillon;
- b) les essais retenus;
- c) le nombre d'éprouvettes qui doivent être conformes aux exigences de la spécification pour les essais retenus.

NOTE – En cas de désaccord, il convient que les méthodes d'essai de la norme CEI soient utilisées pour les essais de réception.

3.2.20.4 *Essais en usine*

Les essais en usine sont ceux que le fabricant effectue pour vérifier que son produit satisfait aux spécifications.

3.2.20.5 *Valeur médiane*

Quand plusieurs résultats d'essai ont été obtenus et ordonnés en ordre croissant ou décroissant, la médiane est la valeur du milieu si le nombre des valeurs est impair, et est la moyenne des deux valeurs centrales si le nombre est pair.

3.2.21 *Admittance de transfert*

A l'étude.

3.2.22 *Impédance de transfert*

L'impédance de transfert est définie comme le rapport de la tension mesurée le long de l'écran d'un câble au courant circulant à l'intérieur du câble ou vice versa.

3.2.23 *Distorsion de transmission*

La distorsion de transmission est causée par les inhomogénéités d'impédance caractéristique des câbles pour fréquences radioélectriques, dues aux irrégularités aléatoires et périodiques. Elle est principalement causée par les discontinuités périodiques apparaissant, à cause des petites distorsions physiques équidistantes du câble dues aux variations du processus de fabrication ou à la structure du câble. Il en résulte des pertes du signal transmis à la fréquence fondamentale et ses harmoniques définies par l'espace entre les discontinuités périodiques.

La distorsion de transmission peut être mesurée dans le domaine temporel ou harmonique. Dans le domaine temporel, la distorsion de transmission est déterminée par le mesurage de l'écho décrit dans l'UIT-T *Recueil des méthodes de mesure des câbles* (1984). Dans le domaine harmonique, elle est mesurée en termes de distorsion d'affaiblissement, de phase et de vitesse de groupe.

3.2.24 *Vitesse relative de propagation*

Elle est définie comme le rapport de la vitesse de propagation dans le câble à la vitesse de la lumière en espace libre, à la fréquence de mesure spécifiée.

3.2.20.3 *Recommended acceptance tests*

Acceptance tests are those tests carried out to determine the acceptability of a consignment on the basis of an agreement between purchaser and manufacturer.

Recommended acceptance tests are:

- a) sample size;
- b) selection of tests;
- c) extent to which the test specimens shall conform to the requirements for the selected tests of the specifications.

NOTE – In cases of dispute, the IEC standard test methods are to be used for acceptance tests.

3.2.20.4 *Factory tests*

Factory tests are those carried out by the manufacturer to verify that his products meet the specifications.

3.2.20.5 *Median value*

When several test results have been obtained, and have been arranged in an increasing or decreasing succession, the median is the middle value, if the number of available values is odd, and is the mean of the two middle values if the number is even.

3.2.21 *Transfer admittance*

Under consideration.

3.2.22 *Transfer impedance*

The transfer impedance is defined as the ratio of the voltage measured along the screen of a cable to the current flowing within the cable, or vice versa.

3.2.23 *Transmission distortion*

Transmission distortion is caused by the inhomogeneity of the characteristic impedance of r.f. cables, due to random and periodic irregularities. It is caused mainly by periodic discontinuities arising from equidistant small physical distortions to the cable, due to variations in manufacture or cable structure. This results in some loss of the transmitted signal at the fundamental frequency and its harmonics, associated with the spacing of the periodic discontinuities.

The transmission distortion may be measured in the time domain or frequency domain. In the time domain, the transmission distortion is determined by the measurement of echo described in the ITU-T *Compendium of cable measurement methods* (1984). In the frequency domain, the transmission distortion is measured in terms of attenuation distortion, phase distortion, and group-delay distortion.

3.2.24 *Velocity ratio (relative propagation velocity)*

The velocity ratio is defined as the ratio of the velocity of propagation in the cable to the velocity in free space at the test frequency specified.

4 Assurance de la qualité

A l'étude.

5 Matériaux et construction des câbles

5.1 Généralités

Sauf spécification contraire, tous les mesurages doivent être effectués dans les conditions atmosphériques normales de mesure en accord avec l'article 5 de la CEI 68-1.

5.2 Examen visuel

L'inspection visuelle est effectuée pour s'assurer qu'il n'y a pas de défauts observables dans le câble. L'examen doit être effectué à l'oeil nu ou corrigé, sans grossissement.

5.3 Mesurage des dimensions

Les mesurages d'épaisseur et de diamètre doivent être effectués suivant l'article 8 de la CEI 811-1-1.

5.4 Construction du câble

La construction du câble doit être conforme aux paragraphes 5.5 à 5.9 et aux indications données dans la spécification particulière du câble.

5.5 Conducteur intérieur

5.5.1 Matériau du conducteur

Le conducteur doit être en cuivre recuit de qualité homogène et exempt de défauts. Les propriétés du cuivre doivent être conformes à la CEI 28.

Alternativement, le conducteur doit être en acier plaqué cuivre. La couche de cuivre doit être continue et doit adhérer à l'acier; sa section droite doit être circulaire et telle que la résistance maximale du conducteur plaqué n'excède pas celle donnée pour les conducteurs en cuivre dans la CEI 28 de plus d'un facteur 3,5 et 2,8 respectivement pour les grades d'aciers plaqués cuivre de conductivité nominale 30 % et 40 %. L'allongement à la rupture, lorsqu'il est mesuré suivant les méthodes d'essai données en 9.5 ne doit pas être inférieur à 1 %. La charge de rupture minimale doit être de 760 N/mm² et 880 N/mm² respectivement pour les grades 40 % et 30 %.

Alternativement, le conducteur doit être en aluminium plaqué cuivre. La couche de cuivre doit être continue et doit adhérer au conducteur aluminium de section circulaire de telle façon que la résistance maximale du conducteur plaqué ne soit pas supérieure à celle d'un conducteur de cuivre conforme à la CEI 28 de plus d'un facteur 1,8. L'allongement, lorsqu'il est mesuré suivant les méthodes d'essai données en 9.4, ne doit pas être inférieur à 10 %.

Alternativement, le conducteur est en aluminium suivant la CEI 753.

4 Quality assurance

Under consideration.

5 Materials and cable construction

5.1 General

Unless otherwise specified, all physical measurements shall be carried out under standard atmospheric conditions for testing, in accordance with clause 5 of IEC 68-1.

5.2 Visual examination

Visual inspection shall be carried out to ensure that there are no observable defects in the cable. The examination shall be carried out with normal or corrected vision, without magnification.

5.3 Measurement of dimensions

The measurement of thickness and diameter shall be carried out in accordance with clause 8 of IEC 811-1-1.

5.4 Cable construction

The cable construction shall be in accordance with subclauses 5.5 to 5.9, and with the details given in the relevant cable specification.

5.5 Inner conductor

5.5.1 Conductor material

The conductor shall consist of annealed copper, uniform in quality, and free from defects. The properties of the copper shall be in accordance with IEC 28.

Alternatively, the conductor shall consist of copper-clad steel. The layer of copper coating shall be continuous, and shall adhere to the steel; the cross-section shall be circular, such that the maximum resistance of the coated conductor shall not exceed that given for copper conductor, in accordance with IEC 28, by more than a factor of 3,5 and 2,8, respectively, for 30 % and 40 % nominal conductivity grade copper-clad steel. The percentage elongation at break, when tested in accordance with test methods given in 9.5 shall be not less than 1 %. The minimum tensile strength shall be 760 N/mm² and 880 N/mm² for 40 % and 30 % grade, respectively.

Alternatively, the conductor shall consist of copper-covered aluminium. The layer of copper coating shall be continuous, and shall adhere to an aluminium conductor circular in cross-section, such that the maximum resistance of the coated conductor shall not exceed that given for a copper conductor, in accordance with IEC 28, by more than a factor of 1,8. The percentage elongation, when tensile tested in accordance with test methods given in 9.4, shall be not less than 10 %.

Alternatively, the conductor shall consist of aluminium, in accordance with IEC 753.

5.5.2 *Revêtement des conducteurs*

Le revêtement des conducteurs doit être précisé dans la spécification particulière. Les fils peuvent être nus, étamés ou argentés.

5.5.2.1 *Fils étamés*

Le revêtement doit être mesuré suivant 3.1.3 de la CEI 673.

5.5.2.2 *Épaisseur du revêtement d'argent*

A l'étude.

5.5.3 *Conducteur(s) intérieur(s)*

La construction et le matériau du ou des conducteurs intérieurs doivent être précisés dans la spécification particulière.

Quand le conducteur intérieur est massif ou tubulaire, il ne doit pas y avoir de raccord effectué après la dernière opération de tréfilage.

Les raccords dans les brins individuels d'un conducteur toronné en cuivre doivent être soudés par pression à froid, brasés ou soudés à l'argent en utilisant un flux non acide, de telle sorte que le diamètre du brin ne soit pas augmenté et qu'il n'y ait pas d'olive ni d'arête.

Aucun raccord de brin ne doit être à moins de 0,3 m d'un autre raccord.

Excepté dans le cas des câbles à isolant minéral, les échantillons des brins ou du tube de cuivre extraits du câble terminé ne doivent présenter aucune décoloration importante. Si les conducteurs sont étamés, ils doivent être exempts de flux et de produit de nettoyage.

5.5.4 *Soudabilité*

L'aptitude des conducteurs à une soudure aisée est vérifiée par la méthode du bain de soudure spécifiée en 4.6 de la CEI 68-2-20. On doit utiliser un flux non activé.

5.6 *Matériau diélectrique*

Le type du matériau diélectrique doit être précisé dans la spécification particulière. Le diamètre sur diélectrique, son ovalité et son excentricité, doivent être donnés dans la spécification particulière.

La charge et l'allongement à la rupture du matériau diélectrique, lorsqu'ils sont spécifiés, doivent être mesurés suivant la CEI 811-1-1. Le vieillissement thermique doit être effectué suivant la CEI 811-1-2.

5.6.1 *Excentricité*

L'excentricité du diélectrique doit être déterminée à partir de mesurages de la section droite du coeur du câble.

5.5.2 *Conductor finish*

The conductor finish shall be specified in the relevant cable specification. It may be plain, tinned, or silver coated.

5.5.2.1 *Tinned coating*

The coating shall be tested in accordance with 3.1.3 of IEC 673.

5.5.2.2 *Thickness of silver coating*

Under consideration.

5.5.3 *Inner conductor or conductors*

The construction and material of the inner conductor, or conductors, shall be specified in the relevant cable specification.

Where the inner conductor, or conductors, consist of a single strand or tube, there shall be no joint made subsequent to the last drawing operation.

Joints in individual strands of a stranded copper inner conductor shall be cold pressure welded, brazed, or silver soldered, using a non-acid flux so that the strand diameter shall not be increased, and there shall be no lumps or sharp projections.

No joint in an individual strand shall be within 0,3 m of a joint in any other individual strand.

Except in the case of mineral insulated cables, samples of copper strand or tube removed from the finished cable shall show no substantial discoloration. If conductors are tinned, they shall be free from flux and cleaning material.

5.5.4 *Solderability*

The ease with which conductors permit easy soldering shall be checked by the solder bath method specified in 4.6 of IEC 68-2-20. Non-activated flux shall be used.

5.6 *Dielectric*

The type of dielectric required for each cable shall be specified in the relevant cable specification. The diameter over dielectric, the ovality, and the eccentricity shall be given in the relevant specification.

The tensile strength and the elongation at break of the dielectric material, when specified, shall be tested in accordance with IEC 811-1-1. Thermal ageing shall be carried out in accordance with IEC 811-1-2.

5.6.1 *Eccentricity*

The eccentricity of the dielectric shall be determined from measurement of the cross-section of the core.

Le mesurage doit être fait suivant les méthodes d'essai données en 9.2.

La valeur maximale de l'excentricité doit satisfaire à la valeur indiquée dans la spécification particulière.

5.6.2 Ovalité

L'ovalité doit être déterminée à partir de mesurages de la section droite du coeur du câble.

Le mesurage doit être fait suivant les méthodes d'essai données en 9.1.

L'ovalité ne doit pas être supérieure à la valeur indiquée en spécification particulière.

5.7 Conducteur extérieur ou écran

La construction et le matériau du conducteur extérieur ou de l'écran doivent être indiqués dans la spécification particulière.

Le conducteur extérieur ou l'écran peut être de l'un des types suivants ou une de leurs combinaisons.

- a) Une tresse de fils ou rubans nus ou revêtus. Les raccords des fils ou rubans de tresse doivent être soudés, épissés ou enchevêtrés dans la tresse, et il ne doit pas y avoir de raccord de l'ensemble de la tresse. La tresse doit être appliquée régulièrement. L'angle de tressage et le facteur de remplissage doivent être indiqués dans la spécification particulière.
- b) Fils ou rubans nus ou revêtus, formés autour du coeur en un écran continu et fermé, avec ou sans frettage métallique.
- c) Un tube d'un matériau conducteur adéquat.
- d) Une couche de métal ou de film métallisé appliquée longitudinalement avec un recouvrement d'environ 20 % à 25 %.
- e) Des combinaisons des types ci-dessus avec une gaine intermédiaire de matériau à pertes conducteur ou magnétique.
- f) Une combinaison de deux couches de rubans ou films métallisés avec une couche de fils de cuivre ou de cuivre étamé entre elles et en contact avec les faces métallisées. Les deux rubans ou films peuvent être appliqués longitudinalement ou hélicoïdalement sur le diélectrique du câble coaxial.

5.7.1 Gaines intermédiaires/couches intermédiaires

Quand une gaine intermédiaire est demandée entre le conducteur extérieur et l'écran, elle doit être en matière plastique.

La construction de la gaine intermédiaire doit être donnée dans la spécification particulière.

Si du polyéthylène est utilisé, ce doit être un polyéthylène basse ou moyenne densité et il doit satisfaire aux exigences de la CEI 811-1-1, la CEI 811-1-2 et la CEI 811-4-1.

Si d'autres matériaux sont utilisés, leurs exigences doivent être indiquées dans la spécification correspondante du câble.

La gaine intermédiaire doit être exempte de perforations, craquelures, grains et autres défauts; elle doit avoir un état de surface régulier.

The measurement shall be made in accordance with test methods given in 9.2.

The maximum value of eccentricity shall meet the value specified in the relevant cable specification.

5.6.2 *Ovality*

The ovality shall be determined from measurements of the cross-section of the cable core.

The determination shall be made in accordance with test methods given in 9.1.

The ovality shall not exceed the value specified in the relevant cable specification.

5.7 *Outer conductor or screen*

The construction and material of the outer conductor or screen shall be specified in the relevant cable specification.

The outer conductor or screen may be one, or any combination, of the following.

- a) A braid of plain or coated wire or tape. Joints in the braiding wires or tapes shall be soldered, twisted, or woven in, and there shall be no joint in the complete braid. The braid shall be applied evenly. The braid angle, and the filling factor, shall be specified in the relevant cable specification.
- b) Plain or coated wires or tape(s) formed round the core as a continuous and closed screen, with or without a metallic binder.
- c) A tube of suitable conducting material.
- d) A layer of metal, or metallized film, applied longitudinally, with an approximate overlap of 20 % to 25 %.
- e) Combinations of the above, with loss conducting or magnetic intersheath.
- f) A combination of two layers of metallized tapes or films with a layer of copper or tinned copper wires between them, and in contact with the metallized coatings. The two tapes or films may be applied longitudinally or helically over the coaxial cable dielectric.

5.7.1 *Intersheath/intermediate layers*

Where an intersheath is required between the outer conductor and screen, it shall be of plastic material.

The constructor of the intersheath shall be specified in the relevant cable specification.

If polyethylene is used, it shall be of low or medium density material, and shall meet the requirements of IEC 811-1-1, IEC 811-1-2 and IEC 811-4-1, as applicable.

If other materials are used, their requirements shall be given in the relevant cable specification.

The intersheath shall be free from pinholes, cracks, blisters, and other defects, and shall have an even finish.

5.7.2 Couches semi-conductrices

A l'étude.

5.8 Gaine

La gaine extérieure du câble doit être en matière plastique sauf indication contraire dans la spécification particulière.

Quand du PE ou du PP est utilisé, il doit être essayé suivant la CEI 811-4-1. Le matériau de gainage doit avoir une charge de noir de carbone de 2,5 % \pm 0,5 %, sauf spécification contraire quand du PE ou du P colorés sont autorisés.

Quand du PVC est utilisé, il doit être essayé suivant la CEI 811-3-1 et la CEI 811-3-2. L'utilisation optionnelle d'une couche intermédiaire comme barrière contre la migration des plastifiants dans le diélectrique est autorisée. Quand des gaines PVC coloré sont spécifiées, elles doivent être conformes à la CEI 304.

La charge et l'allongement à la rupture du matériau de gainage doivent être testés suivant la CEI 811-1-1. Le vieillissement thermique doit être effectué suivant la CEI 811-1-2.

5.8.1 Epaisseur de la gaine et dimensions extérieures

Le mesurage de l'épaisseur de la gaine et des dimensions extérieures est effectué suivant l'article 8 de la CEI 811-1-1.

5.8.2 Barrière d'étanchéité

Quand une barrière d'étanchéité est demandée, une couche supplémentaire de ruban métallique ou une gaine métallique doivent être mises sous la gaine.

Antérieurement, une couche isolante de ruban non hygroscopique doit être appliquée longitudinalement ou hélicoïdalement sur le conducteur extérieur. Elle tient lieu de support à un ruban d'aluminium contrecollé sur un support polymère appliqué longitudinalement avec la couche polymère vers l'extérieur. Le ruban d'aluminium doit avoir une épaisseur minimale de 0,075 mm pour les câbles de diamètre extérieur maximal plus petit ou égal à 12 mm et une épaisseur nominale de 0,15 mm pour les diamètres supérieurs à 12 mm. La gaine doit être collée à la couche polymère du ruban.

5.8.3 Ovalité

L'ovalité doit être déterminée à partir de mesurages de la section droite d'un échantillon de câble.

Le mesurage doit être fait suivant les méthodes d'essai données en 9.1.

L'ovalité ne doit pas dépasser la valeur indiquée dans la spécification particulière.

5.8.4 Inflammabilité

L'aptitude du câble terminé à supporter la combustion doit être déterminée suivant l'essai de la CEI 332-1, la CEI 332-2 et la CEI 332-3, qui est demandé dans la spécification particulière.

5.7.2 *Semiconducting layers*

Under consideration.

5.8 *Sheath*

The outer sheath of the cable shall be of plastic material, unless otherwise specified in the relevant cable specification.

Where polyethylene or polypropylene is used, it shall be tested in accordance with IEC 811-4-1. The sheath material shall have a carbon black content of 2,5 % \pm 0,5 %, unless otherwise specified, when coloured polyethylene or polypropylene shall be allowed.

Where PVC is used, it shall be tested in accordance with IEC 811-3-1 and IEC 811-3-2. The optional use of an intermediate layer to act as a barrier against the migration of plasticizer into the dielectric shall be permitted. When specified, coloured PVC sheaths shall conform to IEC 304.

The tensile strength, and the elongation at break of the sheath material, shall be tested in accordance with IEC 811-1-1. Thermal ageing shall be carried out in accordance with IEC 811-1-2.

5.8.1 *Sheath thickness and overall dimensions*

The measurement of sheath thickness and overall dimensions shall be carried out in accordance with clause 8 of IEC 811-1-1.

5.8.2 *Moisture barrier*

Where a moisture barrier is required, a further metallic tape layer or continuous metallic barrier shall be incorporated under the sheath.

Initially, an insulating layer of non-hygroscopic tapes shall be applied, either longitudinally or helically, over the outer conductor. This shall act as a bedding for a tape of aluminium coated with a polymer, and applied longitudinally, with the polymer coating on the outside. The aluminium tape shall have a minimum thickness of 0,075 mm for cables with a maximum specified overall diameter of 12 mm or less, and a nominal thickness of 0,15 mm for diameters above 12 mm. The sheath shall be bonded to the polymer coating of the laminated tape.

5.8.3 *Ovality*

The ovality shall be determined from measurement of the cross-section of a cable sample.

The determination shall be made in accordance with test methods given in 9.1.

The ovality shall not exceed the value specified in the relevant cable specification.

5.8.4 *Flammability*

The ability of the finished cable to withstand burning shall be determined in accordance with the test specified in IEC 332-1, IEC 332-2, and IEC 332-3, as required by the relevant cable specification.

5.8.5 Corrosivité des produits de combustion

Quand elle est spécifiée, la teneur en halogène des gaz émis lors de la combustion des matériaux polymères prélevés sur une éprouvette du câble terminé doit être déterminée suivant la CEI 754-1.

La teneur en acide halogéné émis ne doit pas être supérieure à 5 mg/g du matériau essayé.

5.9 Armure

Une armure doit être demandée dans la spécification particulière.

Les tresses en fil d'acier ou d'aluminium doivent avoir un facteur de couverture supérieur à 80 %. La charge de rupture des fils d'acier ne doit pas être inférieure à 340 N/mm² et celle des fils d'aluminium à 125 N/mm².

Quand une couche unique de ruban d'acier est appliquée hélicoïdalement, l'espace entre spires doit être de 4 mm maximum, lorsqu'il est mesuré perpendiculairement aux rives du ruban. Avec une armure comportant plus d'une couche de ruban d'acier, l'espace entre les spires de chaque ruban pris individuellement doit être compris entre 1/3 et 1/2 de la largeur du ruban. Le ruban extérieur doit être placé de façon que l'espace entre les spires successives du ruban intérieur soit entièrement couvert.

Les rubans de laiton doivent avoir une épaisseur d'environ 0,1 mm et doivent être appliqués avec un recouvrement d'au moins 25 %. Les fils ou rubans d'acier doivent être galvanisés. Les tresses d'aluminium doivent être protégées contre la corrosion.

NOTE - Il convient de spécifier les détails de construction et de dimensions de l'armure pour chaque cas particulier selon le risque envisagé. Le tableau suivant énumère des exemples typiques de construction en vue de répondre à quelques risques choisis.

Tableau 2 - Armure contre les risques

Risque	Exemples typiques de construction appropriée
Abrasion, manipulations brutales	Tresse en acier ou en alliage d'aluminium
Effort de traction	Armure hélicoïdale en fils d'acier ronds ou méplats élément de renfort non métallique
Effort de compression	Enrubannage avec deux rubans d'acier
Détérioration causées par des rongeurs	Enrubannage avec un ruban d'acier
Détériorations causées par les termites	Enrubannage avec un ruban de laiton de faible épaisseur à recouvrement

6 Valeurs et prescriptions normalisées

Les valeurs et prescriptions applicables à chaque câble doivent être indiquées dans la spécification particulière.

5.8.5 Corrosive products of combustion

When specified, the amount of halogen gas evolved during the combustion of the polymeric materials taken from a sample of finished cable shall be determined in accordance with IEC 754-1.

The amount of halogen acid evolved shall be not more than 5 mg/g of the material tested.

5.9 Armouring

Any armouring shall be specified in the relevant cable specification.

Braids of steel or aluminium wires shall provide a minimum covering of 80 %. The tensile strength of the steel wires shall not be less than 340 N/mm², and the tensile strength of the aluminium wires shall not be less than 125 N/mm².

Where a single layer of steel tape is applied helically, the space between the windings shall be 4 mm maximum, measured rectangularly to the tape edge. With an armouring of more than one layer of steel tape, the space between the winding of each individual tape shall not exceed the limits of 1/3 to 1/2 of the tape width. The upper tape shall be positioned so that the space between successive turns of the lower tape is fully covered.

Brass tape shall have a thickness of approximately 0,1 mm, and shall be applied with an overlap of at least 25 %. Steel wires or tapes shall be galvanized. Aluminium braids shall be protected against corrosion.

NOTE – Constructional and dimensional details of armouring should be specified for each individual case, according to the hazard to be expected. The following table gives typical examples of construction to suit some selected hazards.

Table 2 – Armouring against hazards

Hazard	Typical examples of suitable construction
Abrasion, rough handling	Braid made of steel or aluminium alloy
Tensile stress	Helical covering of round or flat steel wires, non-metallic strength members
Compressive stress	Wrapping of two steel tapes
Rodent attack	Wrapping of one steel tape
Termite attack	Wrapping of one thin layer of brass tape

6 Standard ratings and characteristics

The ratings and characteristics applicable to each cable shall be stated in the relevant cable specification.

7 Identification et marquage

7.1 Identification du câble

L'identification du câble peut être faite par marquage ou filin d'identification.

7.1.1 Marquage de la gaine

Lorsque cela est spécifié, le câble doit être marqué de façon permanente sur toute sa longueur avec la date de fabrication et le nom ou le symbole du fabricant. L'intervalle entre le dernier symbole d'un texte et le premier symbole du suivant ne doit pas excéder 500 mm.

Les câbles coaxiaux pour fréquences radioélectriques qui sont conformes aux spécifications de la CEI doivent être identifiés par le code suivant:

- a) le numéro de la spécification CEI (XX);
- b) les lettres «IEC»;
- c) un nombre donnant l'impédance caractéristique nominale;
- d) un nombre correspondant approximativement au diamètre nominal sur diélectrique, en millimètres;
- e) un numéro de série.

Exemple

Un câble ayant une impédance de 50 Ω m, un diamètre sur diélectrique de 7,25 mm et étant le premier type avec ces caractéristiques doit être indiqué:

XX IEC 50-7-1

7.1.2 Filin d'identification

S'ils sont spécifiés, deux filins doivent être mis sous la gaine extérieure du câble. Le fabricant doit être identifié par un filin insoluble dans l'acétone et coloré en accord avec son règlement national. L'année de fabrication doit être indiquée par un filin soluble dans l'acétone et coloré suivant le tableau 3.

Tableau 3 – Filins d'identification avec indication de la date de fabrication

Date de fabrication	Couleur du filin coloré
1994	vert/rouge
1995	noir/blanc
1996	noir/rouge
1997	blanc/rouge
1998	jaune/bleu
1999	jaune/vert
2000	jaune/noir

7.2 Etiquetage

Les informations suivantes doivent être données sur une étiquette fixée à chaque longueur de câble ou sur la face externe de la joue de la bobine ou touret:

- a) type du câble;
- b) nom ou symbole du fabricant;
- c) date de fabrication;
- d) longueur du câble, en mètres.

7 Identification and marking

7.1 Cable identification

Cable identification shall be defined either by sheath marking or by thread marking.

7.1.1 Sheath marking

If required, the cable shall be permanently marked along its length with the date of manufacture and the name or symbol of the manufacturer. The interval between the last symbol of one legend and the first symbol of the succeeding legend shall not exceed 500 mm.

RF coaxial cables which conform to IEC specifications shall be indicated by type numbers as follows:

- a) the number of the IEC specification (XX);
- b) the letters "IEC";
- c) a number giving the rated characteristic impedance;
- d) a number corresponding approximately to the rated diameter over the dielectric, in millimetres;
- e) a serial number.

Example

A cable with an impedance of 50 Ω m, a diameter over the dielectric of 7,25 mm, and being the first type with these characteristics, shall be indicated as follows:

XX IEC 50-7-1

7.1.2 Thread marking

If required, two threads shall be incorporated under the outer sheath of the cable. The manufacturer shall be identified by a thread insoluble in acetone, and coloured in accordance with a national requirement. The year of manufacture shall be indicated by a thread soluble in acetone and coloured according to table 3.

Table 3 – Thread markings indicating date of manufacture

Date of manufacture	Colour of marker thread
1994	green/red
1995	black/white
1996	black/red
1997	white/red
1998	yellow/blue
1999	yellow/green
2000	yellow/black

7.2 Labelling

The following information shall be given, either on a label attached to each length of finished cable, or on the external face of the drum flange:

- a) type of cable;
- b) manufacturer's name or symbol;
- c) date of manufacture;
- d) length of cable, in metres.

8 Index des méthodes d'essais

	Caractéristiques	La présente partie de la CEI 1196	Autres normes	
		Paragraphe	N° CEI	Article ou paragraphe
8.1.1	<i>Matériaux et construction du câble</i>			
8.1.1.1	Examen visuel	5.2	-	-
8.1.1.2	Dimensions	5.3	811-1-1	8
8.1.1.3	Ovalité	9.1	-	-
8.1.1.4	Excentricité du diélectrique	9.2	-	-
8.1.1.5	Revêtement d'argent	9.3	673	Annexe A
8.1.1.6	Teneur en noir de carbone	-	811-4-1	11
8.1.1.7	Evolution des gaz acides halogènes	-	754-1	-
8.1.1.8	Indice, d'oxygène	-	-	-
8.1.1.9	Perte de masse du PVC	-	811-3-2	8
8.1.1.10	Résistance à la traction et allongement après la rupture pour les métaux	9.4	ISO 6892	-
8.1.1.11	Résistance à la traction et allongement à la rupture pour les métaux	9.5	-	-
8.1.1.12	Essai de torsion pour les métaux plaqués de cuivre	9.6	-	-
8.1.1.13	Résistance à la traction et allongement pour les plastiques	-	811-1-1	-
8.1.1.14	Soudabilité	-	68-2-20	4.6
8.1.2	<i>Caractéristiques mécaniques et thermiques</i>			
8.1.2.1	Adhérence du diélectrique	10.1	-	-
8.1.2.2	Pliage	10.2	-	-
8.1.2.3	Tenue au pliage à froid	10.3	-	-
8.1.2.4	Résistance à la traction du câble (traction longitudinale)	10.4	-	-
8.1.2.5	Résistance à l'écrasement	10.5	-	-
8.1.2.6	Fluidité à chaud du diélectrique	10.6	-	-
8.1.2.7	Résistance au choc thermique	10.7	-	-
8.1.2.8	Tenue à la chaleur (câble semi-rigide seulement)	10.8	-	-
8.1.2.9	Stabilité dimensionnelle	10.9	-	-
8.1.2.10	Résistance à l'abrasion	10.10	-	-
8.1.3	<i>Résistance aux influences ambiantes</i>			
8.1.3.1	Résistance aux craquelures sous contraintes dues à l'environnement	-	811-4-1	8
8.1.3.2	Câble vertical soumis au feu	-	332-1	-
8.1.3.3	Nappes de câbles soumis au feu	-	332-3	-

8 Index of test methods

	Characteristic	This part of IEC 1196	Other standards	
		Subclause	IEC No.	Clause or subclause
8.1.1	<i>Material and cable construction</i>			
8.1.1.1	Visual examination	5.2	-	-
8.1.1.2	Dimensions	5.3	811-1-1	8
8.1.1.3	Ovality	9.1	-	-
8.1.1.4	Eccentricity of dielectric	9.2	-	-
8.1.1.5	Silver coating finish	9.3	673	Annex A
8.1.1.6	Carbon black content	-	811-4-1	11
8.1.1.7	Halogen acid gas evolution	-	754-1	-
8.1.1.8	Oxygen index	-	-	-
8.1.1.9	PVC loss of mass	-	811-3-2	8
8.1.1.10	Tensile strength and elongation after break for metals	9.4	ISO 6892	-
8.1.1.11	Tensile strength and elongation at break for metals	9.5	-	-
8.1.1.12	Torsion test for copper clad metals	9.6	-	-
8.1.1.13	Tensile strength and elongation for plastics	-	811-1-1	-
8.1.1.14	Solderability	-	68-2-20	4.6
8.1.2	<i>Mechanical and thermal characteristics</i>			
8.1.2.1	Adhesion of dielectric	10.1	-	-
8.1.2.2	Bending	10.2	-	-
8.1.2.3	Cold bend performance	10.3	-	-
8.1.2.4	Tensile strength of cable (longitudinal pull)	10.4	-	-
8.1.2.5	Crush resistance	10.5	-	-
8.1.2.6	Heat flow resistance of the dielectric	10.6	-	-
8.1.2.7	Heat shock resistance	10.7	-	-
8.1.2.8	Heat behaviour (semi-rigid cable only)	10.8	-	-
8.1.2.9	Dimensional stability	10.9	-	-
8.1.2.10	Abrasion resistance	10.10	-	-
8.1.3	<i>Resistance to ambient influences</i>			
8.1.3.1	Resistance to environmental stress cracking	-	811-4-1	8
8.1.3.2	Single vertical cable under fire conditions	-	332-1	-
8.1.3.3	Bunched cables under fire conditions	-	332-3	-

	Caractéristiques	La présente partie de la CEI 1196	Autres normes	
		Paragraphe	N° CEI	Article ou paragraphe
8.2	<i>Caractéristiques électriques</i>			
8.2.1	Résistance des conducteurs	11.1	468	6
8.2.2	Résistance d'isolement	11.2	-	-
8.2.3	Capacité	11.3	-	-
8.2.4	Stabilité de la capacité	11.4	68-2-14	-
8.2.5	Tension de tenue du diélectrique	11.5	-	-
8.2.6	Tension de tenue de la gaine	11.6	-	-
8.2.7	Décharge partielle du diélectrique	11.7	-	-
8.2.8	Impédance caractéristique moyenne	11.8	-	-
8.2.9	Vitesse de propagation relative (rapport de vitesse)	11.9	-	-
8.2.10	Longueur électrique et temps de propagation de phase	11.10	-	-
8.2.11	Stabilité de la constante de phase	11.11	-	-
8.2.12	Affaiblissement de réflexion	11.12	-	-
8.2.13	Exposant d'affaiblissement	11.13	-	-
8.2.14	Stabilité d'affaiblissement	11.14	-	-
8.2.15	Distorsion de transmission	11.15	-	-
8.2.16	Perte de réflexion par impulsion	11.16	-	-
8.2.17	Perte de réflexion par fonction à échelons	11.17	-	-
8.2.18	Détermination de la perte de réflexion par impulsion/fonction à échelons	11.18	-	-
8.2.19	Puissance nominale	11.19	-	-
8.3	<i>Efficacité d'écran</i>			
8.3.1	Impédance de transfert de surface: méthode d'injection linéaire	12.1	-	-
8.3.2	Impédance de transfert de surface: méthode triaxiale	12.2	-	-
8.3.3	Admittance de couplage capacitif	12.3	-	-
8.3.4	Affaiblissement d'écran: méthode de la pince absorbante	12.4	-	-
8.3.5	Bruit induit mécaniquement	12.5	-	-

	Characteristic	This part of IEC 1196	Other standards	
		Subclause	IEC No.	Clause or subclause
8.2	<i>Electrical characteristics</i>			
8.2.1	Conductor resistance	11.1	468	6
8.2.2	Insulation resistance	11.2	-	-
8.2.3	Capacitance	11.3	-	-
8.2.4	Capacitance stability	11.4	68-2-14	-
8.2.5	Withstand voltage of dielectric	11.5	-	-
8.2.6	Withstand voltage of sheath	11.6	-	-
8.2.7	Partial discharge of dielectric	11.7	-	-
8.2.8	Mean characteristic impedance	11.8	-	-
8.2.9	Relative propagation velocity (velocity ratio)	11.9	-	-
8.2.10	Electric length and phase delay	11.10	-	-
8.2.11	Stability of phase constant	11.11	-	-
8.2.12	Return loss (uniformity of impedance)	11.12	-	-
8.2.13	Attenuation constant	11.13	-	-
8.2.14	Attenuation stability	11.14	-	-
8.2.15	Transmission distortion	11.15	-	-
8.2.16	Pulse return loss	11.16	-	-
8.2.17	Step function return loss	11.17	-	-
8.2.18	Pulse/step return loss by FFT	11.18	-	-
8.2.19	Power rating	11.19	-	-
8.3	<i>Screening effectiveness</i>			
8.3.1	Surface transfer impedance: line injection method (frequency domain)	12.1	-	-
8.3.2	Surface transfer impedance: triaxial method	12.2	-	-
8.3.3	Capacitance coupling admittance	12.3	-	-
8.3.4	Screening attenuation: absorbing clamp method	12.4	-	-
8.3.5	Mechanically induced noise	12.5	-	-

9 Matériaux et construction des câbles: essais

9.1 Ovalité

9.1.1 Principe

L'ovalité du câble est déterminée à partir de la mesure de deux diamètres perpendiculaires de la section droite d'un échantillon de câble.

9.1.2 Equipement d'essai

Il convient d'utiliser un microscope de mesure permettant une résolution de 0,01 mm et une estimation à trois décimales lors de la mesure d'une épaisseur inférieure à 0,5 mm.

On peut également utiliser un projecteur de profil avec un agrandissement d'au moins 10, mais en cas de doute, il convient d'appliquer la procédure de mesure au microscope.

9.1.3 Préparation des éprouvettes

Trois échantillons doivent être découpés à au moins 100 mm d'une extrémité de câble. Les extrémités de chaque spécimen doivent être coupées suivant une section droite et soigneusement ébavurées.

9.1.4 Procédure

Pour chaque section, effectuer deux mesures du diamètre extérieur du câble, suivant deux diamètres perpendiculaires l'un par rapport à l'autre.

Dans chaque cas, choisir la position pour laquelle les deux diamètres, tout en restant perpendiculaires l'un par rapport à l'autre, donnent la différence maximale entre eux.

9.1.5 Expression des résultats

L'ovalité doit être calculée en utilisant la formule suivante:

$$\text{ovalisation (\%)} = 2 (D_1 - D_2) / (D_1 + D_2) \times 100 \quad (1)$$

où

D_1 est la plus grande valeur mesurée du diamètre, en mm;

D_2 est la plus petite valeur mesurée du diamètre, en mm.

L'ovalité est définie comme la moyenne de trois résultats.

9.1.6 Prescriptions

L'ovalité doit être conforme à celle indiquée dans la spécification particulière du câble.

9.2 Excentricité du diélectrique

9.2.1 Principe

L'excentricité du diélectrique est déterminée à partir de la mesure de l'épaisseur de l'isolation sur la section droite d'un échantillon de câble.

9 Material and cable construction: tests

9.1 Ovality

9.1.1 Principle

The ovality of the cable is determined from the measurement of two orthogonal diameters of the cross-section of a cable sample.

9.1.2 Test equipment

A measuring microscope allowing a resolution of 0,01 mm and an estimated reading to three decimal places when measuring to a thickness less than 0,5 mm shall be used.

Otherwise a measuring projector with a magnification power of at least 10 may be used, but in case of doubt the microscope measuring procedure shall be applied.

9.1.3 Preparation of test specimen

Three samples shall be cut at least 100 mm apart from the finished cable. The ends of each test specimen shall be cut squarely and carefully deburred.

9.1.4 Procedure

For each cross-section make two measurements of the overall diameter of the cable such that the diameters are perpendicular to each other.

In each case select the position where the two diameters, while remaining perpendicular to each other, give the maximum difference between them.

9.1.5 Expression of results

The ovality shall be calculated using the following formula:

$$\text{ovality (\%)} = 2 (D_1 - D_2) / (D_1 + D_2) \times 100 \quad (1)$$

where

D_1 is the larger measured value of diameter, in mm;

D_2 is the smaller measured value of diameter, in mm.

The ovality is defined as the mean ovality of the three test specimens.

9.1.6 Requirement

The ovality shall comply with that indicated in the relevant cable specification.

9.2 Eccentricity of dielectric

9.2.1 Principle

The eccentricity of the dielectric is determined from the measurement of thickness of insulation on the cross-section of a cable sample.

9.2.2 *Équipement d'essai*

On doit utiliser un microscope de mesure permettant une résolution de 0,01 mm et une estimation à trois décimales lors de la mesure d'une épaisseur inférieure à 0,5 mm.

On peut également utiliser un projecteur de profil avec un agrandissement d'au moins 10 mais, en cas de doute, on doit appliquer la procédure de mesure au microscope.

9.2.3 *Préparation des éprouvettes*

Trois échantillons doivent être découpés à au moins 100 mm d'une extrémité de câble. Les éléments extérieurs du câble doivent être retirés. Les extrémités des éprouvettes doivent être coupées suivant une section droite et soigneusement ébavurées.

9.2.4 *Procédure*

Les deux épaisseurs radiales du diélectrique le long d'un diamètre passant par le centre du conducteur doivent être notées de manière à déterminer la position de l'épaisseur radiale minimale. Les épaisseurs radiales minimale et maximale du diélectrique doivent être mesurées ainsi que le diamètre sur diélectrique en cette position.

9.2.5 *Expression des résultats*

L'excentricité d'un échantillon doit être calculée en utilisant la formule suivante:

$$\text{excentricité (\%)} = (T_{\max} - T_{\min}) / D \times 100 \quad (2)$$

où

T_{\max} est l'épaisseur radiale maximale du diélectrique, en mm;

T_{\min} est l'épaisseur radiale minimale du diélectrique, en mm;

D est le diamètre du diélectrique, en mm.

L'excentricité est définie comme la moyenne des trois résultats.

9.2.6 *Prescriptions*

L'excentricité doit être conforme à celle indiquée dans la spécification particulière du câble concerné.

9.3 *Revêtement d'argent*

9.3.1 *Principe*

L'essai est destiné à dépister les trous de très petite dimension du revêtement d'argent par immersion du conducteur ainsi revêtu dans des solutions chimiques.

9.3.2 *Procédure*

L'essai doit être conduit selon les modalités de la CEI 673, annexe A.

9.2.2 Test equipment

A measuring microscope allowing a resolution of 0,01 mm and an estimated reading to three decimal places when measuring to a thickness less than 0,5 mm shall be used.

Otherwise a measuring projector with a magnification power of at least 10 may be used, but in case of doubt the microscope measuring procedure shall be applied.

9.2.3 Preparation of test specimen

Three samples shall be cut at least 100 mm apart from the finished cable. The outer components of the cable shall be removed down to the dielectric core. The ends of the specimen shall be cut squarely and carefully deburred.

9.2.4 Procedure

The two radial thicknesses of the dielectric along a diameter passing through the centre of the conductor shall be noted in order to determine the position of minimum radial thickness. The minimum and maximum radial thickness of the dielectric shall be measured and also the diameter over the dielectric at this point.

9.2.5 Expression of results

The eccentricity of a sample shall be calculated using the following formula:

$$\text{eccentricity (\%)} = (T_{\max} - T_{\min}) / D \times 100 \quad (2)$$

where

T_{\max} is the maximum radial thickness of dielectric, in mm;

T_{\min} is the minimum radial thickness of dielectric, in mm;

D is the diameter over the dielectric, in mm.

The eccentricity is defined as the mean eccentricity of the three samples.

9.2.6 Requirement

The eccentricity shall comply with that indicated in the relevant cable specification.

9.3 Silver coating finish

9.3.1 Principle

The test is designed to highlight pinholes in the silver coating by immersing the coated conductor in chemical solutions.

9.3.2 Procedure

The test shall be carried out in accordance with appendix A of IEC 673.

9.3.3 Prescriptions

La couche d'argent sera jugée exempte de trous si à l'issue de l'essai, aucune tache noire n'est visible. Les taches noires situées à moins de 10 mm de l'extrémité du conducteur ne doivent pas être prises en compte.

Un défaut apparaissant sur l'une des éprouvettes doit entraîner le contrôle de trois autres éprouvettes sur lesquelles aucun défaut ne sera autorisé.

9.4 Résistance à la traction et allongement des métaux après la rupture

9.4.1 Principe

L'essai permet de déterminer la charge maximale et l'allongement plastique du conducteur massif.

9.4.2 Procédure

Un échantillon doit être essayé selon la méthode donnée dans l'ISO 6892 avec une vitesse de séparation des mâchoires de 100 mm/min \pm 20 mm/min.

9.4.3 Prescriptions

La résistance à la traction et l'allongement doivent être conformes aux valeurs indiquées dans la spécification particulière.

9.5 Résistance à la traction et allongement des métaux à la rupture

9.5.1 Principe

L'essai détermine le pourcentage d'allongement au moment de la rupture d'un conducteur avec un faible allongement d'environ 1 %.

9.5.2 Equipement d'essai

On doit utiliser un extensiomètre ou tout autre appareil convenable pour la mesure de l'allongement sur une longueur de 250 mm. L'équipement doit avoir une résolution de 0,25 mm au moins.

9.5.3 Procédure

Une éprouvette doit être placée dans les mâchoires de la machine d'essai et chargée à 10 % de la charge de rupture minimale spécifiée. Un extensiomètre ou tout autre dispositif adapté doit être fixé à l'éprouvette d'essai pour mesurer l'extension sur 250 mm.

L'allongement doit être observé tout en appliquant une charge de traction au spécimen et la lecture au moment où survient la rupture doit être enregistrée comme l'allongement du spécimen.

La vitesse de séparation des mâchoires ne doit pas excéder 100 mm/min.

9.3.3 Requirement

The silver coating shall be deemed free from pinholes if on completion of the test no black spots are visible. Black spots within approximately 10 mm from the end of the conductor shall not be considered.

Failure of one test specimen shall require the testing of three additional test specimens with no failure permitted.

9.4 Tensile strength and elongation after break for metals

9.4.1 Principle

The test determines the maximum load and the plastic extension of the solid conductor.

9.4.2 Procedure

A test specimen shall be tested in accordance with the method specified in ISO 6892 and with the rate of separation of the jaws of $100 \text{ mm/min} \pm 20 \text{ mm/min}$.

9.4.3 Requirement

The tensile strength and elongation after break shall comply with that indicated in the relevant cable specification.

9.5 Tensile strength and elongation at break for metals

9.5.1 Principle

The test determines the percentage elongation at the time of break of a solid conductor with low elongation of about 1 %.

9.5.2 Test equipment

An extensometer or other device suitable for measuring elongation over a gauge length of 250 mm shall be used. The equipment shall have a vernier resolution not worse than 0,25 mm.

9.5.3 Procedure

A test specimen shall be fitted in the jaws of the testing machine and loaded to 10 % of the minimum specified breaking load. An extensometer or other suitable device shall be attached to the test specimen to measure the extension over 250 mm.

The elongation shall be observed while applying a tensile load to the specimen and the reading at which fracture occurs shall be recorded as the elongation of the specimen.

The rate of separation of the jaws shall not exceed 100 mm/min.

9.5.4 *Expression des résultats*

L'allongement à la rupture du conducteur en traction doit être exprimé en pourcentage de la longueur d'échantillon d'origine.

Les essais au cours desquels la rupture survient à moins de 25 mm des mâchoires ou des pinces de l'extensiomètre ne doivent pas être prises en compte.

9.5.5 *Prescriptions*

La résistance à la traction et les valeurs d'allongement doivent être conformes aux limites fixées en 5.5.

9.6 *Essai de torsion pour les métaux plaqués cuivre*

9.6.1 *Principe*

L'essai consiste à examiner la surface du conducteur après destruction due à la torsion pour révéler l'existence de défauts.

9.6.2 *Procédure*

Une longueur de fil doit être pincée entre deux mâchoires avec une légère traction, les mâchoires étant séparées par une distance égale à 100 fois le diamètre nominal de l'éprouvette en essai. Une mâchoire en fixe et l'autre tourne de façon à appliquer une torsion à la vitesse de 15 t/min. Tous les tours doivent être effectués dans le même sens, jusqu'à destruction.

La cassure doit être examinée avec une vision normale ou corrigée sans agrandissement.

9.6.3 *Prescriptions*

Le fil doit supporter sans rupture au moins 20 tours.

La surface ne doit présenter aucune fissure, aucun trou ou aucune paillette dont l'importance serait de nature des défauts. Il ne doit y avoir aucune séparation du cuivre du métal d'origine.

10 *Caractéristiques mécaniques et thermiques*

10.1 *Adhérence du diélectrique et de la gaine*

10.1.1 *Principe*

L'essai détermine, à l'aide d'une machine de traction, l'adhérence du diélectrique sur le conducteur intérieur et sur le conducteur extérieur et l'adhérence de la gaine sur le conducteur extérieur.

10.1.2 *Préparation des éprouvettes*

Deux éprouvettes doivent être découpées à au moins 300 mm d'une extrémité de câble. Sauf spécification contraire dans la spécification particulière, chaque éprouvette doit être préparée comme présenté en figure 1a, 1b ou 1c selon le cas concerné.

9.5.4 *Expression of results*

The elongation in tension due to breaking the conductor shall be expressed as a percentage of the original sample length.

Tests in which the fracture occurs within 25 mm of the jaws or extensometer clamps shall be disregarded.

9.5.5 *Requirement*

The tensile strength and elongation values shall meet the limits stated in 5.5.

9.6 *Torsion test for copper-clad metals*

9.6.1 *Principle*

The test examines the surface of the conductor after it has been twisted to destruction to indicate the presence of inherent defects.

9.6.2 *Procedure*

A length of wire shall be clamped between two jaws with light tension, the jaws being separated by a distance equivalent to 100 times the nominal diameter of the test specimen. One jaw is fixed and the other is rotated to apply twists at the rate of 15/min. All twists shall be made in the same direction. The test specimen shall be twisted to destruction.

The end of the conductor at the break shall be examined with normal or corrected vision without magnification.

9.6.3 *Requirements*

The wire shall withstand, without fracture, not less than 20 twists.

The surface shall not reveal any seams, pits or slivers of sufficient magnitude to indicate inherent defects. There shall be no separation of copper from the parent metal.

10 **Mechanical and thermal characteristics**

10.1 *Adhesion of dielectric and sheath*

10.1.1 *Principle*

The test determines, with the use of a tensile machine, the amount of adhesion of the dielectric to the centre and outer conductor and the adhesion of the sheath to the outer conductor.

10.1.2 *Preparation of test specimen*

Two test specimens shall be cut at least 300 mm apart from the finished cable. Unless otherwise required in the relevant cable specification, each test specimen shall be prepared as shown in either figure 1a, 1b or 1c.

Le dénudage doit être fait soigneusement.

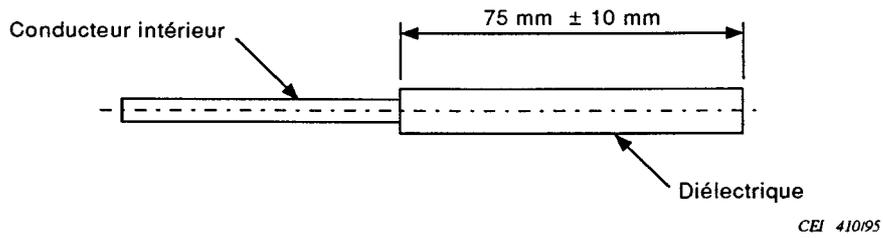


Figure 1a – Dénudage de câbles souples

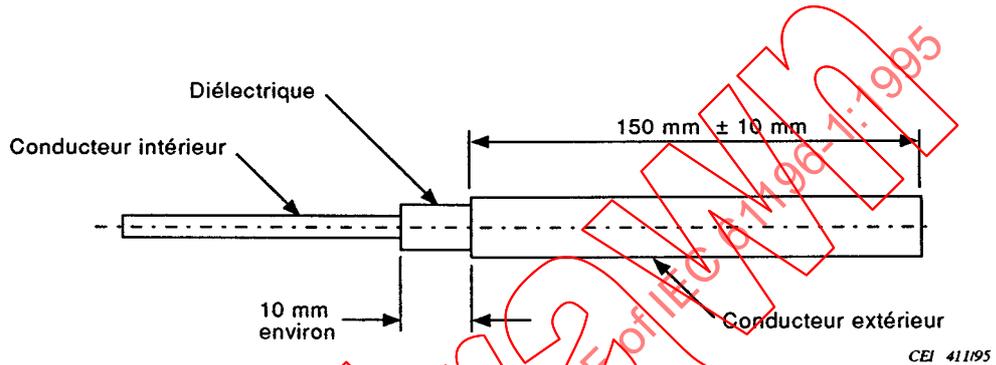


Figure 1b – Dénudage de câbles semi-rigides

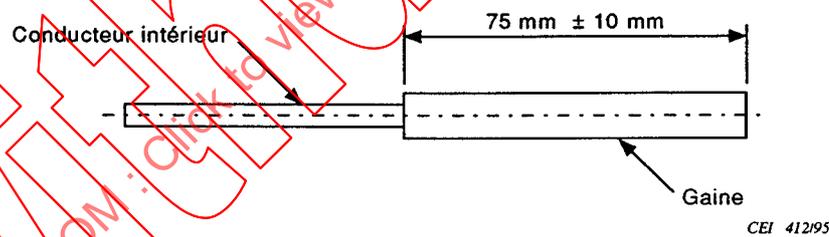


Figure 1c – Dénudage de la gaine

10.1.3 Procédure

L'éprouvette doit être installée dans la machine de traction et l'appareil d'essai comme indiqué en figure 2a, 2b, ou 2c, selon le cas concerné.

Le diamètre du trou dans la plaque d'essai doit excéder de:

$$0,10 \text{ mm} \pm 0,03 \text{ mm}$$

celui du conducteur central du diélectrique, ou du conducteur extérieur.

Le conducteur central, le diélectrique ou le conducteur extérieur, passant par le trou de la plaque d'essai, doit être tiré avec une force régulièrement croissante à une vitesse n'excédant pas 10 mm/min. Les secousses et les tractions brusques doivent être évitées.

Stripping shall be done carefully.

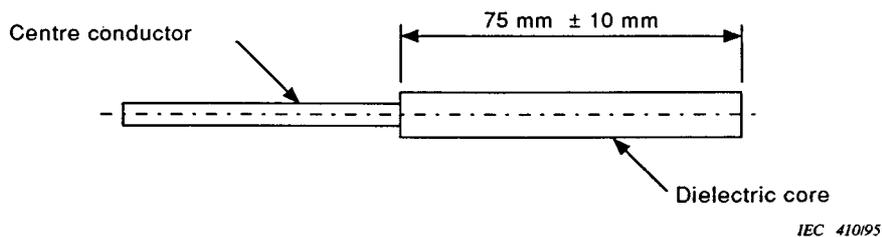


Figure 1a - Stripping for flexible cables

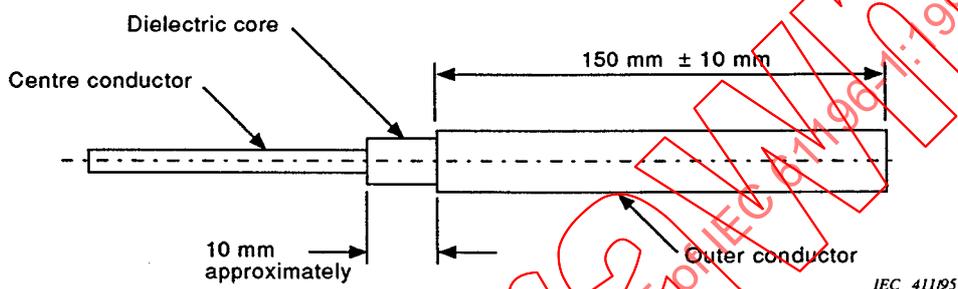


Figure 1b - Stripping dimensions for semi-rigid cables

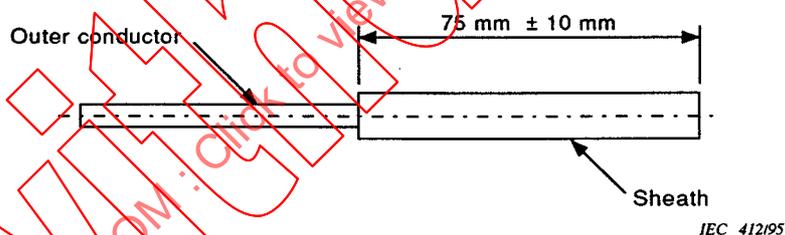


Figure 1c - Stripping of the sheath

10.1.3 Procedure

The test specimen shall be loaded into the tensile machine and the test fixture as shown in either figure 2a, 2b or 2c.

The diameter of the hole in the test plate shall be larger than the diameter of the centre conductor, the diameter over the dielectric or the outer conductor by:

$$0,10 \text{ mm} \pm 0,03 \text{ mm.}$$

The centre conductor, dielectric core, or outer conductor extending through the test plate hole shall be pulled with a steadily increasing force at a rate not exceeding 10 mm/min. Sudden pulls and jerking shall be avoided.

La manipulation physique de l'éprouvette doit être réduite au minimum afin de préserver celle-ci de toute détérioration.

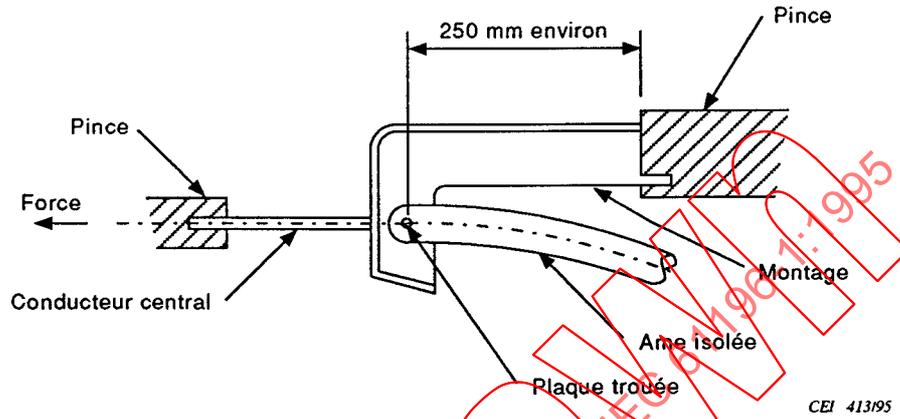


Figure 2a – Appareil d'essai pour câbles souples

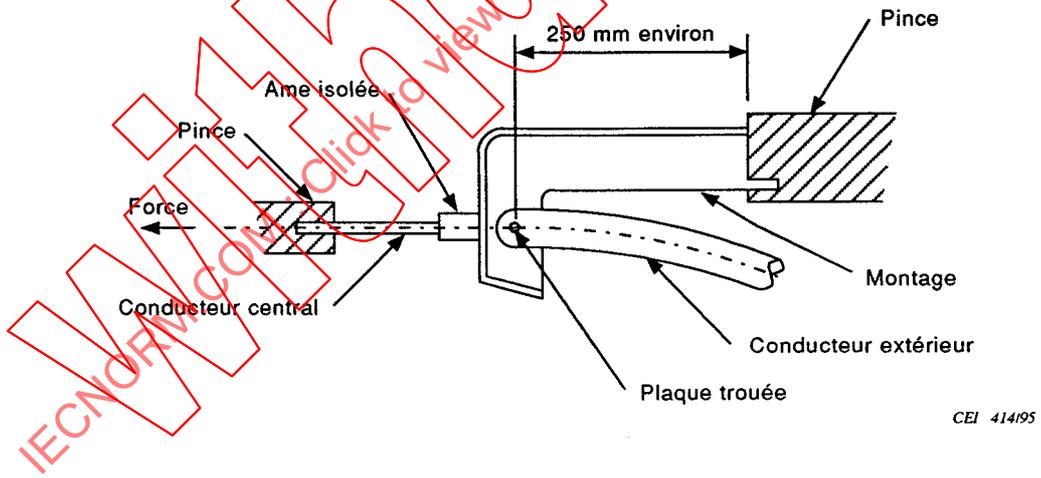


Figure 2b – Appareil d'essai pour câbles semi-rigides

The physical handling of the test specimen shall be kept to a minimum to avoid deterioration of the test specimen.

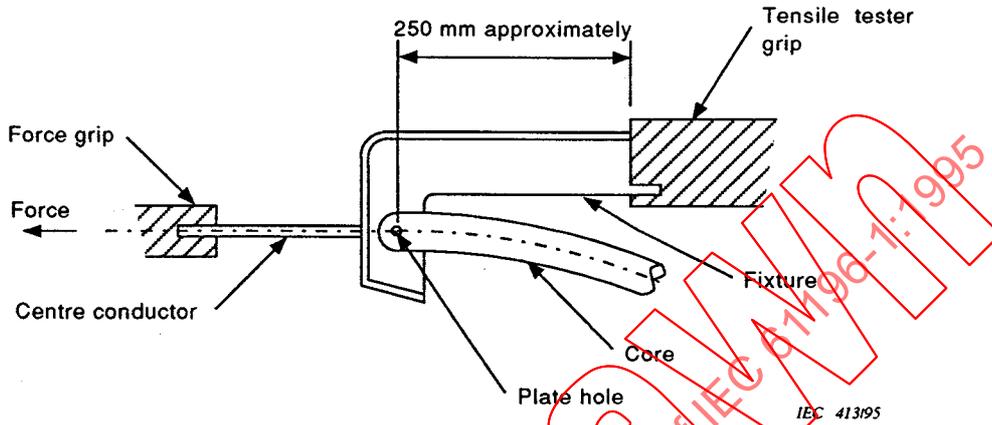


Figure 2a – Test fixture for use with flexible cables

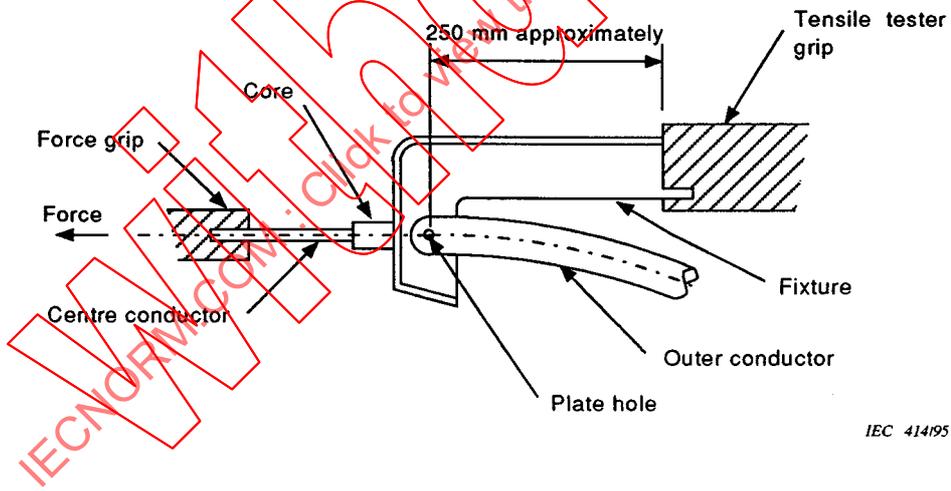


Figure 2b – Test fixture for use with semi-rigid cables

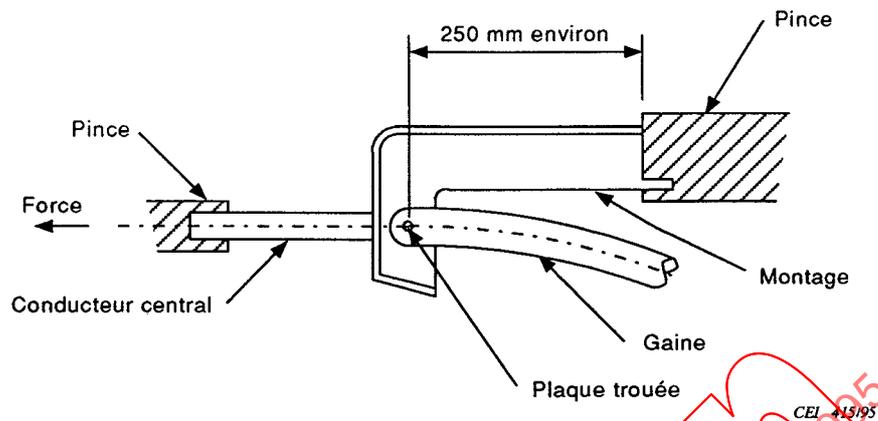


Figure 2c – Appareil d'essai pour conducteur extérieur et gaine

10.1.4 Expression des résultats

L'adhérence du diélectrique doit être définie comme la lecture la plus élevée obtenue lorsque le lien entre le conducteur et le diélectrique est rompu.

L'adhérence de la gaine doit être définie comme la lecture la plus élevée obtenue lorsque le lien entre le conducteur extérieur et la gaine est rompu.

10.1.5 Prescription

La valeur de l'adhérence du diélectrique et/ou de la gaine des deux échantillons doit être conforme à celle indiquée dans la spécification particulière du câble.

10.2 Pliage

10.2.1 Principe

Cet essai détermine l'aptitude du câble à être conforme aux prescriptions de manipulation et d'installation, en soumettant une longueur de câble à un essai de pliages alternés. La longueur de câble est également soumise à un pliage sur mandrin afin de déterminer l'aptitude du câble à être conditionné.

10.2.2 Préparation de l'éprouvette

Sélectionner une portion de câble d'environ 10 m à l'extrémité libre d'une longueur de câble terminé sans la couper.

10.2.3 Procédure

Le câble doit être plié, à la position choisie, de 180° sur un mandrin dont le diamètre est donné dans la spécification particulière. Le câble doit être redressé et puis plié sur le même mandrin mais de 180° en sens opposé au premier pliage.

Répéter les pliages pendant trois cycles complets en s'assurant que la même portion de câble est pliée à chaque fois.

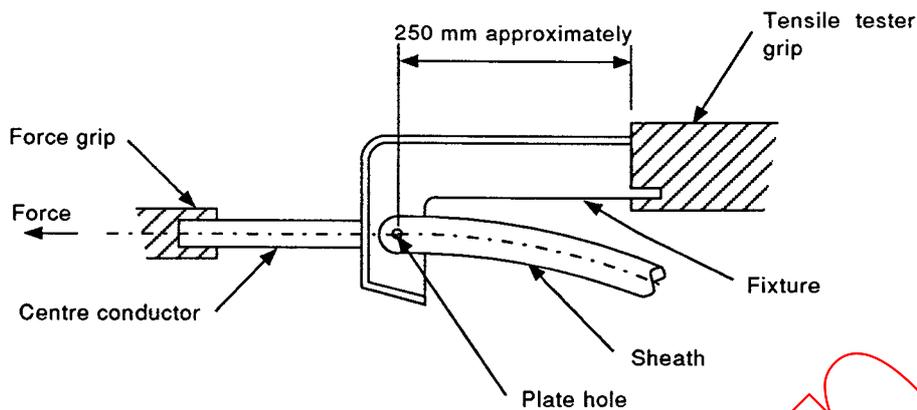


Figure 2c – Test fixture for use with outer conductor and sheath

10.1.4 Expression of results

Dielectric adhesion shall be defined as the highest tensile reading obtained when breaking the bond between the dielectric and the conductor.

Sheath adhesion shall be defined as the highest tensile reading obtained when breaking the bond between the outer conductor and the sheath.

10.1.5 Requirement

The value of the adhesion of the dielectric and/or sheath of both samples shall comply with that indicated in the relevant cable specification.

10.2 Bending

10.2.1 Principle

The test determines the suitability of a cable to meet the handling and installation requirements by subjecting a length of finished cable to a reverse bend test. The length of cable is also subjected to bending on a mandrel to determine its suitability to be packaged.

10.2.2 Preparation of test specimen

Select a portion of cable about 10 m from the running end of a length of finished cable without cutting it.

10.2.3 Procedure

The cable shall be bent at the selected position 180° around a mandrel of diameter given in the relevant cable specification. The cable shall be straightened and then bent 180° around the same mandrel but in the opposite direction to the first bend.

Repeat the bends for three such complete cycles ensuring that the same portion of the cable is bent on each occasion.

En utilisant la même extrémité de câble, enrouler celui-ci sur six tours autour du même mandrin en s'assurant qu'une traction suffisante est appliquée de manière à maintenir les spires du câble en contact avec le mandrin, les six spires devant être contenues dans la portion préalablement pliée.

L'éprouvette qui a été soumise aux deux essais doit être dénudée et examinée avec une vision normale ou corrigée, sans agrandissement.

10.2.4 *Prescription*

Le câble ne doit présenter aucune altération mécanique visible. Le câble doit satisfaire aux prescriptions électriques indiqués en 11.5 et 11.16 ou 11.17 de la présente partie.

10.3 *Tenue au pliage à froid*

10.3.1 *Principe*

L'essai détermine la résistance du câble au pliage à basses températures.

10.3.2 *Préparation de l'éprouvette*

L'échantillon doit avoir une longueur d'au moins 150 fois le diamètre extérieur du câble là où il est inférieur à 12,5 mm, et 120 fois le diamètre extérieur du câble là où il est de 12,5 mm et plus. L'échantillon doit être enroulé avec un diamètre égal ou supérieur à 30 fois le diamètre extérieur du câble.

10.3.3 *Procédure*

L'éprouvette doit être refroidie conformément à l'essai A de la CEI 68-2-1 pendant au moins 20 h à la température indiquée dans la spécification particulière du câble.

A la fin de cette période et alors que l'éprouvette est encore à l'intérieur de la chambre froide, l'éprouvette doit être enroulée immédiatement autour d'un mandrin dont le diamètre est indiqué dans la spécification particulière du câble, à une vitesse d'environ un tour par 4 s.

Pour les câbles de diamètre nominal inférieur à 12,5 mm, il doit y avoir trois tours en contact autour du mandrin et pour les câbles de diamètre égal ou supérieur à 12,5 mm, il doit y avoir deux tours en contact.

L'éprouvette doit être dénudée et examinée avec une vision normale ou corrigée, sans agrandissement.

10.3.4 *Prescription*

Il ne doit y avoir aucun signe de dommage physique des conducteurs, du diélectrique, de la gaine ou éventuellement de la gaine intermédiaire.

10.4 *Résistance du câble à la traction (traction longitudinale)*

A l'étude.

Using the same end of the cable wind six turns around the same mandrel ensuring that sufficient tension is applied such that the turns remain in contact with the mandrel and that the portion previously bent is within the six turns.

The sample which has been subjected to both tests shall be stripped down and examined using normal vision or corrected vision without magnification.

10.2.4 *Requirement*

There shall be no cracks or breaks in the metallic elements of the cable. The cable shall meet the electrical requirements given in 11.5, 11.16 or 11.17 of this part.

10.3 *Cold bend performance*

10.3.1 *Principle*

The test determines the resistance of a cable to bending at low temperatures.

10.3.2 *Preparation of test specimen*

A sample shall be cut from the finished cable and shall have a length of at least 150 times the overall diameter of the cable if it is less than 12,5 mm and 120 times the overall diameter of the cable if it is 12,5 mm or greater. The sample shall be coiled to a diameter not less than thirty times the overall diameter of the cable.

10.3.3 *Procedure*

The test specimen shall be cooled in accordance with test A of IEC 68-2-1 for a period not less than 20 h at a temperature as indicated in the relevant cable specification.

At the end of this period and while still within the cold chamber, the test specimen shall be wrapped continuously around a mandrel with a diameter as indicated in the relevant cable specification and at a velocity of approximately one turn per 4 s.

For cables having a nominal diameter less than 12,5 mm there shall be three touching turns around the mandrel and for cables with diameters of 12,5 mm or greater, there shall be two touching turns.

The test specimen shall be stripped down and examined with normal vision or corrected vision without magnification.

10.3.4 *Requirement*

There shall be no signs of physical damage to the conductors, the dielectric, the sheath or the intermediate sheath if applicable.

10.4 *Tensile strength of cable (longitudinal pull)*

Under consideration.

10.5 Résistance à l'écrasement

10.5.1 Principe

L'essai détermine l'aptitude du câble à supporter l'écrasement.

10.5.2 Procédure

L'éprouvette doit être montée sur la plaque de base de l'appareil de façon à empêcher tout mouvement latéral. L'éprouvette est comprimée par une plaque métallique mobile parallèle à la plaque de base ou par un mandrin métallique cylindrique également parallèle à la plaque de base. L'équipement d'essai est décrit à la figure 3. La charge doit être appliquée progressivement sans changement brusque. S'il est utilisé une charge croissant par paliers, les paliers ne doivent pas dépasser un rapport de 1,5:1.

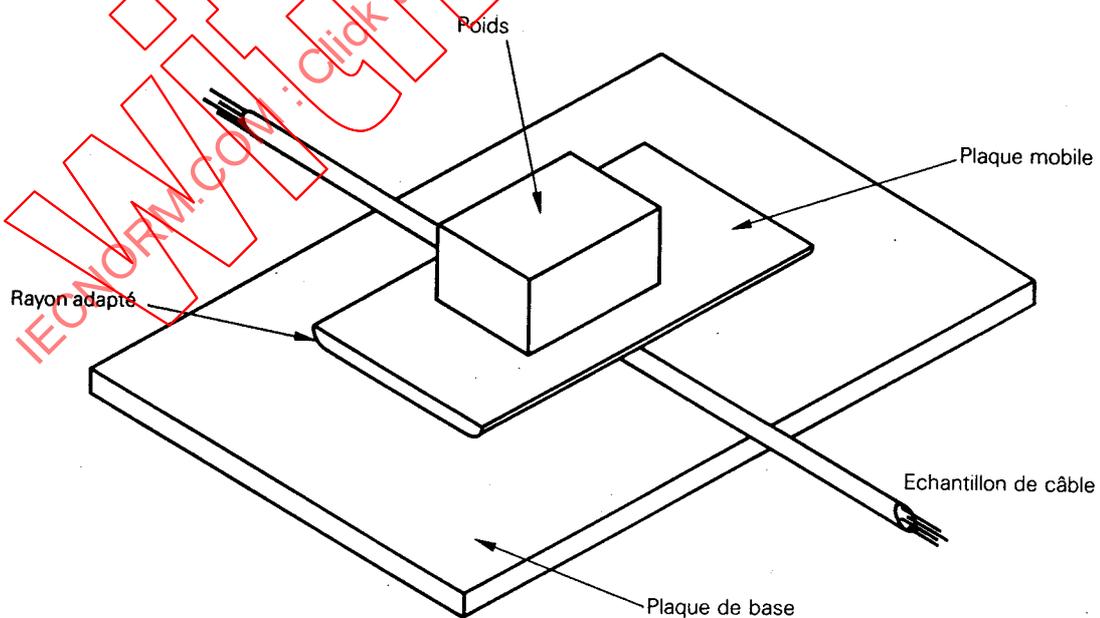
La plaque mobile doit appliquer la force d'écrasement uniformément sur une longueur d'éprouvette de 100 mm.

La charge totale, le temps d'application de celle-ci, le rayon de l'arrondi des bords de la plaque mobile, ou le rayon R du mandrin, doivent être tels qu'indiqués dans la spécification particulière du câble.

Durant l'essai et après le retrait de la charge, l'amplitude de l'irrégularité d'impédance introduit par l'essai doit être mesurée par une méthode impulsionnelle ou RDT, conformément à 11.16 et 11.17 et comme indiqué dans la spécification particulière du câble.

10.5.3 Prescription

L'amplitude des irrégularités d'impédance introduites par l'essai ne doit pas excéder les valeurs fixées dans la spécification particulière du câble.



187/87

Figure 3 – Appareil pour l'essai d'écrasement

10.5 Crush resistance

10.5.1 Principle

The test determines the ability of the finished cable to withstand crushing.

10.5.2 Procedure

The test specimen shall be mounted on the base plate of the test apparatus so that lateral movement is prevented. The test specimen is compressed by a flat steel movable plate which is parallel to the base plate or steel cylindrical mandrel which is also parallel to the base plate. Both test equipments are shown in figure 3. The load shall be applied gradually without any abrupt change. If incremental loading is used, the steps shall not exceed a ratio of 1,5:1.

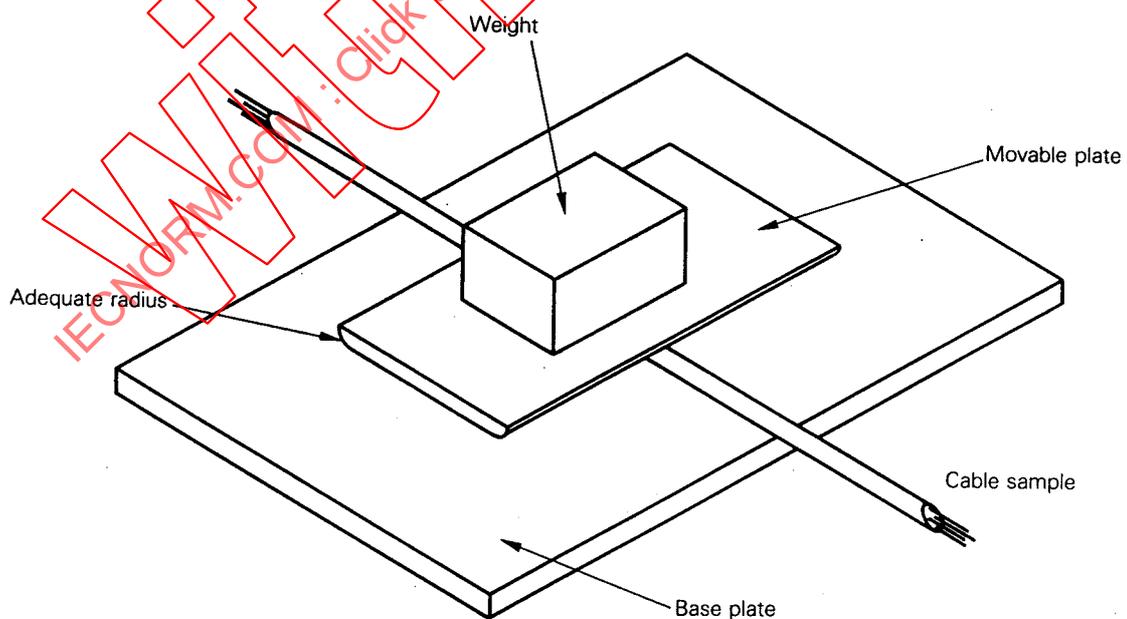
The movable plate shall apply the crushing force uniformly over a 100 mm length of test specimen.

The total load, the duration it is applied, and the radius to which the edges of the movable plate are rounded, or the radius R of the mandrel, shall be as indicated in the relevant cable specification.

During the test and after the load has been removed, the magnitude of the impedance irregularity introduced by the test shall be measured by a pulse or TDR method in accordance with 11.16 or 11.17 of this standard and as stated in the relevant cable specification.

10.5.3 Requirement

The magnitude of the irregularities introduced shall not exceed that indicated in the relevant cable specification.



187/87

Figure 3 – Apparatus for cable crush test

10.6 *Fluidité à chaud du diélectrique*

10.6.1 *Principe*

L'essai détermine la résistance du diélectrique à la contrainte mécanique induite par l'effort radial, imposé par le conducteur intérieur à haute température.

10.6.2 *Préparation de l'éprouvette*

Un échantillon doit être coupé sur le câble terminé, d'une longueur équivalente à 30 fois le diamètre extérieur du câble.

Comme indiqué dans la spécification particulière du câble, un poids doit être fixé au conducteur intérieur à chaque extrémité de l'éprouvette.

10.6.3 *Procédure*

L'éprouvette doit être courbée symétriquement sur un mandrin horizontal dont le diamètre est approximativement 10 fois le diamètre extérieur du câble, et avec les poids pendant librement. L'éprouvette doit être chauffée selon l'essai B de la CEI 68-2-2 à la température indiquée dans la spécification particulière du câble, pendant au moins 8 h.

A la fin de cette période, les poids doivent être détachés et l'éprouvette doit être mise à refroidir sans courbure pendant 1 h aux conditions atmosphériques normales d'essai.

L'éprouvette doit être dénudée et le déplacement du conducteur intérieur par rapport au centre doit être mesuré.

10.6.4 *Prescription*

Le conducteur intérieur ne doit pas présenter de déplacement par rapport au centre du câble de plus de 15 % du diamètre nominal du diélectrique.

10.7 *Résistance au choc thermique*

10.7.1 *Principe*

L'essai détermine la résistance du diélectrique ou de la gaine à des températures élevées.

10.7.2 *Préparation de l'éprouvette*

Un échantillon doit être prélevé sur le câble terminé et doit avoir une longueur équivalente à au moins 150 fois le diamètre extérieur du câble si ce dernier a un diamètre inférieur à 12,5 mm et à 120 fois le diamètre extérieur du câble si celui-ci est égal ou supérieur à 12,5 mm.

L'éprouvette doit prendre la forme d'une bobine dont le diamètre ne sera pas inférieur à 30 fois la valeur du diamètre extérieur nominal du câble.

10.6 Heat flow resistance of the dielectric

10.6.1 Principle

The test determines the resistance of the dielectric to the mechanical distortion induced by the radial stress imposed by the inner conductor at high temperatures.

10.6.2 Preparation of test specimen

A sample shall be cut from the finished cable which shall have a length at least 30 times the overall diameter of the cable.

A weight, as indicated in the relevant cable specification, shall be attached to the inner conductor at each end of the test specimen.

10.6.3 Procedure

The test specimen shall be bent symmetrically over a horizontal mandrel with a diameter of approximately 10 times the overall diameter of the cable and with the weights hanging freely. The test specimen shall be heated in accordance with test B of IEC 68-2-2 to the temperature indicated in the relevant cable specification for at least 8 h.

At the end of the period the weights shall be removed and the test specimen shall be allowed to cool without further bending for 1 h under standard atmospheric conditions for testing.

The test specimen shall be stripped down and the movement of the inner conductor from the centre of the cable shall be measured.

10.6.4 Requirement

The inner conductor shall not be displaced from the centre by a distance greater than 15 % of the nominal diameter of the dielectric.

10.7 Heat shock resistance

10.7.1 Principle

The test determines the resistance of the dielectric or the sheath to high temperatures.

10.7.2 Preparation of test specimen

A sample shall be cut from the finished cable and shall have a length of at least 150 times the overall diameter of the cable if it is less than 12,5 mm and 120 times the overall diameter if it is 12,5 mm or greater.

The test specimen shall be coiled to a diameter not less than 30 times the nominal overall diameter of the cable.

10.7.3 Procédure

L'éprouvette doit être chauffée pendant 7 jours dans les conditions décrites dans l'essai B de la CEI 68-2-2, à la température indiquée dans la spécification particulière du câble.

A la fin de ce chauffage, l'éprouvette doit être retirée du four et mise à refroidir durant 1 h à température ambiante (20 ± 5 °C). Ensuite l'éprouvette doit être enroulée sur toute sa longueur sur un mandrin, dont le diamètre est 10 fois celui du diamètre extérieur nominal du câble et ensuite déroulée. Le cycle doit être répété 10 fois en 5 min.

L'éprouvette doit être dénudée et examinée avec une vision normale ou corrigée, sans agrandissement.

10.7.4 Prescription

Il ne doit apparaître aucun signe de détérioration mécanique, que ce soit au diélectrique ou à la gaine.

10.8 Tenue à la chaleur (câble semi-rigide seulement)

10.8.1 Principe

L'essai détermine l'aptitude de la structure des câbles semi-rigides à supporter la dilatation du diélectrique à haute température.

10.8.2 Préparation de l'éprouvette

L'éprouvette doit avoir une longueur de 300 mm à 350 mm. Afin d'empêcher toute dégradation de l'isolement pouvant cheminer par l'enveloppe du conducteur extérieure, les extrémités de l'éprouvette doivent être obturées.

10.8.3 Procédure

L'éprouvette doit être placée durant 1 h dans un four et maintenue à la température indiquée dans la spécification particulière du câble. Il est nécessaire de laisser l'éprouvette refroidir à température ambiante. On doit examiner l'éprouvette avec une vision normale ou corrigée sans agrandissement.

10.8.4 Prescription

Il ne doit être observé ni craquelures, ni fentes longitudinales sur le conducteur extérieur. De même le diélectrique ne doit pas faire saillie aux extrémités de l'éprouvette.

10.9 Stabilité dimensionnelle

10.9.1 Principe

L'essai détermine le déplacement des éléments du câble les uns par rapport aux autres afin de démontrer l'aptitude d'un câble à être équipé de connecteurs.

10.7.3 Procedure

The test specimen shall be heated for 7 days in accordance with test B of IEC 68-2-2 at a temperature indicated in the relevant cable specification.

At the end of the heating period the test specimen shall be removed from the oven and allowed to cool for 1 h at room temperature (20 ± 5 °C). Then the whole length of the test specimen shall be wrapped around a mandrel with a diameter of 10 times the nominal overall diameter of the cable and then unwrapped. The cycle shall be repeated 10 times in a period of 5 min.

The test specimen shall be stripped down and examined with normal vision or corrected vision without magnification.

10.7.4 Requirement

There shall be no signs of mechanical damage to either the dielectric or to the sheath.

10.8 Heat behaviour (semi-rigid cable only)

10.8.1 Principle

The test determines the ability of the cable construction of semi-rigid cables to withstand the expansion of the dielectric at high temperature.

10.8.2 Preparation of test specimen

The test specimen shall be between 30 mm and 350 mm long. The ends of the test specimen shall be closed by crushing to prevent the insulation from coming out of the tube outer conductor.

10.8.3 Procedure

The test specimen shall be placed for 1 h in an oven maintained at the temperature indicated in the relevant cable specification. The test specimen shall be allowed to cool to room temperature. The test specimen shall be examined with normal vision or corrected vision without magnification.

10.8.4 Requirement

Neither cracks nor longitudinal splits shall be visible in the outer conductor. Nor shall the dielectric core protrude from the ends of the test specimen.

10.9 Dimensional stability

10.9.1 Principle

The test determines the displacement of the cable elements with respect to each other in order to demonstrate the suitability of a cable for use with connectors.

10.9.2 Préparation de l'éprouvette

Trois éprouvettes de 1,5 m de long chacune doivent être prélevées sur le câble terminé. Les extrémités de chaque échantillon doivent être coupées nettement à angle droit par rapport à l'axe longitudinal.

Chaque éprouvette doit être enroulée sur la surface intérieure d'un récipient cylindrique ouvert ayant un diamètre supérieur à 30 fois le diamètre nominal du câble (voir figure 4). Il doit être enroulé de telle façon qu'aucun moyen de fixation ne soit utilisé pour le maintenir en place. Après enroulement, le conducteur central et le diélectrique doivent finir au même endroit aux deux extrémités de l'échantillon.

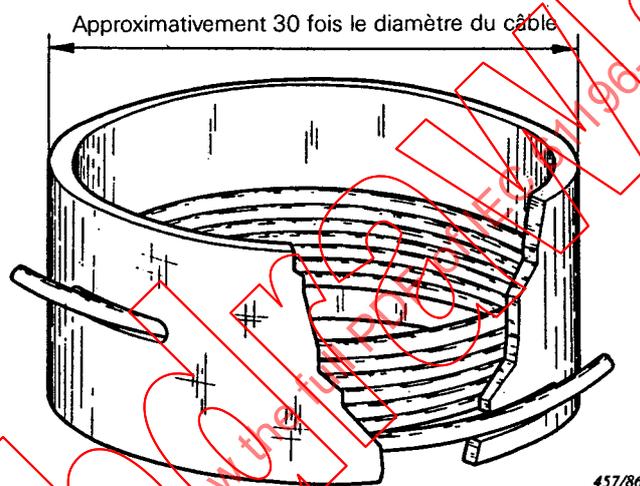


Figure 4 - Récipient cylindrique ouvert

10.9.3 Procédure

Le récipient contenant l'éprouvette doit être chauffé conformément à l'essai B de la CEI 68-2-2 à la température indiquée dans la spécification particulière du câble, pendant au moins 20 h.

Le récipient doit ensuite être mis à refroidir à température ambiante. Sans que l'échantillon soit déroulé, le déplacement des éléments du câble les uns par rapport aux autres doit être mesuré à chaque extrémité.

10.9.4 Expression des résultats

La moyenne des mesures pour les six extrémités caractérise les déplacements des éléments du câble.

10.9.5 Prescription

Le déplacement des éléments de câble doit être conforme aux valeurs fixées dans la spécification particulière du câble.

10.9.2 Preparation of test specimen

Three samples each 1,5 m long shall be cut from the finished cable. The ends of each test specimen shall be cleanly cut at right angles to the longitudinal axis.

Each test specimen shall be coiled around the interior surface of an open cylindrical container having a diameter approximately 30 times the nominal overall diameter of the cable, see figure 4. It shall be wound so that no means of fixation is used to keep it in position. After coiling the centre conductor and the dielectric shall finish in the same place at both ends of the test specimen.

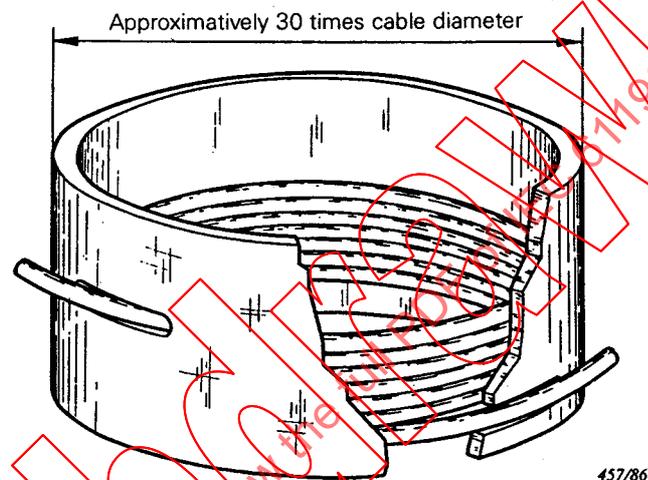


Figure 4 - Open cylindrical container

10.9.3 Procedure

The container loaded with the test specimen shall be heated in accordance with test B of IEC 68-2-2 at a temperature stated in the relevant cable specification for a period of at least 20 h.

The container shall then be allowed to cool to room temperature. Without uncoiling the sample the displacement of the cable elements with respect to each other shall be measured at both ends.

10.9.4 Expression of results

The average of the measurements for the six ends shall be defined as the displacement of the cable elements.

10.9.5 Requirement

The displacement of the cable elements shall comply with that indicated in the relevant cable specification.

10.10 *Résistance à l'abrasion*

10.10.1 *Principe*

L'essai détermine la résistance de la gaine du câble à l'abrasion par frottement de la surface de la gaine.

10.10.2 *Appareil d'essai*

Le montage de l'appareil d'abrasion par racleur doit être conforme à la description détaillée sur la figure 5. Il doit consister en un système destiné à abraser la surface de la gaine selon deux directions parallèles à l'axe longitudinal du câble sur une distance d'au moins 10 mm et à une cadence de 50 à 60 cycles par minute, un cycle étant défini par l'excursion de la lame et son retour à sa position d'origine.

Le montage doit être équipé d'un compteur permettant l'enregistrement du nombre de cycles jusqu'au défaut et doit comporter un système d'arrêt automatique intervenant dès que la lame traverse la gaine et provoque un contact avec le conducteur ou l'écran.

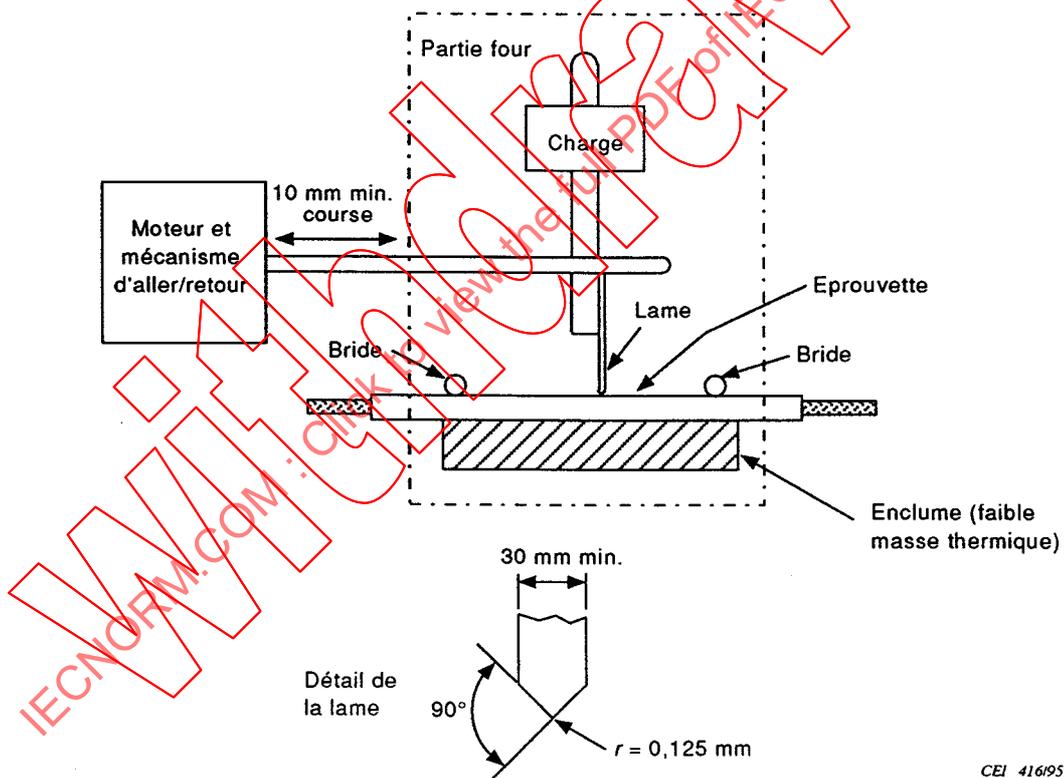


Figure 5 – Montage de l'appareil d'essai d'abrasion

La lame doit être traitée en carbure de tungstène et avoir les dimensions décrites à la figure 5. Le poids appliqué sur cette lame doit être celui indiqué dans la spécification particulière du câble.

10.10 Abrasion resistance

10.10.1 Principle

The test determines the resistance of the cable sheath to scrape abrasion by abrading the surface of the sheath.

10.10.2 Test equipment

The scrape abrasion test rig shall conform to the requirements detailed in figure 5. It shall consist of a device designed to abrade the surface of the sheath in both directions along the longitudinal axis of the cable for a distance of not less than 10 mm at a frequency of 50 to 60 cycles per minute. One cycle is defined as the excursion of the blade and its return to the starting position.

The test rig shall be provided with a counter for recording the number of cycles to failure and it shall be controlled so that when the blade abrades through the sheath and makes contact with the conductor or screen the machine will stop.

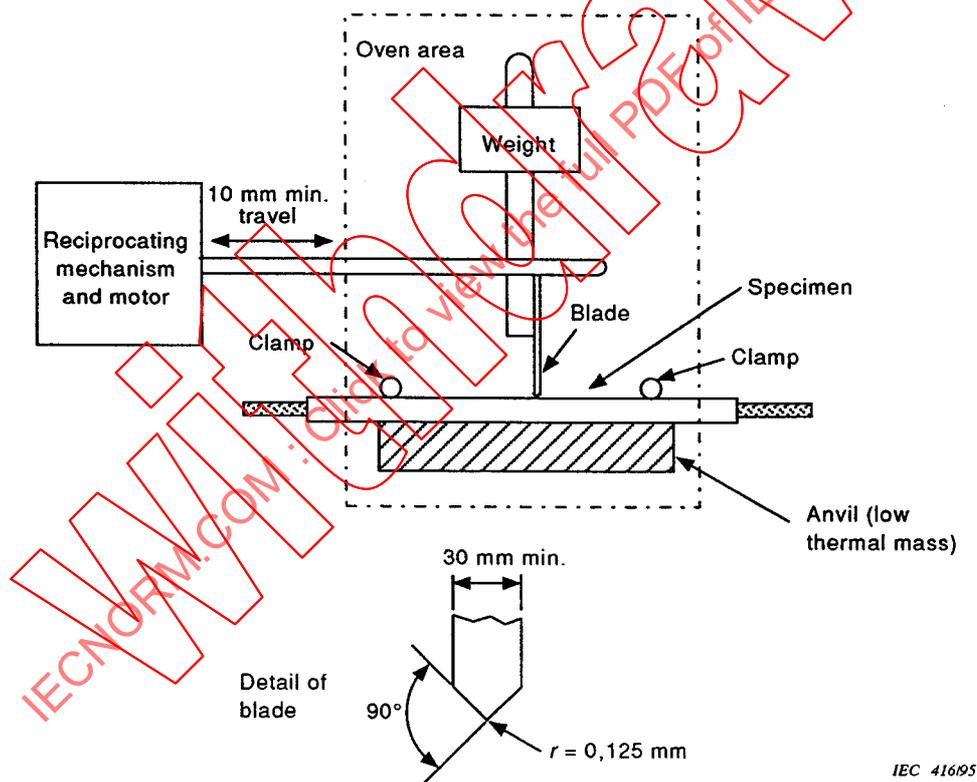


Figure 5 – Scrape abrasion test rig

The blade shall be made of hardened tungsten carbide with dimensions as shown in figure 5. The weight applied to the blade shall be in accordance with that indicated in the relevant cable specification.

10.10.3 *Procédure*

Un échantillon de câble terminé d'environ 750 mm de long doit être solidement fixé sur une lourde plaque de fer (type enclume). L'éprouvette doit être chauffée à la température indiquée sur la spécification particulière du câble après introduction du montage pour essai d'abrasion et de cette éprouvette dans un four équipé des systèmes de suivi et de contrôle de température nécessaires.

Quatre essais doivent être effectués sur chaque éprouvette qui sera avancée de 100 mm et tournée de 90° entre chaque essai.

10.10.4 *Expression des résultats*

La résistance, à l'abrasion est définie comme le nombre de cycles nécessaires à la lame de l'appareil pour traverser la gaine et provoquer l'arrêt de l'appareil.

10.10.5 *Prescription*

Le nombre de cycles complets pour les quatre essais doit être conforme à ceux indiqués dans la spécification particulière du câble.

11 **Caractéristiques électriques**

11.1 *Résistance des conducteurs*

11.1.1 *Principe*

L'essai a pour but de déterminer la résistance en courant continu des conducteurs dans un câble.

11.1.2 *Equipement d'essai*

L'équipement doit être capable de mesurer avec une précision de 0,5 % la valeur à déterminer.

On utilise un montage en pont, ou une source de courant avec un voltmètre. Selon l'importance de la valeur de la résistance, on peut employer une méthode à deux ou à quatre bornes.

NOTE – Une méthode plus précise, en particulier pour les échantillons de câble de courte longueur, est indiquée dans la CEI 468.

11.1.3 *Préparation des éprouvettes*

Les deux extrémités de l'échantillon de câble doivent être dénudées. Les extrémités du conducteur extérieur doivent être préparées pour assurer que le courant puisse circuler dans tous les éléments du conducteur extérieur.

L'échantillon du câble doit être préconditionné à une température constante entre 15 °C et 35 °C pendant une durée suffisante pour lui permettre de se stabiliser en température.

10.10.3 Procedure

A sample of finished cable about 750 mm long shall be firmly clamped to an anvil. The test specimen shall be heated to the temperature indicated in the relevant cable specification by enclosing the test specimen and the abrasion rig in an oven fitted with suitable temperature control and monitoring equipment.

Four tests shall be made on each test specimen with the test specimen being moved forward 100 mm and rotated through 90° in one direction between tests.

10.10.4 Expression of results

The scrape abrasion resistance is defined as the number of complete cycles required for the blade to scrape through the sheath and stop the machine.

10.10.5 Requirement

The number of completed cycles for all four tests shall comply with that indicated in the relevant cable specification.

11 Electrical characteristics

11.1 Conductor resistance

11.1.1 Principle

The test determines the d.c. resistance of the conductors in a cable.

11.1.2 Test equipment

The equipment shall be capable of measuring within a degree of uncertainty of 0,5 % of the value to be measured.

A bridge circuit or a current source in conjunction with a voltmeter is used. Depending on the magnitude of the resistance value, a two or four terminal method may be applied.

NOTE – A more accurate method, particularly for short cable samples, is given in IEC 468.

11.1.3 Preparation of test specimen

Both ends of the test specimen shall be stripped. The ends of the outer conductor shall be prepared to ensure that the current shall flow in all the elements of the outer conductor.

The test specimen shall be pre-conditioned at a constant temperature between 15 °C and 35 °C for such time as to allow the specimen temperature to stabilize.

11.1.4 Procédure

Quand il est utilisé une source de courant et un voltmètre, la différence de potentiel engendrée dans l'éprouvette et le courant doivent être mesurés. Le courant ne doit pas excéder 1 A/mm^2 afin d'éviter tout accroissement perceptible de la température au cours de l'essai. La longueur de l'échantillon de câble doit être mesurée avec une incertitude ne dépassant pas 1 %.

11.1.5 Expression des résultats

La valeur de la résistance mesurée doit être corrigée en fonction de la longueur et exprimée en Ω/km . Cette valeur doit être ramenée à la température standard de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ à l'aide de la relation suivante:

$$R = \frac{\frac{R_m}{l}}{1 + \rho (t - 20)} \quad \text{en } \Omega/\text{km} \quad (3)$$

où

R_m est la résistance mesurée, en Ω ;

l est la longueur de l'éprouvette, en km,

ρ est le coefficient de température, en K^{-1} (ρ cuivre = $3,93 \cdot 10^{-3}/\text{K}$);

t est la température mesurée, en $^\circ\text{C}$.

11.1.6 Prescription

La valeur de la résistance des conducteurs doit être conforme à celle indiquée dans la spécification particulière du câble.

11.2 Résistance d'isolement

11.2.1 Principe

L'essai a pour but de déterminer la résistance d'isolement en courant continu entre les conducteurs d'un câble.

11.2.2 Equipement d'essai

Une alimentation en courant continu, tension maximale 500 V.

Un mégohmmètre avec une plage $\geq 2,10^5 \text{ M}\Omega$.

11.2.3 Préparation de l'éprouvette

L'essai doit être effectué de préférence sur une longueur de 100 m au minimum de câble terminé, après un préconditionnement en température, compris entre $15 \text{ }^\circ\text{C}$ et $35 \text{ }^\circ\text{C}$, et un contrôle de la continuité des conducteurs. Les extrémités des conducteurs doivent être dénudées.

11.1.4 Procedure

When a current source in conjunction with voltmeter is used, the potential difference that is generated across the test specimen and the current shall be measured. The current shall not exceed 1 A/mm^2 in order to avoid any significant increase of temperature during the test. The length of the test specimen shall be measured to a degree of uncertainty not exceeding 1 %.

11.1.5 Expression of results

The measured value of resistance shall be corrected for length and expressed in Ω/km . This value shall be referred to the standard temperature of $20 \text{ }^\circ\text{C}$ using the following formula:

$$R = \frac{\frac{R_m}{l}}{1 + \rho (t - 20)} \quad \text{in } \Omega/\text{km} \quad (3)$$

where

R_m is the measured resistance, in Ω ;

l is the test specimen length, in km;

ρ is the temperature coefficient in K^{-1} (ρ for copper = $3,93 \cdot 10^{-3}/\text{K}$);

t is the measurement temperature, in $^\circ\text{C}$.

11.1.6 Requirement

The value of conductor resistance shall comply with that indicated in the relevant cable specification.

11.2 Insulation resistance

11.2.1 Principle

The purpose of the test is to determine the d.c. insulation resistance between the conductors of a cable.

11.2.2 Test equipment

A d.c. power supply, maximum 500 V.

A megohmmeter with a range $\geq 2,10^5 \text{ M}\Omega$.

11.2.3 Preparation of test specimen

The test shall be carried out on a length of finished cable, preferably of 100 m minimum length, after preconditioning at a temperature between $15 \text{ }^\circ\text{C}$ and $35 \text{ }^\circ\text{C}$ and checking the continuity of the conductors. The conductor ends shall be stripped of insulation.

11.2.4 Procédure

Pour les câbles coaxiaux, la résistance d'isolement doit être mesurée entre les conducteurs intérieurs et extérieurs. Pour les câbles à paires elle doit être mesurée entre les conducteurs d'une paire ainsi qu'entre les conducteurs, connectés entre eux, et l'écran, s'il existe.

Si cela n'est pas indiqué dans la spécification particulière du câble, la tension d'essai doit être comprise entre 80 V et 500 V et le temps minimal de mise sous tension doit être de 1 min.

11.2.5 Expression des résultats

La résistance d'isolement doit être exprimée en $M\Omega/1\ 000\ m$. Quand la longueur diffère de 1 000 m la valeur obtenue doit être corrigée comme suit:

$$R = R_m \times l \quad \text{en } M\Omega/km \quad (4)$$

où

R_m est la résistance d'isolement mesurée, en $M\Omega$;

l est la longueur du câble, en km.

11.2.6 Prescription

La valeur corrigée de la résistance d'isolement doit satisfaire à la valeur indiquée dans la spécification particulière.

11.3 Capacité

11.3.1 Principe

L'essai a pour objet de déterminer la capacité existant entre les conducteurs intérieur et extérieur d'un câble coaxial ou la capacité entre les deux conducteurs intérieurs d'un câble à paires et sous écran et leur déséquilibre de capacité.

11.3.2 Equipement d'essai

Un capacimètre ou un pont de capacité avec une précision supérieure ou égale à un pour mille. La fréquence doit être comprise entre 800 Hz et 1 kHz.

11.3.3 Préparation de l'éprouvette

L'éprouvette doit être comprise entre 1,50 m et 2 000 m. L'éprouvette doit être préconditionnée à température constante comprise entre 15 °C et 35 °C et contrôlée en continuité.

NOTE - Dans le cas de grandes longueurs ou de fréquences plus élevées, la capacité réelle C peut être calculée de la manière suivante:

$$C = C_m \beta l / \operatorname{tg}(\beta_1) \quad \text{avec } \beta_1 = 2 \pi \frac{1 \times f}{3 \times 10^5 \times v_r}$$

où

C_m est la capacité mesurée;

l est la longueur physique, en m;

f est la fréquence d'essai, en kHz;

v_r est le rapport de vitesse.

11.2.4 Procedure

For coaxial cables the insulation resistance shall be measured between inner and outer conductors. For twin cables it shall be measured between the conductors of a pair and also between the conductors connected together and the screen (if present).

If it is not specified in the relevant cable specification the test voltage shall be between 80 V and 500 V and the minimum period of electrification shall be 1 min.

11.2.5 Expression of results

The insulation resistance shall be expressed in MΩ/1 000 m. When the test length differs from 1 000 m, the measured value shall be corrected as follows:

$$R = R_m \times l \quad \text{in M}\Omega/\text{km} \quad (4)$$

where

R_m is the insulation resistance measured, in MΩ;

l is the cable length, in km.

11.2.6 Requirement

The corrected value of insulation resistance shall comply with that indicated in the relevant cable specification.

11.3 Capacitance

11.3.1 Principle

The purpose of the test is to determine the capacitance between the inner and the outer conductors of a coaxial cable or the capacitance between the two inner conductors of a screened twin cable and their capacitance unbalance.

11.3.2 Test equipment

A capacitance meter or capacitance bridge with an accuracy equal or better than one part in a thousand. The frequency shall be between 800 Hz and 1 kHz.

11.3.3 Preparation of test specimen

The test specimen shall be greater than 1,5 m but less than 2 000 m. The test specimen shall be pre-conditioned at a constant temperature between 15 °C and 35 °C and tested for continuity.

NOTE – In the case of large lengths or higher frequencies real capacity C can be calculated as follows:

$$C = C_m \beta l / \tan(\beta_1 l) \quad \text{with } \beta_1 = 2 \pi \frac{1 \times f}{3 \times 10^5 \times v_r}$$

where

C_m is the measured capacity;

l is the physical length, in m;

f is the test frequency, in kHz;

v_r is the velocity ratio.

11.3.4 Procédure

11.3.4.1 Câble coaxial

La capacité doit être mesurée entre le conducteur intérieur et le conducteur extérieur avec le conducteur extérieur connecté à la terre. Afin d'éviter l'influence de capacités parasites dans le cas de courte longueur, la capacité peut se déterminer à partir de la différence des valeurs obtenues par la mesure de deux longueurs différentes du même câble.

11.3.4.2 Câbles à paires et sous écran (méthode des deux connexions)

Avec l'écran connecté à la borne de terre du pont de capacité, la capacité doit être déterminée en utilisant la relation suivante:

$$\text{capacité} = [2 (C_a + C_b) - C_c] / 4 \tag{5}$$

où

C_a est la capacité entre le conducteur a et le conducteur b, avec le conducteur b relié à l'écran;

C_b est la capacité entre le conducteur b et le conducteur a avec le conducteur a relié à l'écran;

C_c est la capacité entre le conducteur a et le conducteur b reliés l'un à l'autre et à l'écran.

Afin d'éviter l'influence de capacités parasites, la méthode indiquée en 11.3.4.1 peut être utilisée.

11.3.4.3 Câbles à paires et sous écran (méthode des trois connexions)

La capacité doit être déterminée à l'aide de la formule suivante:

$$\text{capacité} = C_d + (C_e + C_f) / 4 \tag{6}$$

où

C_d est la capacité entre le conducteur a et le conducteur b avec l'écran connecté à la borne terre du pont de capacité;

C_e est la capacité entre le conducteur a et l'écran avec le conducteur b connecté à la borne terre;

C_f est la capacité entre le conducteur b et l'écran avec le conducteur a relié à la borne terre.

Afin d'éviter l'influence des capacités parasites, la méthode indiquée en 11.3.4.1 peut être utilisée.

11.3.4.4 Déséquilibre des capacités de câble à paires et sous écran (méthode des deux connexions)

Le déséquilibre de capacité doit être déterminé à partir de la relation suivante:

$$\text{déséquilibre de capacité} = \frac{400 (C_a - C_b)}{2 (C_a + C_b) - C_c} \text{ en \%} \tag{7}$$

où

C_a , C_b et C_c sont définis en 11.3.4.2 de la présente partie.

11.3.4 Procedure

11.3.4.1 Coaxial cable

The capacitance shall be measured between the inner and outer conductor with the outer conductor connected to earth. To avoid the influence of stray capacitance for short lengths, the capacitance may be determined by the difference in value from the measurement of two different lengths of the same cable.

11.3.4.2 Screened twin cable (two terminal method)

With the screen connected to the earth terminal of the capacitance bridge the capacitance shall be determined using the following formula:

$$\text{capacitance} = [2 (C_a + C_b) - C_c]/4 \quad (5)$$

where

C_a is the capacitance between conductor a and conductor b, with conductor b connected to the screen;

C_b is the capacitance between conductor b and conductor a, with conductor a connected to the screen;

C_c is the capacitance between conductor a and conductor b connected together and to the screen.

To avoid the influence of stray capacitance, the method given in 11.3.4.1, may be adopted.

11.3.4.3 Screened twin cable (three terminal method)

The capacitance shall be determined using the following formula:

$$\text{capacitance} = C_d + (C_e + C_f) / 4 \quad (6)$$

where

C_d is the capacitance between conductor a and conductor b with the screen connected to the earth terminal of the capacitance bridge;

C_e is the capacitance between conductor a and the screen with conductor b connected to the earth terminal; and

C_f is the capacitance between conductor b and the screen with conductor a connected to the earth terminal.

To avoid the influence of stray capacitance the method given in 11.3.4.1 may be adopted.

11.3.4.4 Capacitance unbalance of screened twin cable (two terminal method)

The capacitance unbalance shall be determined using the following formula:

$$\text{capacitance unbalance} = \frac{400 (C_a - C_b)}{2 (C_a + C_b) - C_c} \text{ in \%} \quad (7)$$

where

C_a , C_b and C_c are as defined in 11.3.4.2 of this part.

11.3.4.5 Déséquilibre de capacité de câble à paires et sous écran (méthode des trois connexions)

Le déséquilibre de capacité doit être calculé à l'aide de la relation suivante:

$$\text{déséquilibre de capacité} = \frac{400 (C_e - C_f)}{2 (C_d + C_c) - C_f} \text{ en \%} \quad (8)$$

où

C_d , C_e et C_f sont définis en 11.3.4.3 de la présente partie.

11.3.5 Prescription

Les valeurs de capacité et de déséquilibre de capacité doivent être conformes à celles indiquées dans la spécification particulière du câble.

11.4 Stabilité de la capacité

11.4.1 Principe

L'essai a pour but de déterminer la stabilité de capacité lorsque la température du câble varie.

L'essai examine:

- a) les changements irréversibles dus au fluage du diélectrique et à l'étirage du conducteur extérieur;
- b) les changements réversibles dus à la dilatation ou contraction thermique, et les variations des caractéristiques électriques du diélectrique.

11.4.2 Equipement d'essai

Un capacimètre ou un pont de capacité avec une précision supérieure ou égale à un pour mille. La fréquence doit être comprise entre 800 Hz et 1 kHz.

11.4.3 Préparation de l'éprouvette

Sauf indications contraires, l'essai doit être effectué sur un minimum de 15 m de longueur de câble terminé. L'éprouvette doit être préconditionnée à température constante entre 15 °C et 35 °C.

11.4.4 Procédure

L'essai doit être effectué conformément aux essais Na et Nb de la CEI 68-2-14.

La capacité du câble doit être mesurée au début de l'essai. Le câble doit alors être soumis par trois fois au cycle suivant, la capacité étant mesurée à la fin de chacun des paliers:

- 4 h à 8 h à haute température;
- 4 h à 24 h à 20 °C;
- 4 h à 8 h à basse température;
- 4 h à 24 h à 20 °C.

11.3.4.5 *Capacitance unbalance of screened twin cables (three terminal method)*

The capacitance unbalance shall be determined using the following formula:

$$\text{capacitance unbalance} = \frac{400 (C_e - C_f)}{2 (C_d + C_c) - C_f} \text{ in \%} \quad (8)$$

where

C_d , C_e and C_f are as defined in 11.3.4.3 of this part.

11.3.5 *Requirement*

The values of capacitance and capacitance unbalance shall comply with those indicated in the relevant cable specification.

11.4 *Capacitance stability*

11.4.1 *Principle*

The purpose of the test is to determine the stability of the capacitance when the temperature of the cable changes.

The test examines:

- a) irreversible changes due to plastic flow of the dielectric and stretching of the outer conductor;
- b) reversible, changes due to thermal expansion or contraction, and variations in the electrical properties of the dielectric.

11.4.2 *Test equipment*

A capacitance meter or capacitance bridge with an accuracy equal or better than one part in a thousand. The frequency shall be between 800 Hz and 1 kHz.

11.4.3 *Preparation of test specimen*

Unless otherwise specified the test shall be carried out on at least 15 m of finished cable. The test specimen shall be pre-conditioned at a constant temperature between 15 °C and 35 °C.

11.4.4 *Procedure*

The test shall be carried out in accordance with test Na and Nb of IEC 68-2-14.

The capacitance of the cable shall be measured at the start of the test. The cable shall then be subjected three times to the following cycle with the capacitance being measured at the end of each step:

- 4 h to 8 h at high temperature;
- 4 h to 24 h at 20 °C;
- 4 h to 8 h at low temperature;
- 4 h to 24 h at 20 °C.

Les haute et basse températures doivent être conformes aux valeurs indiquées dans la spécification particulière du câble.

11.4.5 *Prescription*

Les variations de capacité doivent être conformes aux valeurs indiquées dans la spécification particulière du câble.

11.5 *Tension de tenue du diélectrique*

11.5.1 *Principe*

L'essai a pour objet de vérifier la tension de tenue diélectrique de l'isolant en courant alternatif ou continu.

11.5.2 *Equipement d'essai*

Une alimentation en courant électrique alternatif ou continu.

Un kilovoltmètre (kV).

La fréquence de la tension alternative doit être comprise entre 40 Hz et 60 Hz et sa forme d'onde doit être sinusoïdale.

11.5.3 *Préparation de l'éprouvette*

L'essai doit être effectué sur une longueur de câble terminé après l'essai de continuité. Les conducteurs doivent être dénudés sur une longueur suffisante afin d'éviter une rupture ou une décharge partielle. L'isolant doit être convenablement nettoyé en ces points.

11.5.4 *Procédure*

Le diélectrique entre le conducteur extérieur et entre le conducteur intérieur ou entre les conducteurs du câble doit être soumis à une tension alternative ou continue pendant 1 min. La valeur de la tension doit être conforme à celle indiquée dans la spécification particulière du câble. La vitesse d'augmentation de la tension d'essai ne doit pas dépasser 2 kV/s.

11.5.5 *Prescription*

Il ne doit pas y avoir de claquage.

11.6 *Tension de tenue de la gaine*

11.6.1 *Principe*

A l'aide d'une immersion dans l'eau ou d'un essai au détecteur de défauts à sec (sparker), il est vérifié la tension de tenue diélectrique de la gaine. Les deux méthodes sont supposées équivalentes; l'une ou l'autre doit être appliquée.

11.6.2 *Equipement d'essai*

Un réservoir d'eau et une alimentation en courant alternatif de 5 kV de tension efficace et de 40 Hz à 60 Hz de fréquence.

The low and high temperatures shall comply with the values indicated in the relevant cable specification.

11.4.5 *Requirement*

Variations in the capacitance shall comply with the values indicated in the relevant cable specification.

11.5 *Withstand voltage of dielectric*

11.5.1 *Principle*

The purpose of the test is to determine the withstand voltage of the dielectric under a.c. or d.c. conditions.

11.5.2 *Test equipment*

An a.c. or d.c. power supply.

A kilovoltmeter (kV).

The frequency of the a.c. voltage shall be between 40 Hz and 60 Hz and the waveform shall be sinusoidal.

11.5.3 *Preparation of the test specimen*

The test shall be carried out on a finished length of cable after the test of continuity. The conductors shall be stripped of a sufficient length to avoid breakdown or partial discharge. The insulation at these points shall be properly cleaned.

11.5.4 *Procedure*

The dielectric between the outer conductor and between the inner conductor or conductors of the cable shall be subjected to an a.c. or d.c. voltage for 1 min. The value of the voltage shall comply with that indicated in the relevant cable specification. The rate of increase of the test voltage shall not exceed 2 kV/s.

11.5.5 *Requirement*

There shall be no breakdown.

11.6 *Withstand voltage of sheath*

11.6.1 *Principle*

The test by immersion in water or by spark test is used to determine the withstand voltage of the sheath. Both methods are assumed to be equivalent; either one of them shall be applied.

11.6.2 *Test equipment*

A water tank and an a.c. power supply of 40 Hz to 60 Hz and 5 kV r.m.s.

Un détecteur de défauts à sec avec une alimentation de 8 kV de tension efficace, et de 40 Hz à 60 Hz de fréquence.

L'électrode du sparker doit être constitué de préférence d'une fine chaîne. Le minimum de sensibilité de l'appareil doit être tel qu'il y aura détection lorsque l'on sera en présence d'un défaut artificiel, constitué par un éclateur, monté en série avec un condensateur, connecté entre l'électrode et la terre. La tension de l'électrode doit être de 6 kV et la capacité du condensateur de 350 pF. L'éclateur doit être constitué par un plateau métallique plat et une pointe d'aiguille qui se déplace à une distance de 5 mm de ce plateau pendant 0,02 s.

11.6.3 Procédure

11.6.3.1 Essai par immersion

Le câble doit être immergé dans l'eau à une température comprise entre 15 °C et 35 °C pendant une période de 1 h. A la fin de cette période, un essai de tenue en tension en courant alternatif d'une valeur indiquée dans le tableau ci-dessous, effectué entre le conducteur extérieur ou l'écran et l'eau doit être appliqué durant un temps n'étant pas inférieur à 1 min et n'excédant pas 2 min.

Epaisseur nominale de la gaine mm	Tension d'essai kV eff
Jusqu'à 0,5 inclus	Pas d'essai
Supérieure à 0,5 et jusqu'à 0,8 inclus	2
Supérieure à 0,8 et jusqu'à 1,0 inclus	3
Supérieure à 1,0	5

11.6.3.2 Détecteur de défaut à sec (sparker)

L'électrode doit être en parfait contact avec la surface du câble. La tension d'essai doit être appliquée entre l'électrode et le conducteur extérieur ou l'écran.

La vitesse à laquelle le câble passe, dans l'électrode doit être telle que chaque point du câble est en contact avec celle-ci pendant au moins 0,1 s.

Le détecteur doit être capable de conserver le signal du défaut après passage de ce dernier hors de l'électrode.

La valeur de la tension d'essai qui est appliquée est indiquée dans le tableau ci-dessous.

Epaisseur nominale de la gaine mm	Tension d'essai kV eff
Jusqu'à 0,5 inclus	Pas d'essai
Supérieure à 0,5 et jusqu'à 0,8 inclus	3
Supérieure à 0,8 et jusqu'à 1,0 inclus	5
Supérieure à 1,0	8

A spark tester with a power supply of 40 Hz to 60 Hz and 8 kV r.m.s.

The electrode of the spark tester shall preferably consist of a fine link chain. The minimum sensitivity of the spark testing apparatus shall be such that the detector will operate when an artificial fault device, consisting of a spark gap in series with a capacitor, is connected between the electrode and earth. The electrode potential shall be 6 kV r.m.s. and the capacitance of the series capacitor shall be 350 pF. The spark gap shall consist of a flat metal plate moving past a needle point in 0,02 s and the distance between them during this time shall be 5 mm.

11.6.3 Procedure

11.6.3.1 Test by immersion

The cable shall be immersed in water at a temperature between 15 °C and 35 °C for a period of 1 h. At the end of this period an a.c. test voltage, as specified in the table below, shall be applied for not less than 1 min and not more than 2 min between the outer conductor or screen and the water.

Nominal thickness of the sheath mm	Test voltage kV r.m.s.
Up to and including 0,5	No test
Over 0,5 and up to and including 0,8	2
Over 0,8 and up to and including 1,0	3
Over 1,0	5

11.6.3.2 Spark test

The electrode shall make intimate contact with the surface of the cable. The test voltage shall be applied between the electrode and the outer conductor or screen.

The speed at which the cable passes through the electrode shall be such that every point is in contact with the electrode for not less than 0,1 s.

The detector shall be arranged so as to maintain its indication after the fault has passed out of the electrode.

The applied test voltage shall have a value as shown in the table below:

Nominal thickness of the sheath mm	Test voltage kV r.m.s.
Up to and including 0,5	No test
Over 0,5 and up to and including 0,8	3
Over 0,8 and up to and including 1,0	5
Over 1,0	8

11.6.4 *Prescription*

Il ne doit pas y avoir de claquage.

11.7 *Décharge partielle du diélectrique*

A l'étude.

11.8 *Impédance caractéristique*

11.8.1 *Impédance caractéristique moyenne*

11.8.1.1 *Principe*

L'essai a pour but de déterminer l'impédance caractéristique moyenne, Z_{∞} , des câbles coaxiaux pour fréquences radioélectriques.

11.8.1.2 *Définition*

Z_{∞} est la valeur asymptotique à haute fréquence de l'impédance caractéristique moyenne. Elle s'obtient à partir de la mesure de la longueur électrique et de celle de la capacité.

$$Z_{\infty} = l_{e,\infty} / c \times C \quad (9)$$

$$= 1 / \Delta f \times C \quad (10)$$

où

$l_{e,\infty}$ est la longueur électrique de l'éprouvette à environ 200 MHz;

c est la vitesse de propagation dans le vide;

C est la capacité de l'éprouvette;

Δf est la variation de fréquence, correspondant à une variation de phase de 360° à environ 200 MHz, de l'éprouvette.

11.8.1.3 *Equipement d'essai*

Un capacimètre ou un pont de capacité correspondant aux indications de 11.3.

Un circuit d'essai permettant de déterminer la longueur électrique et correspondant à ce qui est mentionné en 11.10.

11.8.1.4 *Procédure*

La capacité de l'éprouvette doit être mesurée comme indiqué en 11.3.

La variation de fréquence Δf relative à l'éprouvette doit être mesurée comme indiqué en 11.10.

11.6.4 Requirement

There shall be no breakdown.

11.7 Partial discharge of dielectric

Under consideration.

11.8 Characteristic impedance

11.8.1 Mean characteristic impedance

11.8.1.1 Principle

The purpose of the test is to determine the mean characteristic impedance, Z_{∞} of r.f. coaxial cables.

11.8.1.2 Definition

Z_{∞} is the asymptotic value that the mean characteristic impedance approaches at high frequencies. It may be derived from the measurement of electrical length and of the measurement of capacitance.

$$\begin{aligned} Z_{\infty} &= l_{e,\infty} / c \times C & (9) \\ &= 1 / \Delta f \times C & (10) \end{aligned}$$

where

$l_{e,\infty}$ is the electrical length of the test specimen at approximately 200 MHz;

c is the propagation velocity in free space;

C is the capacitance of the test specimen;

Δf is the change of frequency corresponding to 360° phase variation of the test specimen at approximately 200 MHz.

11.8.1.3 Test equipment

A capacitance meter or capacitance bridge, in accordance with 11.3.

A test circuit to determine the electrical length, in accordance with 11.10.

11.8.1.4 Procedure

The capacitance of the test specimen shall be measured in accordance with 11.3.

The change in frequency, Δf for the test specimen shall be measured in accordance with 11.10.

11.8.1.5 *Expression des résultats*

L'impédance caractéristique moyenne doit être déterminée comme suit:

$$Z_{\infty} = \frac{1\,000}{\Delta f \times C} \text{ en } \Omega \quad (11)$$

où

Δf est en MHz;

C est en nF.

11.8.1.6 *Sanction*

L'écart de l'impédance caractéristique moyenne par rapport à sa valeur nominale doit être conforme à la valeur indiquée dans la spécification particulière du câble.

11.8.2 *Impédance caractéristique en régime*

11.8.2.1 *Principe*

Le but de cet essai est de déterminer l'impédance caractéristique de câbles à fréquences radioélectriques dans le domaine temps et dans le cas d'une fonction signal échelon.

NOTE - Le coefficient de réflexion de la fonction signal échelon est analysé en fonction du temps pour montrer les répartitions locales de l'impédance caractéristique de l'éprouvette.

11.8.2.2 *Définition*

L'impédance caractéristique de l'éprouvette est donnée par:

$$Z = Z_0 \left\{ \frac{\left[\frac{(1+r)}{(1-r)} \right]}{(1-r_s^2)} \right\} \text{ en } \Omega \quad (12)$$

où

Z est l'impédance caractéristique de l'éprouvette;

Z_0 est l'impédance caractéristique de la ligne étalon;

r est le coefficient de réflexion du signal provenant de la partie située entre l'extrémité de la ligne étalon et l'éprouvette;

r_s est le coefficient de réflexion provenant de la différence éventuelle des impédances caractéristiques du système en essai et de la ligne étalon.

Pour une fonction échelon, le temps de montée t_r est défini comme la différence de temps entre 10 % et 90 % de l'amplitude du signal.

11.8.1.5 *Expression of results*

The mean characteristic impedance shall be determined as follows:

$$Z_{\infty} = \frac{1\,000}{\Delta f \times C} \text{ in } \Omega \quad (11)$$

where

Δf is in MHz;

C is in nF.

11.8.1.6 *Requirement*

The deviation of the mean characteristic impedance from its nominal value shall comply with the value indicated in the relevant cable specification.

11.8.2 *Time domain characteristic impedance*

11.8.2.1 *Principle*

The purpose of the test is to determine the time domain characteristic impedance of r.f. cables using a step function signal.

NOTE – The step function reflection factor is displayed against time to show the local distribution of the characteristic impedance of the test specimen.

11.8.2.2 *Definition*

The characteristic impedance of the test specimen is given by:

$$Z = Z_0 \left\{ \frac{\left[\frac{(1+r)}{(1-r)} \right]}{(1-r_s^2)} \right\} \text{ in } \Omega \quad (12)$$

where

Z is the characteristic impedance of the test specimen;

Z_0 is the characteristic impedance of the standard line;

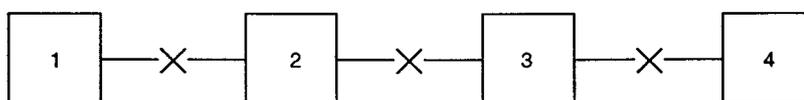
r is the reflection coefficient from the step between the end of the standard line and the test specimen;

r_s is the reflexion coefficient resulting from the characteristic impedance of the test system and of the standard line if different.

For a step function, the rise time t_r is defined as the difference in time between the 10 % and 90 % value of the step amplitude.

11.8.2.3 *Équipement d'essai*

L'équipement d'essai doit être disposé généralement selon la figure 6.



CEI 417/95

- 1 = réflectomètre pour domaine temps
- 2 = ligne étalon (facultatif)
- 3 = éprouvette
- 4 = charge adaptée

Figure 6 – Disposition de l'équipement d'essai pour un signal en échelon

Pour la détermination de l'impédance caractéristique nominale de l'éprouvette on utilisera de préférence une ligne étalon pour déterminer l'impédance caractéristique aux extrémités de l'éprouvette.

11.8.2.4 *Procédure*

Le signal utilisé pour la mesure de l'éprouvette doit avoir un temps de montée égal à celui qui est indiqué dans la spécification particulière du câble.

On mesure le coefficient de réflexion du signal et l'impédance caractéristique est calculée à l'aide de l'équation (12).

11.8.2.5 *Prescription*

L'impédance caractéristique dans le domaine temps doit être conforme à la valeur indiquée dans la spécification particulière du câble.

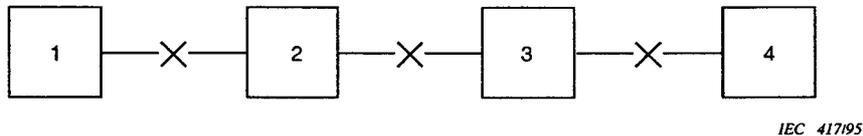
11.9 *Vitesse de propagation relative (rapport de vitesse)*

11.9.1 *Principe*

L'essai a pour but de déterminer la vitesse de propagation relative $v_{r,\infty}$ (rapport de vitesse) des câbles coaxiaux à fréquences radioélectriques.

11.8.2.3 Test equipment

The test equipment shall be assembled generally in accordance with figure 6.



- 1 = TDR
- 2 = standard line (option)
- 3 = test specimen
- 4 = terminating load

Figure 6 – Layout of stop function test equipment

A standard line is preferred with the nominal characteristic impedance of the test specimen to determine the characteristic impedance at the ends of the test specimen.

11.8.2.4 Procedure

The step function used to measure the test specimen shall have a rise time as indicated in the relevant cable specification.

The step reflection coefficient is measured and the characteristic impedance is derived from equation (12).

11.8.2.5 Requirement

The time domain characteristic impedance shall comply with the value indicated in the relevant cable specification.

11.9 Relative propagation velocity (velocity ratio)

11.9.1 Principle

The test is to determine the relative propagation velocity $v_{r,\infty}$ (velocity ratio) of r.f. coaxial cables.

11.9.2 Définition

La vitesse de propagation relative (rapport de vitesse) est la valeur que la vitesse de propagation relative approche à haute fréquence. Elle est définie comme suit:

$$v_{r,\infty} = v_{\infty} / c \quad (13)$$

$$= l / l_{e,\infty} \quad (14)$$

où

v_{∞} est la vitesse de propagation de l'éprouvette à environ 200 MHz;

l est la longueur physique de l'éprouvette;

$l_{e,\infty}$ est la longueur électrique de l'éprouvette à environ 200 MHz;

c est la vitesse de propagation dans le vide.

11.9.3 Equipement d'essai

Le circuit d'essai servant à déterminer la longueur électrique doit être conforme à celui indiqué en 11.10.

Un instrument de mesure servant à déterminer la longueur physique avec une précision d'au moins 1 %.

11.9.4 Procédure

La longueur électrique de l'éprouvette doit être mesurée comme indiqué en 11.10.

On doit mesurer la longueur physique de l'éprouvette.

11.9.5 Expression des résultats

La vitesse de propagation relative (rapport de vitesse) doit être déterminée par:

$$v_r = 100 \times l / l_{e,\infty} \text{ en \%} \quad (15)$$

11.9.6 Prescription

La vitesse de propagation relative doit être conforme à la valeur indiquée dans la spécification particulière du câble.

11.10 Longueur électrique et temps de propagation de phase

11.10.1 Principe

Cette méthode mesure la longueur électrique et le temps de propagation de phase des câbles coaxiaux à fréquences radioélectriques. La longueur électrique est utilisée dans la détermination de l'impédance caractéristique moyenne et de la vitesse relative.

La méthode d'essai peut aussi être utilisé là où la longueur électrique ou le temps de propagation de phase des câbles coaxiaux à fréquences radioélectriques est demandée.

11.9.2 Definition

The relative propagation velocity (velocity ratio) is the value that the relative propagation velocity approaches at high frequency. It is defined as:

$$v_{r,\infty} = v_{\infty} / c \quad (13)$$

$$= l / l_{e,\infty} \quad (14)$$

where

v_{∞} is the propagation velocity of the test specimen at approximately 200 MHz;

l is the physical length of the test specimen;

$l_{e,\infty}$ is the electrical length of the test specimen at approximately 200 MHz;

c is the propagation velocity in free space.

11.9.3 Test equipment

The test circuit to determine the electrical length shall be in accordance with 11.10.

A measuring instrument to determine the physical length of the test specimen shall be to within an uncertainty of 1 %.

11.9.4 Procedure

The electrical length of the test specimen shall be measured in accordance with 11.10.

The physical length of the test specimen shall be measured.

11.9.5 Expression of results

The relative propagation velocity (velocity ratio) shall be determined by:

$$v_r = 100 \times l / l_{e,\infty} \quad \text{in \%} \quad (15)$$

11.9.6 Requirement

The relative propagation velocity shall comply with that indicated in the relevant cable specification.

11.10 Electrical length and phase delay

11.10.1 Principle

This method measures the electrical length and phase delay of r.f. coaxial cables. The electrical length is used in the determination of the mean characteristic impedance and the relative velocity.

The test methods described may also be used where the electrical length or the phase delay of r.f. coaxial cables is specified.

11.10.2 Définitions

La longueur électrique l_e d'un câble coaxial à fréquences radioélectriques est définie comme la longueur physique d'un câble à diélectrique sous vide ayant le même déphasage.

La longueur électrique $l_{e,\infty}$ est la longueur électrique l_e obtenue à haute fréquence. Il est habituel de mesurer la longueur à environ 200 MHz, fréquence suffisamment élevée pour que l'approximation théorique soit toujours vérifiée.

Le temps de propagation de groupe est relié à la longueur électrique par la relation:

$$t_{p,\infty} = l_{e,\infty} / c \quad (16)$$

où

c est la vitesse de propagation dans le vide.

11.10.3 Préparation de l'éprouvette

Selon la méthode adoptée, on peut équiper une ou les deux extrémités avec un connecteur.

Dans le cas d'un seul connecteur, l'autre extrémité de l'éprouvette doit être en circuit ouvert.

11.10.4 Equipement d'essai

L'équipement doit être adapté à une mesure qui se fera soit par la méthode de mesure de phase soit par une méthode de résonance. Saut indication contraire l'équipement doit couvrir une gamme de fréquence allant de 30 MHz à 300 MHz. Les détails de l'équipement et du circuit d'essai donnés dans ce paragraphe sont caractéristiques des essais qui peuvent être effectués dans des circonstances différentes. D'autres équipements qui combinent certaines parties des circuits d'essais décrits peuvent être utilisés, par exemple, des analyseurs de réseaux.

11.10.5 Méthode du phasemètre

11.10.5.1 Schéma de montage

L'équipement d'essai doit généralement être du type de l'une des deux dispositions de circuits indiquées à la figure 7 ou à la figure 8. Le montage indiqué à la figure 7 peut être utilisé dans le cas d'éprouvette pour un niveau ≤ 10 dB et quand une extrémité seulement est disponible. Le montage indiqué à la figure 8 est utilisé dans le cas de pertes par insertion importantes. Les deux extrémités de câble doivent être disponibles.

11.10.2 Definitions

The electrical length l_e of an r.f. coaxial cable is defined as the physical length of a vacuum dielectric cable having the same phase shift.

The electrical length that $l_{e,\infty}$ is that length which l_e approaches at high frequency. It is usual to measure the length at about 200 MHz where the frequency is sufficiently high for the theoretical approximation always to be valid.

The phase delay is related to the electrical length by:

$$t_{p,\infty} = l_{e,\infty} / c \quad (16)$$

where

c is the propagation velocity in free space.

11.10.3 Preparation of test specimen

Depending on the measuring method adopted, connectors shall be installed on one or both ends of the test specimen.

In the single connector case the other end of the test specimen shall be open circuited.

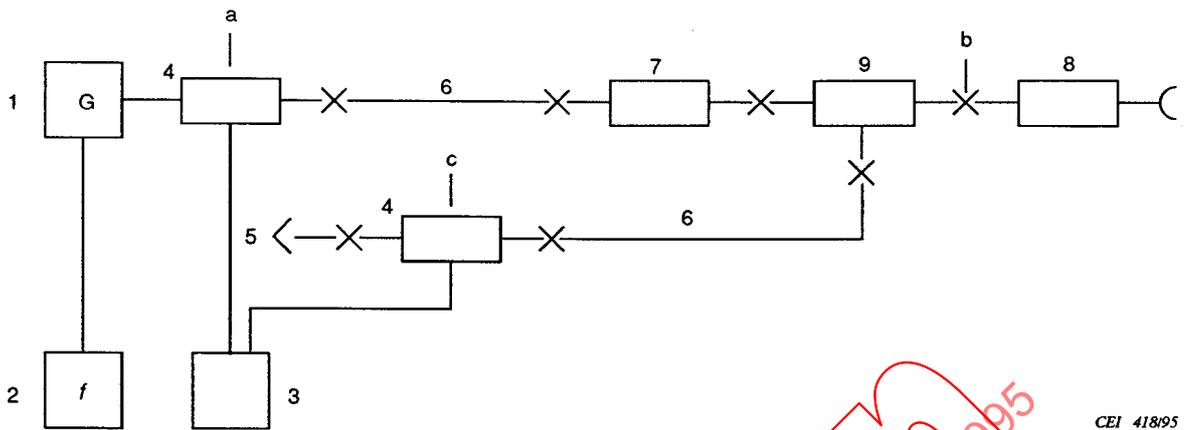
11.10.4 Test equipment

The equipment shall be suitable for a measuring technique either by a phase meter method or by a resonance method. If not otherwise specified the equipment shall cover a test frequency range of 30 MHz to 300 MHz. The equipment details and test circuits given in this subclause are typical of the tests which can be carried out for different circumstances. Other equipment which combines parts of the test circuits shown can be used, for example network analysers.

11.10.5 Phase meter method

11.10.5.1 Layout

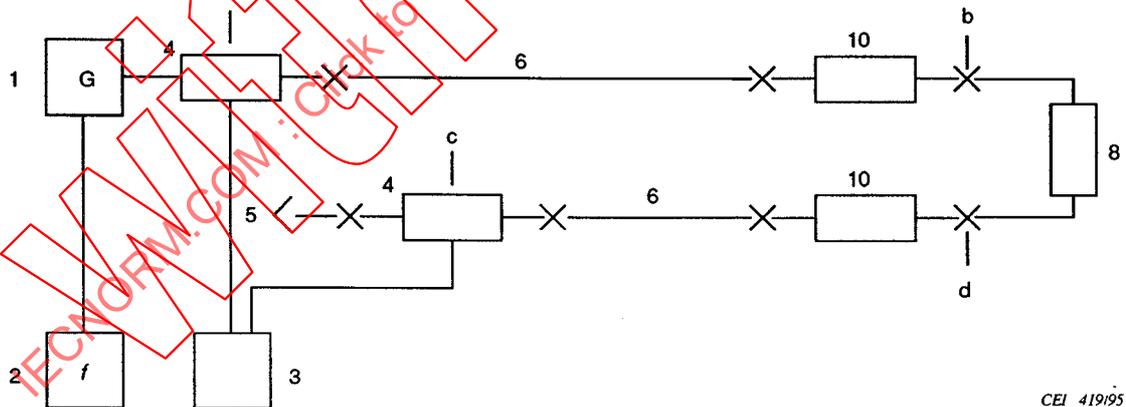
The test equipment shall be assembled generally in accordance with one of the two circuit arrangements shown in figure 7 or figure 8. The layout according to figure 7 can be used for test specimens with ≤ 10 dB and where only one end is available. The layout according to figure 8 is used in the case of large insertion loss. Both ends of the cable shall be available.



CEI 418/95

- 1 = générateur
- 2 = fréquencemètre précision ≤ 1 kHz
- 3 = phasemètre précision $\leq 0,2$ degrés
- 4 = dispositif à insertion
- 5 = charge
- 6 = câbles de liaison
- 7 = atténuateur 10 dB
- 8 = éprouvette
- 9 = coupleur directionnel directivité ≥ 36 dB

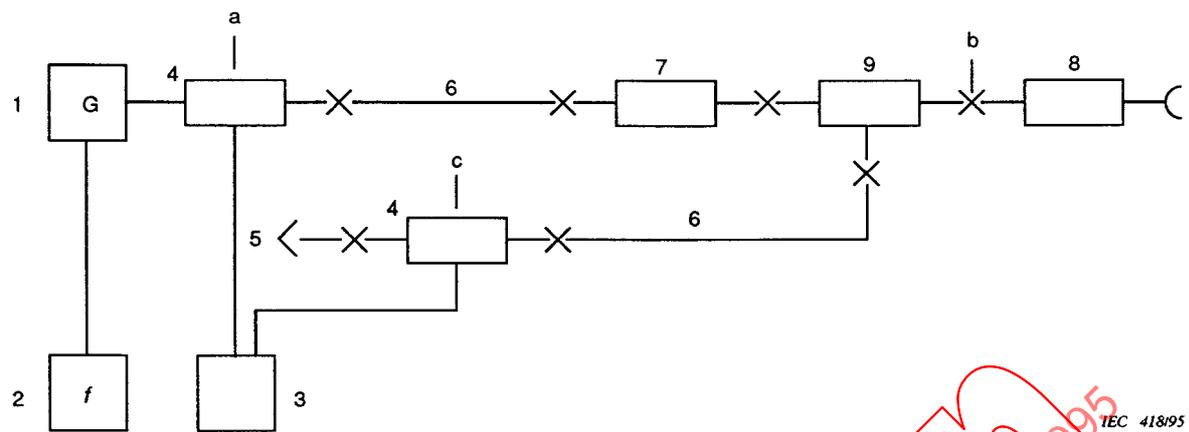
Figure 7 – Schéma de montage de la méthode du phasemètre utilisant la connexion d'une seule extrémité de l'éprouvette



CEI 419/95

- 1 = générateur 30 MHz à 300 MHz, ≥ 10 dBm
- 2 = fréquencemètre précision ≤ 1 kHz
- 3 = phasemètre précision $\leq 0,2$ degrés
- 4 = dispositif à insertion
- 5 = charge
- 6 = câbles de liaison
- 8 = éprouvette
- 10 = transformateur d'adaptation impédance nominale de l'éprouvette

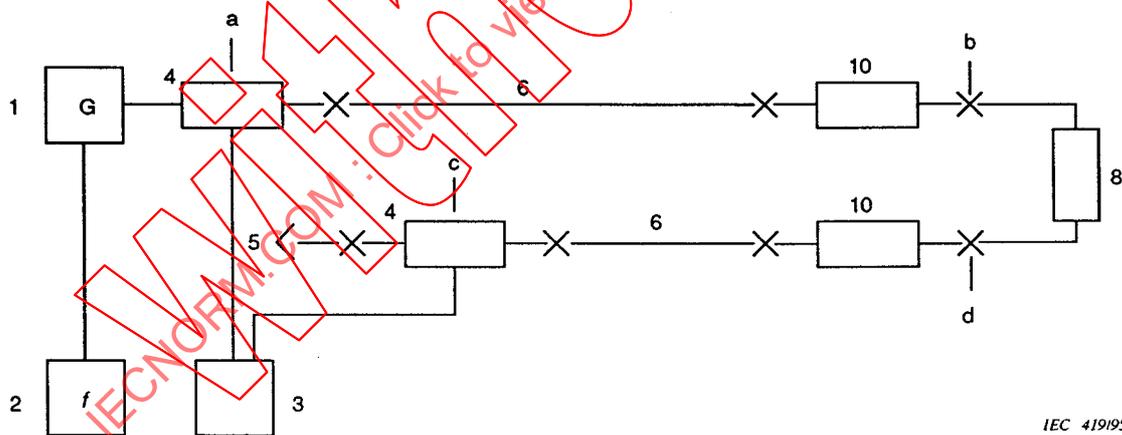
Figure 8 – Schéma de montage de la méthode du phasemètre utilisant la connexion des deux extrémités de l'éprouvette



IEC 418/95

- 1 = generator
- 2 = frequency counter resolution ≤ 1 kHz
- 3 = phase meter resolution $\leq 0,2$ degrees
- 4 = insertion unit
- 5 = terminating load
- 6 = connecting cables
- 7 = attenuator 10 dB
- 8 = test specimen
- 9 = directional coupler directivity ≥ 36 dB

Figure 7 - Layout of test circuit for phase meter method using the single end connection of the test specimen



IEC 419/95

- 1 = generator 30 MHz to 300 MHz, ≥ 10 dBm
- 2 = frequency counter resolution ≤ 1 kHz
- 3 = phase meter resolution $\leq 0,2$ degrees
- 4 = insertion unit
- 5 = terminating load
- 6 = connecting cables
- 8 = test specimen
- 10 = matching transformer nominal impedance of test specimen

Figure 8 - Layout of test circuit for phase meter method using a double-ended connection to the test specimen

11.10.5.2 *Procédure*

Après mise en place de l'éprouvette, le générateur doit être réglé à la fréquence voisine de 200 MHz à laquelle le phasemètre indique une valeur bien définie (fréquence f_1). La fréquence est augmentée afin d'obtenir une variation de phase de $n \times 360^\circ$ (fréquence f_2).

Pour une longueur physique l de l'éprouvette, il est recommandé de choisir n de telle manière que ce nombre vérifie l'équation:

$$1 \leq n = ENT \left(\frac{l}{10} \right) \leq 10 \quad (17)$$

où

l est en mètres, $l \leq n \leq 10$.

Pour une éprouvette connectée à une seule extrémité, la variation de fréquence Δf_1 s'obtient par:

$$\Delta f_1 = \frac{(f_2 - f_1)}{n} \text{ en MHz} \quad (18)$$

Pour une éprouvette connectée aux deux extrémités, Δf_1 s'obtient par:

$$\Delta f_1 = \frac{(f_2 - f_1)}{\left(\frac{n}{2}\right)} \text{ en MHz} \quad (19)$$

L'éprouvette étant retirée du circuit d'essai, il convient de choisir deux fréquences dans la gamme de 100 MHz à 300 MHz distantes l'une de l'autre d'au moins 50 MHz. Les phases lues correspondantes φ_4 et φ_5 doivent être relevées pour ces fréquences f_4 et f_5 .

La variation de fréquence Δf_2 s'obtient par:

$$\Delta f_2 = (f_5 - f_4) \times \frac{360}{(\varphi_5 - \varphi_4)} \text{ en MHz} \quad (20)$$

11.10.5.3 *Expression des résultats*

La variation de fréquence Δf de l'éprouvette est obtenue à partir des mesures des fréquences par la méthode du maximum ou du minimum.

A partir de $\Delta f_1 = (f_2 - f_1) / n$ (voir équation (18))

ou de $\Delta f_1 = (f_2 - f_1) / (n/2)$ (voir équation (19))

et de $\Delta f_2 = 360 (f_5 - f_4) / (\varphi_5 - \varphi_4)$ (voir équation (20))

la variation de fréquence Δf de l'éprouvette peut s'obtenir par:

$$\Delta f = \frac{\Delta f_2 \times \Delta f_1}{(\Delta f_2 - \Delta f_1)} \quad (21)$$

11.10.5.2 Procedure

With the test specimen inserted, the generator shall be tuned to a frequency of about 200 MHz at which the phase meter indicates a well defined value (frequency f_1). The frequency is increased for $n \times 360^\circ$ change of phase (frequency f_2).

If the physical length of the test specimen is l , it is recommended that n is chosen to satisfy the equation:

$$1 \leq n = INT \left(\frac{l}{10} \right) \leq 10 \quad (17)$$

where

l is in metres, $l \leq n \leq 10$.

For a test specimen with a single end connection, the frequency difference Δf_1 is obtained from:

$$\Delta f_1 = \frac{(f_2 - f_1)}{n} \text{ in MHz} \quad (18)$$

For a test specimen with connectors at both ends Δf_1 is obtained from:

$$\Delta f_1 = \frac{(f_2 - f_1)}{\left(\frac{n}{2}\right)} \text{ in MHz} \quad (19)$$

With the test specimen removed from the test circuit, two frequencies in the range 100 MHz to 300 MHz which are at least 50 MHz apart shall be chosen. The phase readings φ_4 and φ_5 shall be recorded for these frequencies f_4 and f_5 .

The frequency difference Δf_2 is obtained from:

$$\Delta f_2 = (f_5 - f_4) \times \frac{360}{(\varphi_5 - \varphi_4)} \text{ in MHz} \quad (20)$$

11.10.5.3 Expression of results

The frequency difference Δf of the test specimen is defined from the measurement of the frequencies at maxima or minima.

Since $\Delta f_1 = (f_2 - f_1) / n$ (see equation (18))

or $\Delta f_1 = (f_2 - f_1) / (n/2)$ (see equation (19))

and $\Delta f_2 = 360 (f_5 - f_4) / (\varphi_5 - \varphi_4)$ (see equation (20))

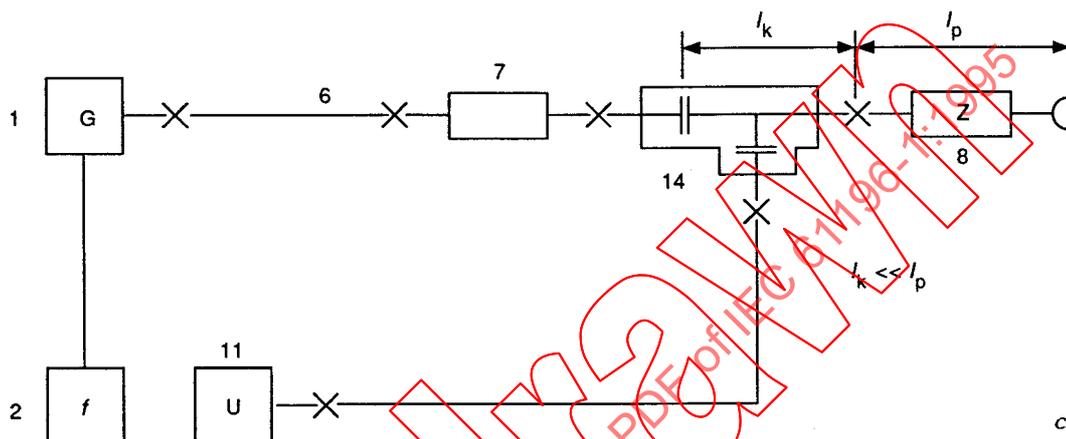
the frequency difference Δf of the test specimen can be derived from:

$$\Delta f = \frac{\Delta f_2 \times \Delta f_1}{(\Delta f_2 - \Delta f_1)} \quad (21)$$

11.10.6 Méthode par résonance

11.10.6.1 Montage

L'essai doit être généralement monté selon l'une des dispositions de circuits indiquées à la figure 9 ou à la figure 10. Les deux procédures peuvent être utilisées pour une perte d'insertion de l'éprouvette allant jusqu'à 10 dB. Le phasemètre n'est pas nécessaire. En outre le montage indiqué à la figure 9 peut être utilisé avec des éprouvettes de toute impédance caractéristique.



CEI 420/95

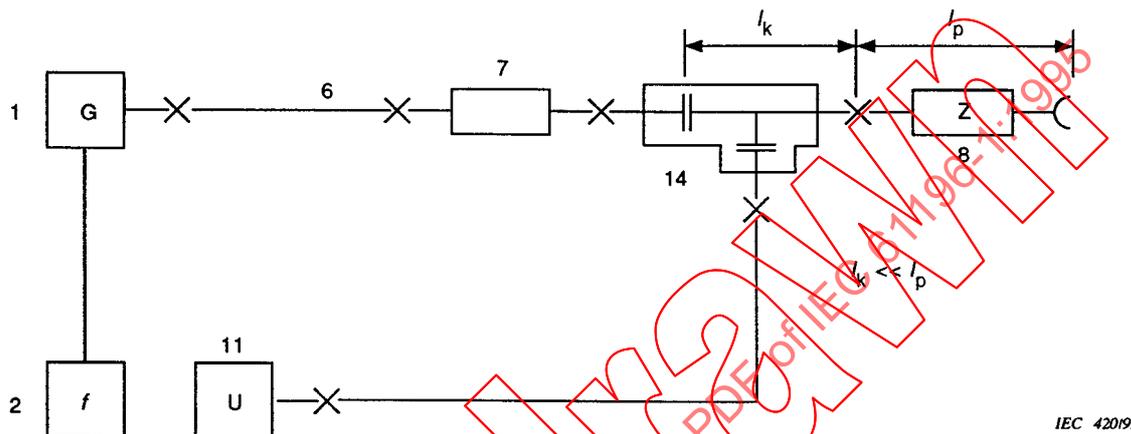
- 1 = générateur
- 2 = fréquencesmètre précision ≤ 1 kHz
- 6 = câbles de liaison
- 7 = atténuateur 10 dB
- 8 = éprouvette
- 11 = voltmètre r.f. (apériodique) sensibilité ≤ 10 mV
- 14 = coupleur capacitif variable

Figure 9 – Montage du circuit d'essai pour la méthode par résonance avec couplage lâche et couplage d'une seule extrémité de l'éprouvette

11.10.6 Resonance method

11.10.6.1 Layout

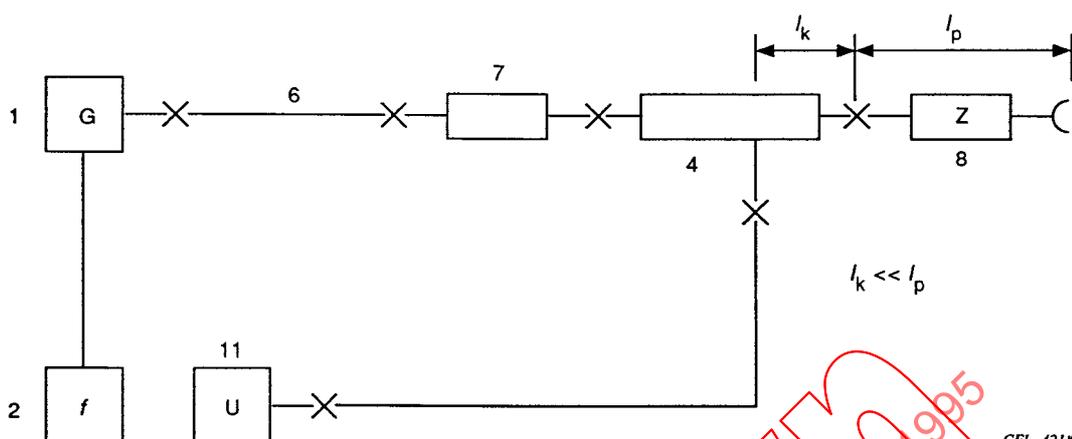
The test shall be assembled generally in accordance with one of the circuit arrangements shown in figure 9 or figure 10. Both procedures may be used up to 10 dB insertion loss of the test specimen. No phase meter is needed. In addition, the layout shown in figure 9 may be used with test specimens of any characteristic impedance.



IEC 420195

- 1 = generator
- 2 = frequency counter resolution ≤ 1 kHz
- 6 = connecting cables
- 7 = attenuator 10 dB
- 8 = test specimen
- 11 = r.f. voltmeter (aperiodic) sensitivity ≤ 1 mV
- 14 = variable capacitive coupler

Figure 9 - Layout of test circuit for resonance method with loose coupling and single end coupling of the test specimen



CEI 421/95

- 1 = générateur
- 2 = fréquencesmètre précision ≤ 1 kHz
- 4 = dispositif d'insertion
- 6 = câbles de liaison
- 7 = atténuateur 10 dB
- 8 = éprouvette
- 11 = voltmètre r.f. (apériodique) sensibilité ≤ 10 mV

Figure 10 – Montage du circuit d'essai pour la méthode par résonance avec couplage serré et avec une seule extrémité de l'éprouvette connectée

11.10.6.2 *Procédure*

Dans le circuit d'essai de la figure 9, il convient que le coupleur capacitif variable soit réglé à peu près de telle sorte qu'à la résonance le voltmètre réagisse avec un maximum de déviation pour la sensibilité la plus basse. Le générateur doit être réglé après obtention de deux maxima de tension (fréquences f_1, f_2) vers 200 MHz pour une variation de n comme exposé en 11.10.5.2.

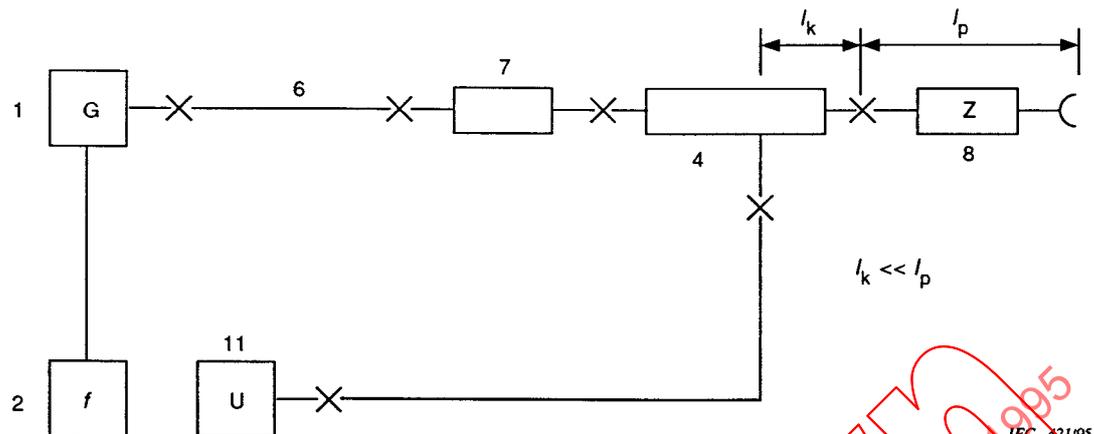
Dans le circuit d'essai de la figure 10, la même procédure est utilisée, excepté que le générateur est réglé sur un minimum de tension. Si, par manque de sensibilité, il n'est pas possible d'obtenir le minimum, ou si le minimum n'est pas franc, la valeur doit être prise comme la moyenne des deux fréquences pour lesquelles la tension dépasse de 3 dB le minimum.

11.10.6.3 *Expression des résultats*

La différence de fréquence Δf de l'éprouvette est définie à partir des mesures de fréquences par la méthode du maximum ou du minimum. Le Δf de l'éprouvette peut s'obtenir par:

$$\Delta f = (f_2 - f_1) / n \quad \text{pour une seule extrémité connectée; ou}$$

$$\Delta f = (f_2 - f_1) / (n / 2) \quad \text{pour les deux extrémités connectées.}$$



- 1 = generator
- 2 = frequency counter resolution ≤ 1 kHz
- 4 = insertion unit
- 6 = connecting cables
- 7 = attenuator 10 dB
- 8 = test specimen
- 11 = r.f. voltmeter (aperiodic) sensitivity ≤ 1 mV

Figure 10 – Layout of test circuit for resonance method with tight coupling and single end connection of the test specimen

11.10.6.2 Procedure

In figure 9 test circuit, the variable capacitive coupler should be adjusted such that at resonance the voltmeter shows approximately full-scale deflection for the most sensitive range. The generator shall be tuned through two voltage maxima (frequencies f_1 , f_2) at about 200 MHz for a change of n as discussed in 11.10.5.2.

In figure 10 test circuit, the same procedure is adopted, except that the generator is tuned to voltage minima. If it is not possible through lack of sensitivity to adjust to a minimum, or if the minimum is too wide, the value shall be taken as the average of the two frequencies at which the voltage is 3 dB higher than the minimum.

11.10.6.3 Expression of results

The frequency difference Δf of the test specimen is defined from the measurement of the frequencies at maxima or minima. The Δf of the test specimen can be derived from:

$$\Delta f = (f_2 - f_1) / n \quad \text{for single end connection; or}$$

$$\Delta f = (f_2 - f_1) / (n / 2) \quad \text{for double ended connection.}$$

11.10.7 Longueur électrique et temps de propagation de phase

La longueur électrique est définie par:

$$l_{e,\infty} = 300 / \Delta f \quad \text{en m} \quad (22)$$

Le temps de propagation de phase est défini par:

$$t_{p,\infty} = 1 / \Delta f \quad \text{en } \mu\text{s} \quad (23)$$

où

Δf est exprimé en MHz.

La mesure à basse fréquence est valable quand:

$$\Delta l_e / l_e \approx 4 / (D_{3,e} \times f^{1/2}) \leq 10^{-3} \quad (24)$$

où

$\Delta l_e / l_e$ est l'erreur relative de la mesure à basse fréquence,

$D_{3,e}$ est le diamètre extérieur effectif du conducteur, en mm,

f est la fréquence, en kHz.

11.10.8 Prescription

La longueur électrique ne sera généralement pas spécifiée; elle est utilisée dans la détermination de certains autres paramètres.

11.11 Stabilité de la constante de phase

11.11.1 Principe

L'essai détermine l'influence de la température sur la constante de phase des câbles coaxiaux pour fréquences radioélectriques dans la gamme de fréquence préférentielle de 30 MHz à 1 000 MHz.

11.11.2 Définitions

La constante de phase varie en fonction de la température. Cette variation peut être unidirectionnelle ou multidirectionnelle. La stabilité de la constante de phase est caractérisée soit par la variation totale de la constante de phase, ou par le coefficient de température de la constante de phase pour une gamme de température où la relation entre la phase et la température est suffisamment linéaire.

La relation phase/température des câbles neufs est influencée par des variations irréversibles de la constante de phase. On peut les diminuer par un cycle de chauffage.

En plus de la température, la constante de phase dépend de la pression et de l'humidité des gaz contenus dans le câble. Ceci est d'un intérêt particulier dans le cas des câbles avec conducteurs extérieurs étanches à l'air.

11.10.7 *Electrical length and phase delay*

The electrical length is defined as:

$$l_{e,\infty} = 300 / \Delta f \quad \text{in m} \quad (22)$$

The phase delay is defined as:

$$t_{p,\infty} = 1 / \Delta f \quad \text{in } \mu\text{s} \quad (23)$$

where

Δf is expressed in MHz.

Measurement at low frequencies is valid when:

$$\Delta l_e / l_e \approx 4 / (D_{3,e} \times f^{1/2}) \leq 10^{-3} \quad (24)$$

where

$\Delta l_e / l_e$ is the relative error at low frequency measurement;

$D_{3,e}$ is the electrical effective outer conductor diameter, in mm;

f is the frequency, in kHz.

11.10.8 *Requirement*

The electrical length will not usually be specified as it is used in the determination of other parameters.

11.11 *Stability of phase constant*

11.11.1 *Principle*

The test determines the temperature dependence of the phase constant of r.f. coaxial cables in the preferred frequency range 30 MHz to 1 000 MHz.

11.11.2 *Definitions*

The phase constant varies as a function of temperature. This variation can be uni- or multidirectional. The stability of the phase constant is characterized either by the total variation of the phase constant or by the temperature coefficient of the phase constant in a temperature range in which the relationship between phase and temperature is sufficiently linear.

The phase/temperature relationship of new cables is influenced by irreversible variations of the phase constant. These can be reduced by heat cycling.

In addition to the temperature, the phase constant depends on the pressure and on the humidity of the gas enclosed within the cable. This is of particular interest in the case of cables with airtight outer conductors.

11.11.2.1 Variation relative totale de la constante de phase

La variation relative totale de la constante de phase est définie comme:

$$\delta b_{\text{tot}} = \frac{l_{e,2} - l_{e,1}}{l} \times v_r \quad (25)$$

où

- $l_{e,1}$ est la longueur électrique de l'éprouvette à la température t_1 ;
- $l_{e,2}$ est la longueur électrique de l'éprouvette à la température $t_2 > t_1$;
- l est la longueur physique de l'éprouvette;
- v_r est la vitesse de propagation relative.

Pour des variations unidirectionnelles, t_1 et t_2 sont les limites de la gamme de température spécifiée.

Dans le cas de changement de signe des variations, t_1 et t_2 deviennent les températures pour lesquelles les valeurs extrêmes de l_e apparaissent.

11.11.2.2 Coefficient de température de la constante de phase

Le coefficient de température de la constante de phase est défini par:

$$CT = \frac{l_{e,2} - l_{e,1}}{l(t_2 - t_1)} \times v_r \text{ en } K^{-1} \quad (26)$$

où

- $l_{e,1}$ est la longueur électrique de l'éprouvette à t_1 ;
- $l_{e,2}$ est la longueur électrique de l'éprouvette à $t_2 > t_1$;
- t_1 et t_2 sont les deux températures prises dans la partie où la constante de phase est approximativement linéaire;
- l est la longueur physique de l'éprouvette;
- v_r est la vitesse de propagation relative.

11.11.3 Préparation de l'éprouvette

La longueur de l'éprouvette à essayer doit être limitée seulement par le volume de la chambre d'essai et la perte d'insertion autorisée.

Des connecteurs doivent être montés sur l'une ou les deux extrémités de l'éprouvette, selon la méthode d'essai choisie.

La spécification particulière du câble doit indiquer si les extrémités du câble avec conducteur extérieur étanche à l'air doivent être laissées ouvertes ou fermées hermétiquement.

L'éprouvette doit être placée dans la chambre de manière à pouvoir se dilater avec la température. Il est recommandé d'utiliser un rayon de courbure minimal qui soit le double de celui indiqué dans la spécification particulière.

11.11.2.1 Total relative variation of phase constant

The total relative variation of phase constant is defined as:

$$\delta b_{\text{tot}} = \frac{l_{e,2} - l_{e,1}}{l} \times v_r \quad (25)$$

where

- $l_{e,1}$ is the electrical length of the test specimen at t_1 ;
- $l_{e,2}$ is the electrical length of the test specimen at $t_2 > t_1$;
- l is the physical length of the test specimen;
- v_r is the nominal velocity ratio.

For unidirectional variation, t_1 and t_2 are the limits of a specified temperature range.

In the case of changing signs of variation t_1 and t_2 become the temperatures at which the extreme value of l_e occur.

11.11.2.2 Temperature coefficient of phase constant

The temperature coefficient of the phase constant is defined as:

$$CT = \frac{l_{e,2} - l_{e,1}}{l(t_2 - t_1)} \times v_r \quad \text{in } K^{-1} \quad (26)$$

where

- $l_{e,1}$ is the electrical length of the test specimen at t_1 ;
- $l_{e,2}$ is the electrical length of the test specimen at $t_2 > t_1$;
- t_1 and t_2 are any two temperatures within a specified range in which the phase constant is approximately linear;
- l is the physical length of the test specimen;
- v_r is the nominal velocity ratio.

11.11.3 Preparation of test specimen

The length of the test specimen to be tested shall be limited only by the volume of the test chamber and the maximum permissible insertion loss.

Connectors shall be fitted on one or both ends of the test specimen depending on the test method selected.

The relevant cable specification shall indicate whether the ends of cables with airtight outer conductor shall be left open or sealed.

The test specimen shall be installed in the temperature chamber with freedom for thermal expansion. It is recommended that the minimum bending radius should be twice the minimum bending radius given in the relevant cable specification.

Pour se prémunir contre les variations irréversibles de la constante de phase, il peut être nécessaire de preconditionner l'éprouvette à l'aide d'un certain nombre de cycles de températures. Dans ce cas la température la plus basse et la plus élevée, ainsi que le nombre et la durée des cycles, doivent figurer dans la spécification particulière du câble.

11.11.4 *Equipement d'essai*

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour déterminer la stabilité de phase. Le choix dépendra des pertes d'insertion de l'éprouvette. Toute fréquence appartenant à la plage figurant en 11.11.1 peut être utilisée.

Les mesures ne doivent être effectuées que lorsque l'éprouvette a atteint sa température finale. L'équipement d'essai doit être choisi de telle manière que l'incertitude des résultats d'essai ne dépasse pas 10 % de la variation maximale de phase admise et spécifiée.

11.11.5 *Méthode de la ligne de mesure à fente (perte d'insertion < 3 dB)*

11.11.5.1 *Schéma de montage*

L'équipement d'essai doit généralement être conforme au circuit indiqué à la figure 11.

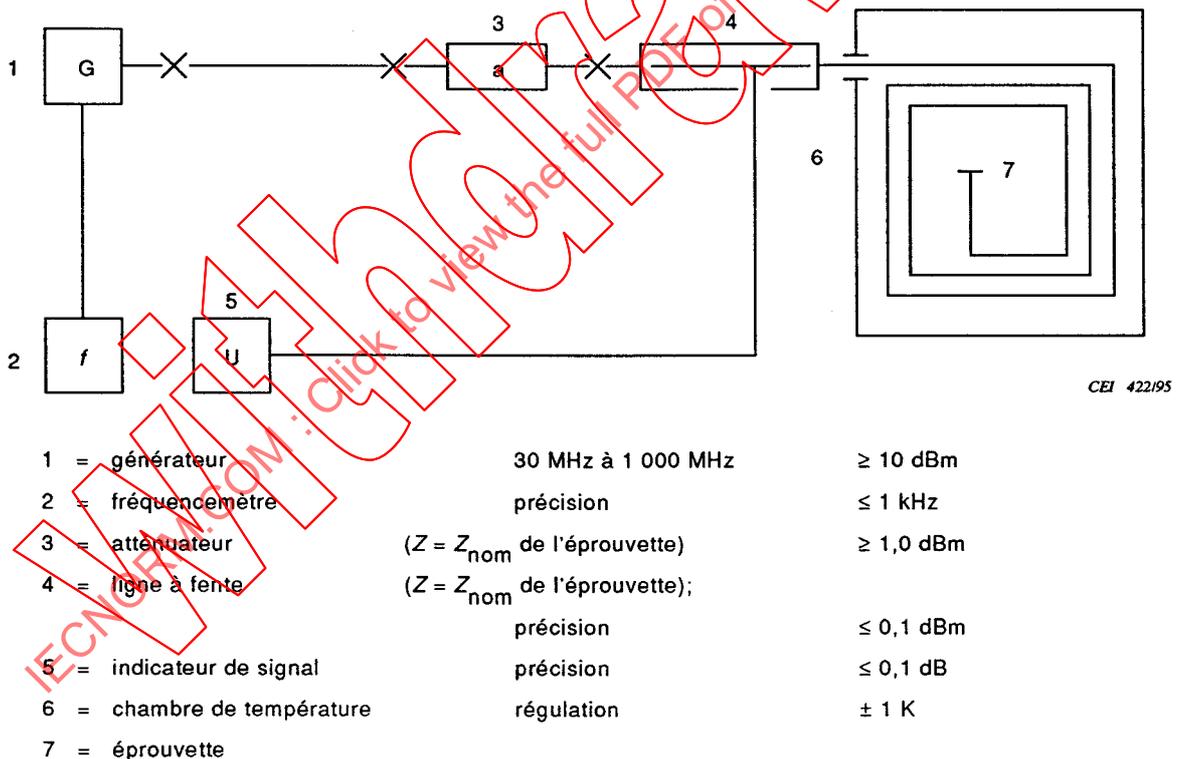


Figure 11 – Schéma de montage du circuit pour la méthode de la ligne à fente

11.11.5.2 *Procédure*

On recommande une fréquence de mesure pour laquelle la longueur d'onde est inférieure à deux fois la longueur de la ligne à fente, ce qui permettra d'observer deux minima de tension sur la ligne à fente.

To safeguard against irreversible variations of the phase constant it may be necessary to precondition the test specimen with a number of temperature cycles. In this case the lower and upper temperatures and the number and duration of the cycles shall be stated in the relevant cable specification.

11.11.4 Test equipment

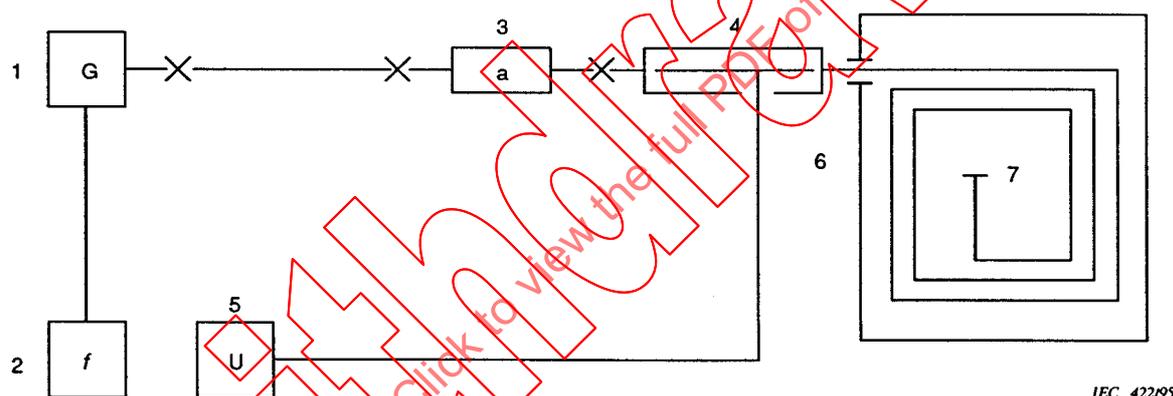
Several test methods may be used for the determination of phase stability. The choice will depend on the insertion loss of the test specimen. Any frequency in the range stated in 11.11.1 may be used.

Measurements shall only be made after the test specimen has reached its final temperature. Test equipment shall be chosen so that the uncertainty of the test results shall not exceed 10 % of the specified maximum permissible phase variation.

11.11.5 Method with slotted line (insertion loss < 3 dB)

11.11.5.1 Layout

The test equipment shall be assembled generally in accordance with the circuit arrangement as shown in figure 11.



1	= generator	30 MHz to 1 000 MHz	≥ 10 dBm
2	= frequency counter	resolution	≤ 10 kHz
3	= attenuator	($Z = Z_{\text{nom}}$ of test specimen)	≥ 10 dBm
4	= slotted line	($Z = Z_{\text{nom}}$ of test specimen);	
		resolution	$\leq 0,1$ mm
5	= signal indicator	resolution	$\leq 0,1$ dB
6	= temperature chamber	regulation	± 1 K
7	= test specimen		

Figure 11 – Layout of test circuit for method with slotted line

11.11.5.2 Procedure

A test frequency is recommended at which the wavelength is shorter than twice the length of the slotted line. This will allow two voltage minima to be observed on the slotted line.

A fréquence plus basse il est recommandé que la fréquence choisie permette que l'unique minimum de tension se produise à environ la moitié de la ligne à fente.

Quand une température stable est atteinte, la position du minimum sur la ligne à fente doit être déterminée. La partie mobile de la ligne à fente doit être réglée sur une position de chaque côté de ce minimum pour laquelle la tension lui est supérieure de 3 dB. La moyenne de ces deux positions doit être considérée comme position du minimum.

La procédure doit être répétée à plusieurs températures situées dans la plage des températures spécifiées. La fréquence de mesure doit rester constante (inférieure à 10^{-6}) durant la séquence d'essai.

11.11.5.3 Expression des résultats

Pour une variation unidirectionnelle de la constante de phase, le module de la variation relative totale et du coefficient de température doit être déterminé par:

$$\left| \frac{\delta b_{\text{tot}}}{b} \right| = \left| \frac{(l_2 - l_1)}{l} \right| \times v_r \quad (27)$$

où

l_1 est la position du minimum à t_1 ;

l_2 est la position du minimum à t_2 ;

l est la longueur de l'éprouvette dans la chambre d'essai;

v_r est la valeur nominale de la vitesse de propagation relative de l'éprouvette.

Le signe de $\delta b_{\text{tot}}/b$ ou de CT est positif lorsque le minimum de tension sur la ligne à fente se déplace vers l'éprouvette à température croissante.

Pour des variations multidirectionnelles ou non linéaires de la constante de phase, t_1 et t_2 sont les températures pour lesquelles se produisent les valeurs extrêmes de la constante de phase.

11.11.6 Méthode de la variation de fréquence (perte d'insertion ≤ 3 dB)

11.11.6.1 Schéma de montage

L'équipement d'essai doit généralement être conforme au circuit indiqué à la figure 12.

At lower frequencies it is recommended that the frequency selected ensures that the single voltage minimum occurs about the middle of the slotted line.

When a stable temperature is reached the position of a minimum on the slotted line shall be determined. The carriage of the slotted line shall be adjusted to a position on each side of the minimum in which the voltage is 3 dB higher than at the minimum. The average of these two positions shall be taken as the position of the minimum.

The procedure shall be repeated at several temperatures within the specified temperature range. The test frequency shall remain constant (within 10^{-6}) during the test sequence.

11.11.5.3 Expression of results

For unidirectional variation of the phase constant the modulus of the total relative variation and of the temperature coefficient shall be determined by:

$$\left| \frac{\delta b_{\text{tot}}}{b} \right| = \left| \frac{(l_2 - l_1)}{l} \right| \times v_r \quad (27)$$

where

l_1 is the minimum position at t_1 ;

l_2 is the minimum position at t_2 ;

l is the physical length of the test specimen in the test chamber;

v_r is the nominal value of the relative propagation velocity of the test specimen.

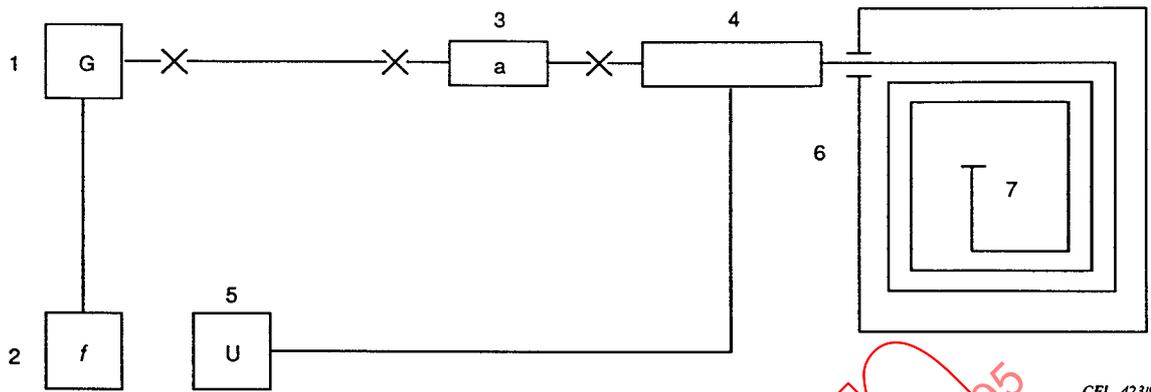
The sign of $\delta b_{\text{tot}}/b$ or TC is positive when the voltage minimum on the slotted line moves towards the test specimen with increasing temperature.

For multidirectional or non-linear variations of the phase constant, t_1 and t_2 become the temperatures for the range at which the extreme values of the phase constant occur.

11.11.6 Frequency variation method (insertion loss ≤ 3 dB)

11.11.6.1 Layout

The test equipment shall be assembled generally in accordance with the circuit arrangement shown in figure 12.



CEI 423/95

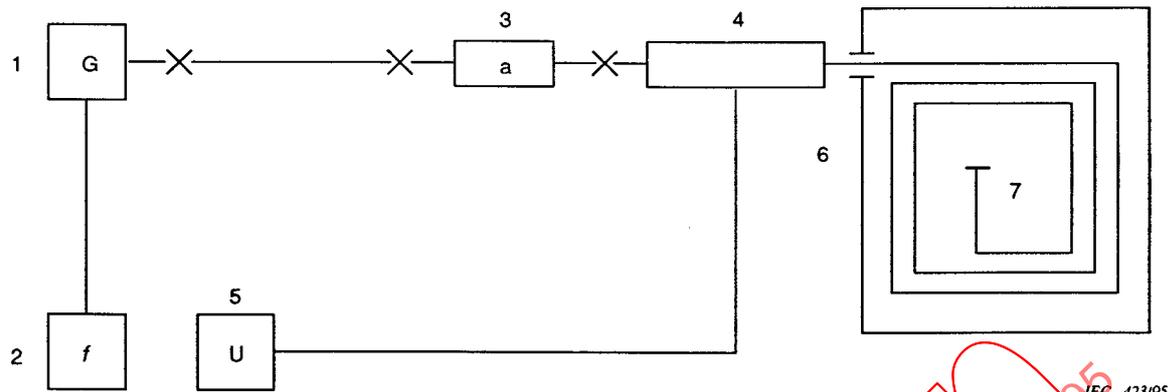
- | | | |
|----------------------------|----------------------------------|----------------|
| 1 = générateur | 30 MHz à 1 000 MHz | ≥ 10 dBm |
| 2 = fréquencesmètre | précision | ≤ 1 kHz |
| 3 = atténuateur | ($Z = Z_{nom}$ de l'éprouvette) | $\geq 1,0$ dBm |
| 4 = système d'insertion | ($Z = Z_{nom}$ de l'éprouvette) | |
| 5 = indicateur de signal | précision | $\leq 0,1$ dB |
| 6 = chambre de température | régulation | ± 1 K |
| 7 = éprouvette | | |

Figure 12 – Schéma de montage du circuit d'essai relatif à la méthode par variation de fréquence

11.11.6.2 Procédure

Toute fréquence peut être choisie dans la gamme des fréquences admises donnant un minimum de tension, sauf indication contraire mentionnée dans la spécification particulière du câble. Quand une température stable a été atteinte on doit déterminer la fréquence à laquelle il se produit un minimum de tension. Dans ce but, la fréquence doit être réglée sur les valeurs situées en dessous et au-dessus du minimum de fréquence pour lequel la tension est supérieure de 3 dB. La moyenne de ces deux fréquences doit être considérée comme la fréquence correspondant au minimum.

La procédure doit être répétée à plusieurs température situées dans la plage des températures spécifiées.



1	= generator	30 MHz to 1 000 MHz	≥ 10 dBm
2	= frequency counter	resolution	≤ 10 kHz
3	= attenuator	($Z = Z_{\text{nom}}$ of test specimen)	≥ 10 dBm
4	= insertion unit	($Z = Z_{\text{nom}}$ of test specimen)	
5	= signal indicator	resolution	$\leq 0,1$ dB
6	= temperature chamber	regulation	± 1 K
7	= test specimen		

Figure 12 – Layout of test circuit for frequency variation method

11.11.6.2 Procedure

Any frequency may be chosen within the permissible frequency range which gives a minimum voltage, unless specified otherwise in the relevant cable specification. When a stable temperature has been reached, the frequency at which the minimum voltage occurs shall be determined. For this purpose, the frequency shall be adjusted to values below and above the minimum frequency at which the voltage is 3 dB higher. The average of these two frequencies shall be taken as the frequency of the minimum.

The procedure shall be repeated at several temperatures within the specified temperature range.

11.11.6.3 Expression des résultats

Pour une variation unidirectionnelle de la constante de phase la variation relative totale et le coefficient de température doivent être déterminés par:

$$\delta b_{\text{tot}} / b = \frac{(1/f_2 - 1/f_1)}{1/f_{20}} \times \frac{l_t}{l} \tag{29}$$

et

$$CT = \frac{(1/f_2 - 1/f_1)}{1/f_{20} (t_2 - t_1)} \times \frac{l_t}{l} \tag{30}$$

où

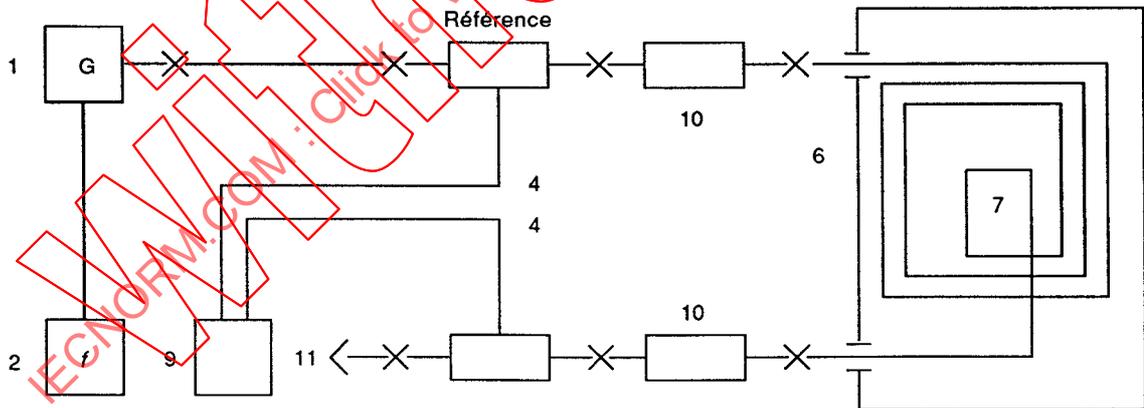
- f_1 est la fréquence du minimum à la température t_1 ;
- f_2 est la fréquence du minimum à la température t_2 ;
- f_{20} est la fréquence du minimum à température ambiante;
- l_t est la longueur totale de l'éprouvette;
- l est la longueur de l'éprouvette dans la chambre d'essai en température.

Pour des variations multidirectionnelles ou non linéaires de la constante de phase, t_1 et t_2 sont les températures pour lesquelles se produisent les valeurs extrêmes de la constante de phase.

11.11.7 Méthode du phasemètre (perte d'insertion ≤ 50 dB)

11.11.7.1 Schéma de montage

L'équipement d'essai doit généralement être conforme au circuit indiqué à la figure 13.



CEI 424/95

- | | | |
|----------------------------------|---|------------------|
| 1 = générateur | 30 MHz à 1 000 MHz | ≥ 10 dBm |
| 2 = fréquencesmètre | précision | ≤ 1 kHz |
| 4 = système d'insertion | ($Z = Z_{\text{nom}}$ de l'éprouvette) | |
| 6 = chambre de température | régulation | ± 1 K |
| 7 = éprouvette | | |
| 9 = phasemètre | précision | $\leq 0,1$ degré |
| 10 = transformateur d'adaptation | (si $Z = Z_{\text{système d'insertion}} \neq Z_{\text{nom}}$ de l'éprouvette) | |
| 11 = charge | ($Z = Z_{\text{système d'insertion}}$) | |

Figure 13 – Schéma de montage du circuit d'essai relatif à la méthode du phasemètre

11.11.6.3 *Expression of results*

For unidirectional variation of the phase constant, the total relative variation and temperature coefficient shall be:

$$\delta b_{\text{tot}}/b = \frac{(1/f_2 - 1/f_1)}{1/f_{20}} \times \frac{l_t}{l} \quad (29)$$

and

$$TC = \frac{(1/f_2 - 1/f_1)}{1/f_{20} (t_2 - t_1)} \times \frac{l_t}{l} \quad (30)$$

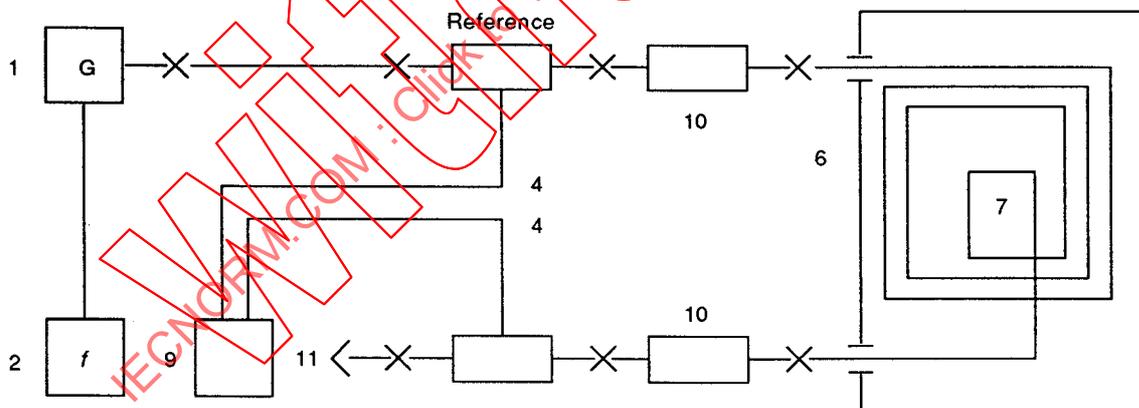
where

- f_1 is the frequency of minima at temperature t_1 ;
- f_2 is the frequency of minima at temperature t_2 ;
- f_{20} is the frequency of the minimum at room temperature;
- l_t is the total length of the test specimen;
- l is the length of the test specimen in the temperature chamber

For multidirectional or non-linear variations of the phase constant, t_1 and t_2 become the temperatures at which the extreme values of the phase constant occur.

11.11.7 *Method with phase meter (insertion loss ≤ 50 dB)*11.11.7.1 *Layout*

The test equipment shall be assembled generally in accordance with the circuit arrangement shown in figure 13.



IEC 424195

1 = generator	30 MHz to 1 000 MHz	≥ 10 dBm
2 = frequency counter	resolution	≤ 1 kHz
4 = insertion unit	($Z = Z_{\text{nom}}$ of test specimen)	
6 = temperature chamber	regulation	± 1 K
7 = test specimen		
9 = phase meter	resolution	$\leq 0,1$ degree
10 = matching transformer	(if $Z = Z_{\text{insertion unit}} \neq Z_{\text{nom}}$ of test specimen)	
11 = load	($Z = Z_{\text{insertion unit}}$)	

Figure 13 – Layout of test circuit for method with phase meter

11.11.7.2 Procédure

Toute fréquence peut être choisie dans la plage des fréquences admises sauf indication contraire mentionnée dans la spécification particulière du câble.

Le phasemètre doit être étalonné à la fréquence d'essai. Dans ce but, les bornes du système d'insertion (ou éventuellement du transformateur d'équilibrage) doivent être reliées ensemble et l'indicateur doit être alors sur zéro. La fréquence d'essai doit rester constante ($\leq 10^{-6}$) durant la phase d'essai.

Après étalonnage l'éprouvette doit être introduite et l'indication de mesure enregistrée. L'étalonnage doit être répété à chaque température après que les conditions de régime permanent soient atteintes et avant que la lecture pour l'éprouvette soit enregistrée.

La procédure doit être répétée à plusieurs températures appartenant à la plage de température indiquée dans la spécification particulière du câble.

11.11.7.3 Expression des résultats

Pour une variation unidirectionnelle de la constante de phase la variation relative totale et le coefficient de température doivent être déterminés par:

$$\delta b_{\text{tot}}/b = \frac{0,833 (\zeta_2 - \zeta_1)}{l \times f} \times v_r \quad (31)$$

$$CT = \frac{0,833 (\zeta_2 - \zeta_1)}{l \times f (t_2 - t_1)} \times v_r \quad (32)$$

où

ζ_1 est l'angle de phase à la température t_1 , en degrés;

ζ_2 est l'angle de phase à la température t_2 , en degrés;

l est la longueur physique de l'éprouvette dans la chambre d'essai en température, en mm,

v_r est la valeur nominale de la vitesse de propagation relative de l'éprouvette;

f est la fréquence d'essai, en MHz.

Pour des variations multidirectionnelles ou non linéaires de la constante de phase, t_1 et t_2 sont les températures pour lesquelles se produisent les valeurs extrêmes de celle-ci.

11.11.8 Prescription

Le maximum de la variation relative et/ou du coefficient de température de la constante de phase doivent être conformes aux valeurs indiquées dans la spécification particulière du câble.

11.12 Affaiblissement de réflexion (uniformité de l'impédance)

11.12.1 Principe

Cet essai a pour but de déterminer l'affaiblissement de réflexion des câbles coaxiaux pour fréquences radioélectriques, en utilisant soit des coupleurs directionnels pour séparer les ondes incidentes et réfléchies, soit la mesure du coefficient de réflexion d'entrée à l'aide d'un circuit en pont.

11.11.7.2 Procedure

Any frequency may be chosen within the permissible frequency range, unless specified otherwise in the relevant cable specification.

The phase meter shall be calibrated at the test frequency. For this purpose, the ports of the insertion units (or the matching transformers, if used) shall be connected together and the scale indication shall be set to zero. The test frequency shall be kept constant ($\leq 10^{-6}$) during the test sequence.

After calibration the test specimen shall be inserted and the scale readings recorded. The calibration shall be repeated at each temperature after steady state conditions are reached and before the test specimen reading is recorded.

The procedure shall be repeated at several temperatures within the specified temperature range given in the relevant cable specification.

11.11.7.3 Expression of results

For unidirectional variation of the phase constant the total relative variation and temperature coefficient shall be determined by:

$$\delta b_{\text{tot}} / b = \frac{0,833 (\zeta_2 - \zeta_1)}{l \times f} \times v_r \quad (31)$$

$$CT = \frac{0,833 (\zeta_2 - \zeta_1)}{l \times f (t_2 - t_1)} \times v_r \quad (32)$$

where

ζ_1 is the phase angle at temperature t_1 , in degrees;

ζ_2 is the phase angle at temperature t_2 , in degrees;

l is the physical length of the test specimen in the temperature chamber, in mm;

v_r is the nominal value of the relative propagation velocity of the test specimen;

f is the test frequency, in MHz.

For multidirectional or non-linear variations of the phase constant, t_1 and t_2 become the temperatures at which the extreme values of the phase constant occur.

11.11.8 Requirement

The maximum relative variation and/or the temperature coefficient of the phase constant shall comply with the values indicated in the relevant cable specification.

11.12 Return loss (uniformity of impedance)

11.12.1 Principle

The purpose of the test is to determine the return loss of r.f. coaxial cables, using either directional couplers to separate the incident and reflected waves, or by measurement of the input reflection coefficient using a bridge circuit.

11.12.2 Définitions

A toute fréquence l'impédance d'entrée est une fonction de la variation de l'impédance caractéristique locale et aussi de l'espacement de ces variations là où elles sont périodiques. A haute fréquence l'impédance d'entrée peut différer considérablement de l'impédance caractéristique moyenne de l'éprouvette. L'affaiblissement de réflexion est une mesure de cette différence dans le domaine fréquentiel.

L'affaiblissement de réflexion est défini par:

$$a_r = 20 \log (u_i / u_r) \quad \text{en dB} \quad (33)$$

où

u_i est l'amplitude de l'onde incidente, l'éprouvette se terminant sur l'impédance Z_n ;

u_r est l'amplitude de l'onde réfléchie, l'éprouvette se terminant sur l'impédance Z_n ;

Z_n est l'impédance caractéristique nominale indiquée dans la spécification du câble.

L'affaiblissement de réflexion est relié au coefficient de réflexion r par:

$$\begin{aligned} r &= u_r / u_i \\ &= 10^{-(a_r/20)} \end{aligned} \quad (34)$$

Il est indirectement lié au rapport d'ondes stationnaires, s , par:

$$s = (1 + r) / (1 - r) \quad (35)$$

11.12.2 *Definitions*

The input impedance at any frequency is a function of the variation of the local characteristic impedance and also of the spacing of these variations where they are periodic. At high frequencies the input impedance may differ considerably from the mean characteristic impedance of the test specimen. The return loss is a measure of this difference in the frequency domain.

Return loss is defined as:

$$a_r = 20 \log (u_i / u_r) \quad \text{in dB} \quad (33)$$

where

- u_i is the magnitude of the incident wave with reference to the impedance Z_n ;
- u_r is the magnitude of the reflected wave with the test specimen terminated in impedance Z_n ;
- Z_n is the nominal characteristic impedance given in the relevant cable specification.

Return loss is related to the reflection coefficient, r , by:

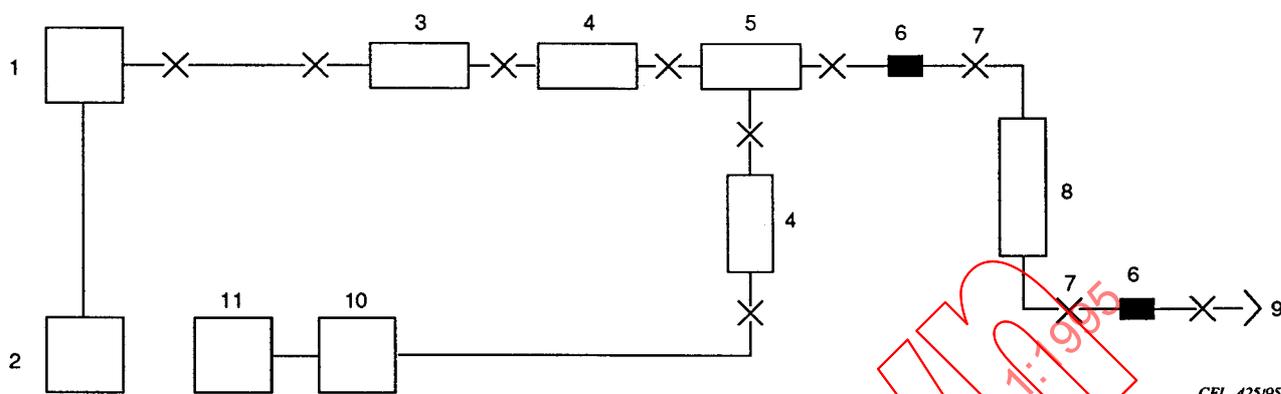
$$\begin{aligned} r &= u_r / u_i \\ &= 10^{-(a_r/20)} \end{aligned} \quad (34)$$

It is indirectly related to the standing wave ratio, s , by:

$$s = (1 + r) / (1 - r) \quad (35)$$

11.12.3 Schéma de montage

L'équipement d'essai doit généralement être conforme au circuit indiqué à la figure 14.



CEI 425/95

1 = générateur vobulé	30 MHz à 1 000 MHz	≥ 10 dBm
2 = fréquencemètre	précision	≤ 1 KHz
3 = atténuateur variable	0 dB à 50 dB par bonds de 1 dB	
4 = atténuateur		≥ 6 dB
5 = pont réflectomètre	directivité	≥ 36 dB
6 = adaptateur d'essai	affaiblissement de réflexion propre	≥ 40 dB
7 = connecteur d'essai	affaiblissement de réflexion propre	≥ 40 dB
8 = éprouvette		
9 = charge adaptée	affaiblissement de réflexion propre	≥ 40 dB
10 = unité de traitement de signaux		
11 = indicateur de signal	précision	0,1 dB

NOTES

1 Pour diminuer l'erreur, il convient que le réflectomètre ou le pont soit de même impédance nominale que l'éprouvette. Il est recommandé d'insérer un atténuateur intermédiaire, connecté directement à l'entrée et sortie du pont, de valeur suffisante (par exemple 6 dB) afin de réduire à moins de 1 dB ce qui résulte des mesures en «court circuit» et en «ouvert».

2 Si elle n'est pas indiquée dans la spécification particulière du câble, l'incertitude introduite par la directivité du pont ou du réflectomètre et/ou l'affaiblissement de réflexion propre des autres constituants doit être comprise entre le quart et 1 % de la réflexion correspondant au minimum de réflexion admise.

Figure 14 – Schéma de montage du circuit d'essai pour la mesure de l'affaiblissement de réflexion

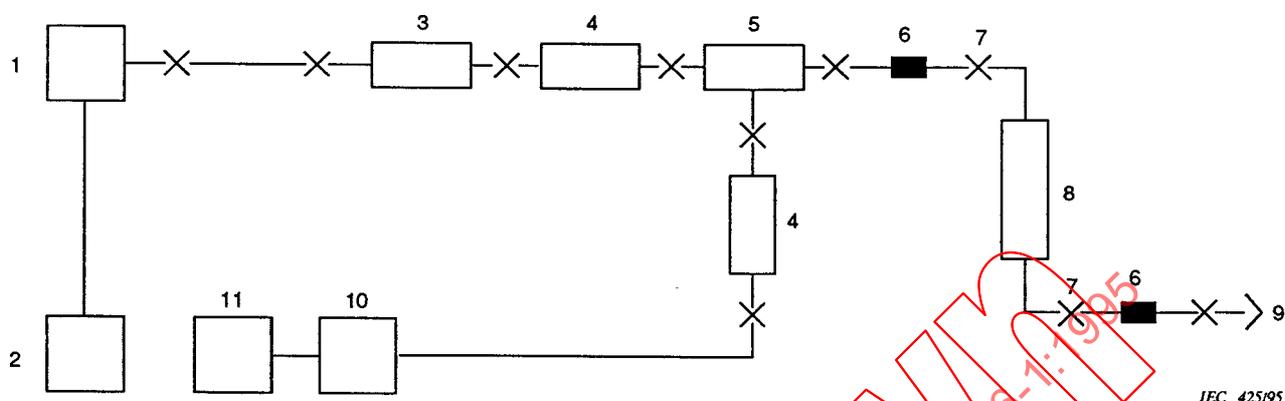
11.12.4 Préparation de l'éprouvette

Sauf indication contraire, la longueur de l'éprouvette doit être telle que la perte d'insertion, à la fréquence d'essai la plus basse, soit de moins de 6 dB. Si cela ne peut être réalisé, la longueur minimale ne doit pas être inférieure à 100 m.

Des connecteurs d'essai, à faible réflexion propre, doivent être montés aux deux extrémités de l'éprouvette afin de permettre un raccordement direct au pont du réflectomètre aussi bien qu'à la charge adaptée.

11.12.3 *Layout*

The test equipment shall be assembled generally in accordance with the circuit arrangements shown in figure 14.



IEC 425/95

1 = sweep generator	30 MHz to 1 000 MHz	≥ 10 dBm
2 = frequency indicator	resolution	≤ 1 KHz
3 = variable attenuator	0 dB to 50 dB in 1 dB steps	
4 = attenuator		≥ 6 dB
5 = bridge/reflectometer	directivity	≥ 36 dB
6 = test adaptor	inherent return loss	≥ 40 dB
7 = test connector	inherent return loss	≥ 40 dB
8 = test specimen		
9 = terminating load	inherent return loss	≥ 40 dB
10 = signal processing unit		
11 = signal indicator	precision	0,1 dB

NOTES

1 To minimise error, the reflectometer or bridge should be of the same nominal impedance as the test specimen. It is recommended to insert buffer pads connected directly to the bridge input and output ports of sufficient value (e.g. 6 dB) to bring the traces resulting from measurements with the measure port open and short-circuited to within 1 dB.

2 If not specified in the relevant cable specification the uncertainty introduced by the directivity of the bridge or reflectometer and by the inherent loss of the other components shall be less than one quarter of the reflection corresponding to the minimum permissible return loss, but not less than 0,01.

Figure 14 – Layout of test circuit for return loss measurement

11.12.4 *Preparation of test specimen*

Unless otherwise specified, the length of the test specimen shall be such that the insertion loss at the lowest test frequency is at least 6 dB. If this cannot be achieved the minimum length shall not be less than 100 m.

Test connectors with small inherent reflections shall be fitted on both ends of the test specimen to allow direct connection to the bridge or reflectometer as well as to the terminating load.

11.12.5 *Etalonnage de l'équipement d'essai*

11.12.5.1 *Etalonnage avec réflexion totale*

Durant l'étalonnage, les bornes d'essai du pont ou du réflectomètre doivent être d'abord en circuit «ouvert», puis en «court-circuit». Le signal réfléchi correspond à un coefficient de réflexion de 100 % ou de 0 dB d'affaiblissement de réflexion. Si les niveaux de signal obtenus en circuit «ouvert» et en «court-circuit» sont différents, la moyenne des deux sera prise comme niveau de référence.

Les lignes de calibrage doivent être établies et enregistrées selon des fréquences situées dans la gamme de fréquences spécifiées. Les niveaux respectifs de signal doivent être obtenus à l'aide d'un atténuateur variable ou bien à l'aide de l'unité de traitement de signaux si elle comprend un atténuateur variable par bond.

11.12.5.2 *Etalonnage avec une désadaptation étalon*

L'étalonnage peut s'effectuer en utilisant un déséquilibre étalon correspondant à un coefficient de réflexion connu, ou un affaiblissement de réflexion qui produit une courbe de réponse presque horizontale sur la plage de fréquence spécifiée. Afin de diminuer l'influence de l'erreur inhérente au pont ou au réflectomètre sur l'étalonnage, le coefficient de réflexion du déséquilibre étalon doit valoir au moins cinq fois cette erreur.

L'étalonnage des lignes doit être effectué comme indiqué en 11.12.5.1.

11.12.5.3 *Précision de la mesure*

L'affaiblissement de réflexion mesuré sera sujet aux incertitudes de mesures causées par les coefficients de réflexion suivants:

$$\delta_r = \left| r_A + r_B e^{-2\tau l} \right| \quad (36)$$

$$\leq r_m/k \quad (37)$$

où

$$r_A = r_d + r_c + r_a;$$

$$r_B = r_c + r_a + r_1;$$

r_d est le coefficient de réflexion correspondant à la directivité du réflectomètre du pont;

r_c est le coefficient de réflexion des connecteurs;

r_a est le coefficient de réflexion des adaptateurs d'essai;

r_1 est le coefficient de réflexion de la charge;

r_A est le coefficient de réflexion propre au câble d'entrée;

r_B est le coefficient de réflexion propre au câble de sortie;

τ est la constante de propagation dans l'éprouvette;

r_m est le coefficient de réflexion maximal admissible de l'éprouvette;

l est la longueur physique de l'éprouvette;

k 4, sauf indication contraire mentionnée dans la spécification particulière du câble.

11.12.5 Calibration of test equipment

11.12.5.1 Calibration with total reflection

During calibration, the test port of the bridge or reflectometer shall be first open-circuited and then short-circuited. The reflected signal corresponds to a reflection coefficient of 100 % or 0 dB return loss. If the signal levels obtained with open- and short-circuited ports differ, the average of both shall be taken as the reference level.

In order to obtain signal levels corresponding to discrete small reflection coefficients or large return losses, calibration lines shall be established and recorded against frequency over the specified frequency range. The different signal levels shall be achieved by the variable attenuator or by the signal processing unit if it contains a step attenuator.

11.12.5.2 Calibration with standard mismatch

Calibration may be performed using a standard mismatch having a known reflection coefficient or return loss which provides an almost flat response over the specified frequency range. In order to minimize the influence of the inherent error of the bridge or reflectometer on the calibration, the reflection coefficient of the standard mismatch shall be at least five times this error.

Calibration lines shall be established as described in 11.12.5.1.

11.12.5.3 Accuracy of measurement

The measured return loss will be subject to measuring uncertainties caused by the following reflection coefficients:

$$\delta_r = \left| \Gamma_A + \Gamma_B e^{-2\tau l} \right| \quad (36)$$

$$\leq \Gamma_m / k \quad (37)$$

where

$$\Gamma_A = \Gamma_d + \Gamma_c + \Gamma_a;$$

$$\Gamma_B = \Gamma_c + \Gamma_a + \Gamma_1;$$

Γ_d is the reflection coefficient corresponding to the directivity of bridge/reflectometer;

Γ_c is the reflection coefficient of the connectors;

Γ_a is the reflection coefficient of the test adaptors;

Γ_1 is the reflection coefficient of the load;

Γ_A is the resultant reflection coefficient of the cable inlet;

Γ_B is the resultant reflection coefficient of the incident wave at the cable outlet;

τ is the propagation constant of the test specimen;

Γ_m is the maximum permissible reflection coefficient of the test specimen;

l is the physical length of the test specimen;

k 4, unless otherwise stated in the relevant cable specification.

L'incertitude δ_r peut être déterminée seulement de manière empirique. Pour ce faire l'éprouvette est remplacée par une courte longueur du même type de câble dont l'impédance caractéristique est aussi proche que possible de la valeur nominale. Il convient que le coefficient de réflexion de ce câble soit mesuré sur une plage de fréquence aussi large que possible, et que sa longueur physique vérifie la condition:

$$l = (2 \text{ ou } 3) \times 150 \times v_r / (f_2 - f_1) \tag{38}$$

où

l est la longueur physique de l'éprouvette, en m;

f_1, f_2 est la fréquence, en MHz.

Ce câble est mesuré d'abord avec une charge adaptée donnant par exemple une courbe de coefficient comme indiquée à la figure 15. La charge est ensuite remplacée par une autre ayant un déséquilibre plus grand que la valeur correspondante à r_A et la mesure est répétée avec le résultat indiqué à la figure 16.

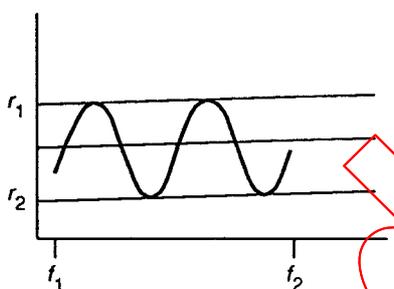


Figure 15

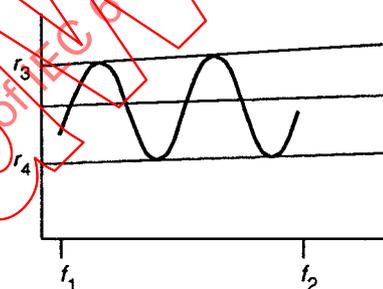


Figure 16

Les modules de r_A et r_B sont calculés comme suit:

$$|r_A| = (r_3 - r_4) / 2 \tag{39}$$

et

$$|r_B| = r_1 - r_A \tag{40}$$

Ainsi les erreurs de réflexions propres sont la cause de l'incertitude approchée de mesure suivante:

$$\Delta r = \pm (r_A + r_B \times 10^{-a/10}) \tag{41}$$

où a est la perte d'insertion de l'éprouvette, en dB.

11.12.6 Procédure

Dans le cas de traitement et d'enregistrement de signal analogique, le taux de fréquence de modulation doit correspondre aux réponses transitoires du dispositif de traitement et d'enregistrement.

The uncertainty δ_r can only be determined empirically. For this purpose the test specimen is substituted by a short length of the same type of cable whose characteristic impedance is as close as possible to the nominal value. The reflection coefficient of this cable should be measured over as wide a frequency range as possible. Its physical length should satisfy the condition:

$$l = (2 \text{ ou } 3) \times 150 \times v_r / (f_2 - f_1) \tag{38}$$

where

l is the physical length of the test specimen, in m;

f_1, f_2 is the frequency, in MHz.

This cable is first measured with a matched load giving for example a reflection coefficient curve as shown in figure 15. The load is then replaced by one with a mismatch larger than the value assumed for the quantity r_A and the measurement is repeated with the result shown in figure 16.

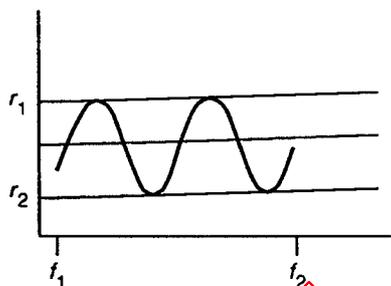


Figure 15

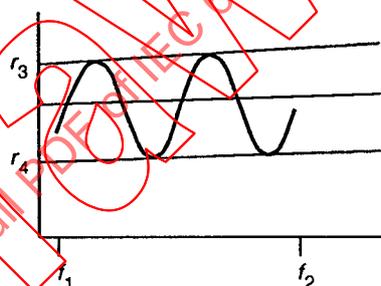


Figure 16

The moduli r_A and r_B are derived as follows:

$$|r_A| = (r_3 - r_4) / 2 \tag{39}$$

and

$$|r_B| = r_1 - r_A \tag{40}$$

So the inherent error reflections cause the following approximate measuring uncertainty:

$$\Delta r = \pm (r_A + r_B \times 10^{-a/10}) \tag{41}$$

where a is the insertion loss of the test specimen, in dB.

11.12.6 Procedure

In the case of analogue signal processing and recording, the frequency sweep rate shall correspond to the transient responses of the processing unit display and recorded.

Le taux de vobulation doit être réduit jusqu'à ce que l'amplitude des crêtes ne varie plus.

A moins qu'un analyseur de réseau type récent soit utilisé pour le traitement et/ou l'enregistrement de signal numérique, la condition suivante doit être satisfaite:

$$n \geq 5 (f_2 - f_1) \times \frac{l}{150} \times v_r \quad (42)$$

où

n est le nombre de points d'échantillonnage dans la plage de fréquence f_2 à f_1 formant la courbe d'affaiblissement de réflexion;

f_1 est la fréquence la plus basse de la plage, en MHz;

f_2 est la fréquence la plus élevée de la plage, en MHz;

l est la longueur physique de l'éprouvette, en m;

v_r est la vitesse de propagation relative nominale de l'éprouvette.

Dans le cas de l'utilisation d'un analyseur de réseau de type récent, le résultat dépend beaucoup du type de l'installation des équipements le constituant. Cependant pour cette utilisation tous les paramètres de mesures particuliers doivent être considérés afin d'éviter des incompréhensions et des résultats de mesures erronés.

11.12.7 Prescription

Sauf indication contraire, la valeur du minimum mesuré de l'affaiblissement de réflexion doit être conforme à la valeur indiquée dans la spécification particulière du câble.

11.13 Exposant d'affaiblissement

11.13.1 Principe

Le but de l'essai est de déterminer l'exposant d'affaiblissement de câbles coaxiaux pour radiofréquences, de préférence à des fréquences ≥ 10 MHz, mais également à des fréquences plus faibles si la valeur de l'impédance caractéristique complexe Z est approximativement égale à l'impédance caractéristique nominale Z de l'éprouvette.

11.13.2 Définitions

L'exposant d'affaiblissement est défini par la relation suivante:

$$\alpha = 10 \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \times \left(\frac{100}{l} \right) \text{ en dB/100 m} \quad (43)$$

où

P_1 est la puissance de sortie d'une source lorsque l'impédance de la charge et l'impédance de la source sont égales et qu'elles ont la même valeur que la valeur nominale de l'éprouvette;

P_2 est la puissance mesurée à l'extrémité de l'éprouvette introduite dans le système d'essai;

l est la longueur physique de l'éprouvette, en m.

The sweep rate shall be reduced until there is no variation in the magnitude of any peak.

Unless a modern network analyser is used for digital signal processing and/or recording, the following conditions shall be satisfied:

$$n \geq 5 (f_2 - f_1) \times \frac{l}{150} \times v_r \quad (42)$$

where

n is the number of sampling points in the frequency range f_2 to f_1 forming the return loss curve;

f_1 is the lowest frequency in the range, in MHz;

f_2 is the highest frequency in the range, in MHz;

l is the physical length of the test specimen, in m;

v_r is the nominal velocity ratio of the test specimen.

When a modern network analyser is used, the result depends very much, on the type and the settings of the particular equipment used. Therefore for its application all relevant measurement parameters must be completely specified to prevent misunderstanding and deviating measuring results.

11.12.7 Requirement

Unless otherwise specified, the measured minimum value of return loss shall comply with the value indicated in the relevant cable specification.

11.13 Attenuation constant

11.13.1 Principle

The purpose of the test is to determine the attenuation constant of r.f. coaxial cables preferably at frequencies ≥ 10 MHz but also at lower frequencies if the magnitude of the complex characteristic impedance Z is approximately equal to the nominal characteristic impedance Z of the test specimen.

11.13.2 Definitions

The attenuation constant is defined as:

$$\alpha = 10 \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \times \left(\frac{100}{l} \right) \text{ in dB/100 m} \quad (43)$$

where

P_1 is the output power of a source where the load impedance and the source impedance are equal and of the same value as the nominal value of the test specimen;

P_2 is the output power measured when the test specimen is inserted into the test system;

l is the physical length of the test specimen, in m.

Si, à des fréquences très faibles, l'écart entre Z et Z ne peut être négligé, la longueur de l'éprouvette doit être telle que:

$$\alpha \times l/100 \gg 8,7 \times r^2 \quad (44)$$

$$r = (|Z_1 - Z_2|) / (|Z_1 + Z_2|) \quad (45)$$

où

α est l'exposant d'affaiblissement nominal, en dB/100 m;

l est la longueur physique de l'éprouvette, en m.

11.13.3 Préparation de l'éprouvette

La longueur de l'éprouvette doit être telle que l'incertitude de la mesure ne soit pas supérieure à 2 % de l'affaiblissement de l'éprouvette. La longueur de l'éprouvette doit être déterminée avec un degré d'incertitude maximal de 1 %. Il est donc souhaitable que le degré d'incertitude accumulé de l'affaiblissement ne dépasse pas 3 %.

Si la méthode par résonance, décrite en 11.13.7 de la présente publication, est utilisée, et si la vitesse de propagation relative de l'échantillon d'essai est connue avec une incertitude ne dépassant pas 1 % de la valeur nominale, il est alors possible de déterminer la longueur à partir de la différence Δf entre les fréquences de résonance adjacentes.

Des connecteurs doivent être installés de part et d'autre de l'éprouvette, excepté pour le circuit d'essai A de la méthode par résonance. Les connecteurs doivent recevoir directement les bornes de l'équipement d'essai ou des adaptateurs d'essai doivent être utilisés. A des fréquences très élevées, la perte d'insertion de ces adaptateurs doit être prise en considération.

11.13.4 Méthode d'essai

Il est possible de mesurer l'éprouvette soit dans des conditions adaptées, soit dans un circuit de résonance, selon la valeur de son affaiblissement.

Bien que l'impédance caractéristique de l'éprouvette ne joue pas de rôle important dans le cas de la méthode des circuits de résonance (voir 11.13.7), il est nécessaire d'utiliser des transformateurs d'adaptation si cette impédance caractéristique est différente de celle de l'équipement d'essai dans les autres procédures. L'utilisation de la méthode par résonance est recommandée pour des échantillons d'essai présentant une faible, voire une très faible perte et ce, quelle que soit leur impédance caractéristique.

11.13.5 Substitution par un atténuateur variable (perte d'insertion ≥ 3 dB)

L'affaiblissement de l'éprouvette peut être remplacé par un atténuateur variable à échelons, le reste de l'affaiblissement étant indiqué sur l'échelle du récepteur de mesure.

11.13.5.1 Configuration

Le montage de l'équipement d'essai doit être conforme à l'un des deux dispositifs de circuits présentés à la figure 17 et à la figure 18.

If, at very low frequencies, the deviation of Z and Z cannot be neglected, the length of the test specimen shall be such that:

$$\alpha \times l/100 \gg 8,7 \times r^2 \quad (44)$$

$$r = (|Z| - Z) / (|Z| + Z) \quad (45)$$

where

α is the nominal attenuation constant, in dB/100 m;

l is the physical length of the test specimen, in m.

11.13.3 Preparation of test specimen

The length of the test specimen shall be such that the uncertainty of the measurement will not exceed 2 % of the attenuation of the test specimen. The length of the test specimen shall be determined with a degree of uncertainty not exceeding 1 %. Thus the accumulated degree of uncertainty of the attenuation should not exceed 3 %.

If the resonance method is used, as detailed in 11.13.7, and the velocity ratio of the test specimen is known with an uncertainty not exceeding 1 % of the nominal value, then the length may be determined from the difference Δf of adjacent resonance frequencies.

Connectors shall be fitted on each end of the test specimen except for test circuit A of the resonance method. The connectors shall match directly the ports of the test equipment or test adaptors shall be used. At very high frequencies the insertion loss of these adaptors shall be considered.

11.13.4 Test method

The test specimen may be measured either under matched conditions or in a resonance circuit depending on the value of its attenuation.

While the characteristic impedance of the test specimen is not important in the case of the resonance circuit method (see 11.13.7), matching transformers shall be used if it is different from that of the test equipment in the other procedures. The resonance method is preferred for use with short and even very low loss test specimens with any characteristic impedance.

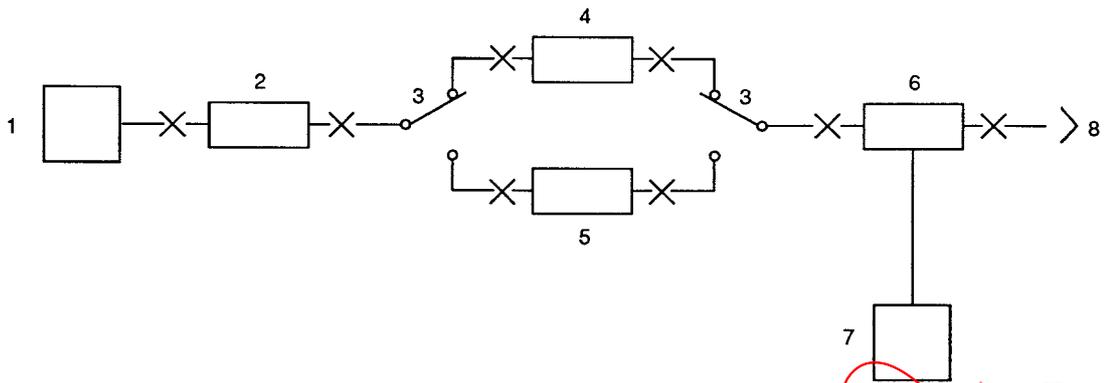
11.13.5 Substitution by attenuator set (insertion loss ≥ 3 dB)

The attenuation of the test specimen is substituted by a step attenuator with the remainder of the attenuation indicated on the scale of the measuring receiver.

11.13.5.1 Layout

The test equipment shall be assembled generally in accordance with one of the two circuit arrangements shown in figure 17 and figure 18.

CIRCUIT A

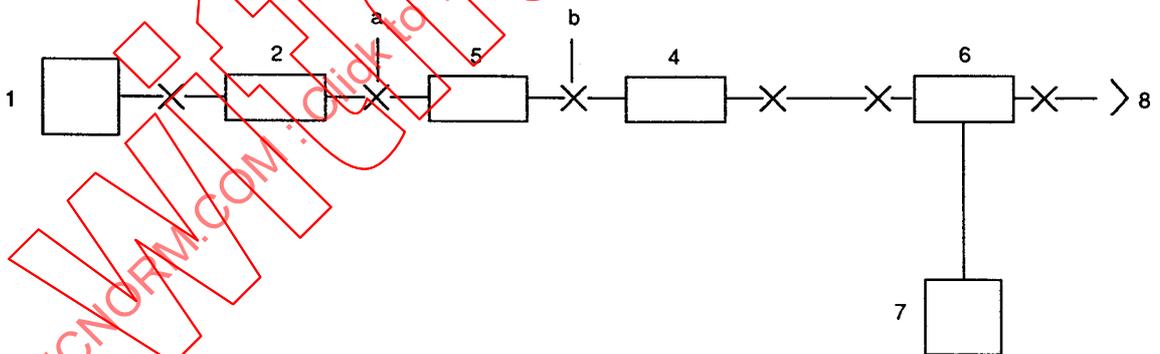


CEI 428/95

- 1 = générateur
- 2 = atténuateur ≥ 6 dB
- 3 = interrupteur coaxial isolation ≥ 20 dB
- 4 = atténuateur variable 0 dB à 50 dB par échelons de 1 dB
- 5 = éprouvette
- 6 = unité d'insertion
- 7 = indicateur de signaux résolution ≤ 0,1 dB
- 8 = charge adaptée

Figure 17 – Configuration de la méthode de substitution relative au circuit d'essai A

CIRCUIT B

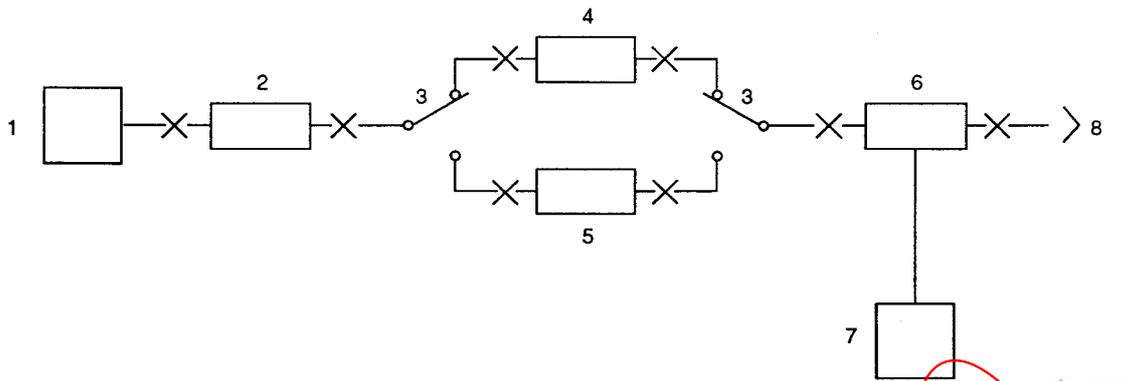


CEI 429/95

- 1 = générateur
- 2 = atténuateur ≥ 6 dB
- 4 = atténuateur variable 0 dB à 50 dB
- 5 = éprouvette
- 6 = unité d'insertion
- 7 = indicateur de signaux résolution ≤ 0,1 dB
- 8 = charge adaptée
- a, b = bornes d'essai

Figure 18 – Configuration de la méthode de substitution relative au circuit d'essai B

CIRCUIT A

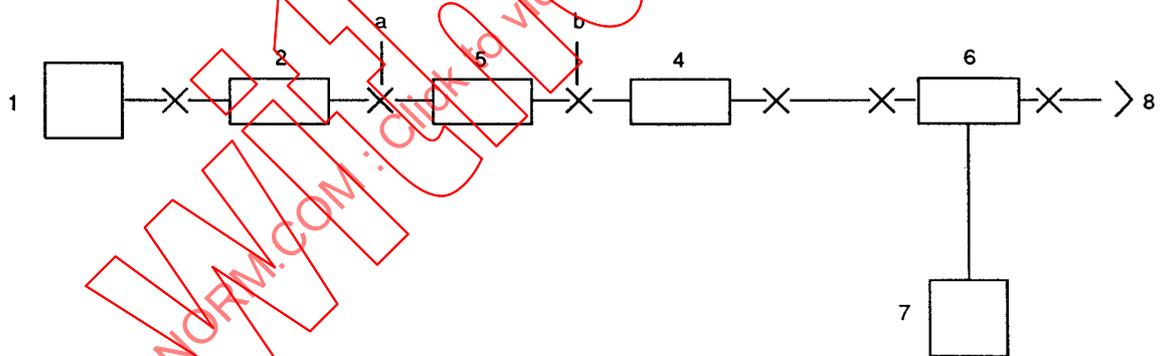


- 1 = generator
- 2 = attenuator ≥ 6 dB
- 3 = coaxial switch isolation ≥ 20 dB
- 4 = attenuator set 0 dB to 50 dB in 1 dB steps
- 5 = test specimen
- 6 = insertion unit
- 7 = signal indicator resolution ≤ 0,1 dB
- 8 = terminating load

IEC 428/95

Figure 17 – Layout of substitution method for test circuit A

CIRCUIT B



- 1 = generator
- 2 = attenuator ≥ 6 dB
- 4 = attenuator set 0 dB to 50 dB
- 5 = test specimen
- 6 = insertion unit
- 7 = signal indicator resolution ≤ 0,1 dB
- 8 = terminating load
- a, b = test ports

IEC 429/95

Figure 18 – Layout of substitution method for test circuit B

11.13.5.2 Procédure

Pour ce qui concerne le circuit A, l'éprouvette doit être insérée dans le circuit d'essai, à la fréquence d'essai et le niveau du générateur doit être réglé à 1 dB en dessous de la déviation totale; la lecture a_1 exprimée en décibels. L'atténuateur variable doit être ensuite inséré dans le circuit d'essai et réglé: la valeur de réglage a_s représente l'écart maximal par rapport à la déviation initiale: la lecture a_2 exprimée en décibels.

Pour ce qui concerne le circuit d'essai B, il est nécessaire d'utiliser la méthode adoptée pour le circuit d'essai A, mais aucun réglage ne doit être effectué sur l'atténuateur variable. L'éprouvette doit être retirée et les bornes d'essai a et b reliées ensemble. L'atténuateur variable doit être réglé de la même manière que dans le circuit d'essai A.

11.13.5.3 Expression des résultats

L'exposant d'affaiblissement doit être déterminé par la relation suivante:

$$\alpha = \frac{a_s + (a_2 - a_1)}{l(1 + 0,002(t - 20))} \times 100 \text{ en dB/100 m à } 20^\circ\text{C} \quad (46)$$

où

a_s est la valeur de réglage de l'atténuateur, en dB;

a_1 est la lecture initiale du récepteur, en dB;

a_2 est la lecture finale du récepteur, en dB;

l est la longueur de l'éprouvette, en m;

t est la température de l'éprouvette, en °C.

11.13.6 Comparaison entre la tension ou la puissance d'entrée et la tension ou la puissance de sortie (perte d'insertion ≥ 3 dB)

L'exposant d'affaiblissement est déterminé à partir du rapport entre la tension ou la puissance d'entrée et la tension ou la puissance de sortie. Il est possible de mesurer les deux grandeurs à tour de rôle à l'aide d'un récepteur de mesure utilisé seul ou conjointement à un analyseur de réseau ou à un appareil de mesure de puissance à deux canaux.

11.13.5.2 Procedure

For test circuit A, at the test frequency the test specimen shall be switched into the test circuit and the generator level adjusted to 1 dB below full-scale deflection, reading a_1 in decibels. Then the attenuator set shall be switched into the test circuit and adjusted, setting a_s with the minimum deviation from the original deflection, reading a_2 in decibels.

For test circuit B, the procedure adopted for test circuit A shall be used but with zero setting of the attenuator set. The test specimen shall be removed and the test ports a and b connected together. The attenuator set shall be adjusted as in test circuit A.

11.13.5.3 Expression of results

The attenuation constant shall be determined as follows:

$$\alpha = \frac{a_s + (a_2 - a_1)}{l(1 + 0,002(t - 20))} \times 100 \text{ in dB/100 m at } 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad (46)$$

where

a_s is the attenuator setting, in dB;

a_1 is the first receiver reading, in dB;

a_2 is the final receiver reading, in dB;

l is the length of the test specimen, in m;

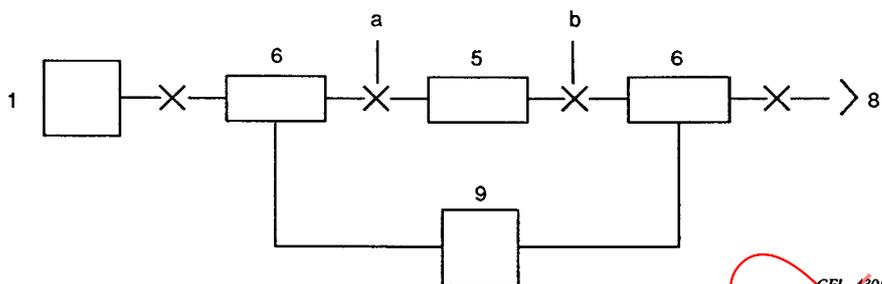
t is the temperature of the test specimen, in $^\circ\text{C}$.

11.13.6 Comparison of input and output voltage or power (insertion loss ≥ 3 dB)

The attenuation constant is determined from the ratio of the input and output voltage or power. Both quantities may be measured in turn by a single measuring receiver or simultaneously with a network analyser or two-channel power meter.

11.13.6.1 Configuration

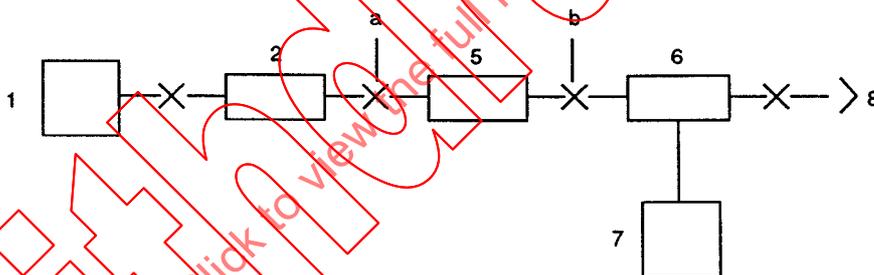
Le montage de l'équipement d'essai doit être conforme à l'un des deux dispositifs de circuits présentés à la figure 19 ou à la figure 20.



CEI 430195

- 1 = générateur
- 5 = éprouvette
- 6 = unité d'insertion
- 8 = charge adaptée
- 9 = analyseur de réseau
- a, b = bornes d'essai

Figure 19 – Circuit d'essai A relatif à la méthode par comparaison (méthode A)



CEI 431195

- 1 = générateur
- 2 = atténuateur ≥ 6 dB
- 5 = éprouvette
- 6 = unité d'insertion
- 7 = récepteur de mesure
- 8 = charge adaptée
- a, b = bornes d'essai

Figure 20 – Circuit d'essai B relatif à la méthode par comparaison (méthode B)

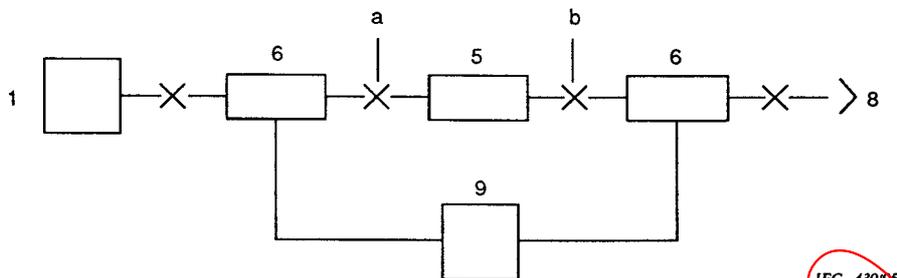
11.13.6.2 Procédure

Pour ce qui concerne le circuit d'essai A, le circuit d'essai doit être étalonné à la fréquence d'essai, les bornes d'essai étant reliées ensemble. L'éprouvette doit être ensuite insérée dans le circuit d'essai et le rapport entre la tension ou la puissance d'entrée et la tension ou la puissance de sortie doit être enregistrée, la lecture a étant exprimée en décibels.

Pour ce qui concerne le circuit B, le circuit doit être étalonné à la fréquence d'essai, les bornes d'essai étant reliées ensemble, la lecture a_1 étant exprimée en décibels. Après introduction de l'éprouvette, une seconde mesure doit être effectuée, la lecture a_2 étant exprimée en décibels.

11.13.6.1 *Layout*

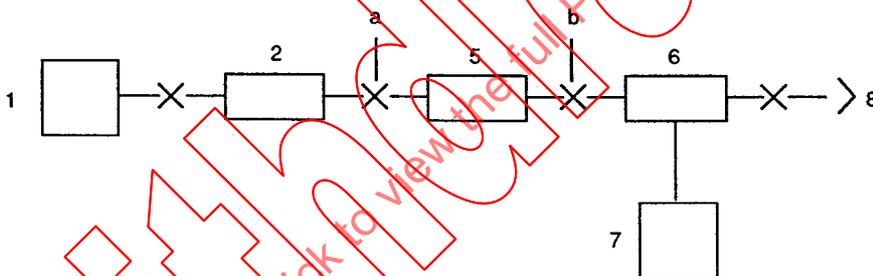
The test equipment shall be assembled generally in accordance with one of the two circuit arrangements shown in figure 19 or figure 20.



IEC 430/95

- 1 = generator
- 5 = test specimen
- 6 = insertion unit
- 8 = terminating load
- 9 = network analyser
- a, b = test ports

Figure 19 – Test circuit A for comparison method A



IEC 431/95

- 1 = generator
- 2 = attenuator ≥ 6 dB
- 5 = test specimen
- 6 = insertion unit
- 7 = measuring receiver
- 8 = terminating load
- a, b = test ports

Figure 20 – Test circuit B for comparison method B

11.13.6.2 *Procedure*

For test circuit A, the test circuit shall be calibrated at the test frequency with the test ports connected together. The test specimen shall then be inserted into the circuit and the ratio of the input and output voltage or power shall be recorded, reading a in decibels.

For test circuit B, the test circuit shall be calibrated at the test frequency with the test ports connected together, reading a_1 in decibels. After insertion of the test specimen, a second measurement shall be made, reading a_2 in decibels.

11.13.6.3 Expression des résultats

L'exposant d'affaiblissement doit être déterminé comme suit:

$$\text{Circuit A} \quad \alpha = \frac{a \times 100}{l(1 + 0,002(t - 20))} \quad \text{en dB/100 mm à } 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad (47)$$

$$\text{Circuit B} \quad \alpha = \frac{(a_1 - a_2) \times 100}{l(1 + 0,002(t - 20))} \quad \text{en dB/100 mm à } 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad (48)$$

où

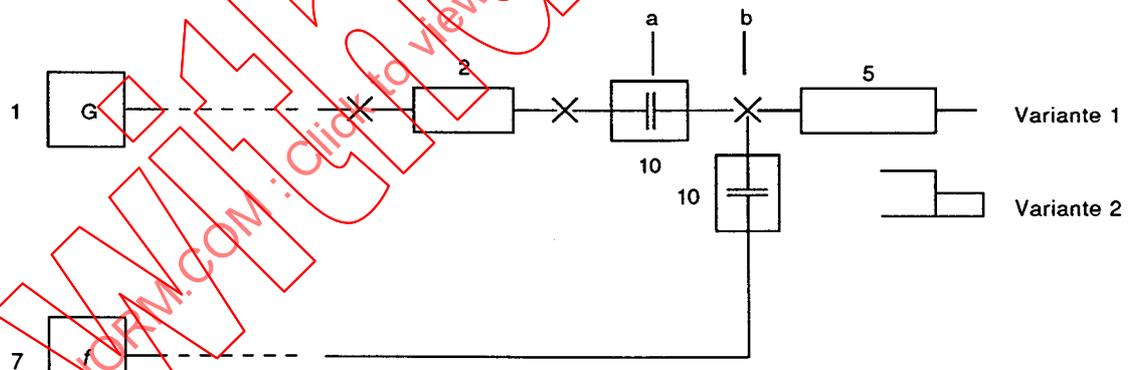
- a* est la lecture du circuit A, en dB;
- a*₁ est la lecture du circuit B sans l'éprouvette, en dB;
- a*₂ est la lecture du circuit B avec l'éprouvette, en dB;
- l* est la longueur de l'éprouvette, en m;
- t* est la température de l'éprouvette, en °C.

11.13.7 Méthode par résonance (perte d'insertion ≤ 3 dB)

Le câble fonctionne comme un résonateur de ligne et l'exposant d'affaiblissement est déterminé à partir de la largeur de bande de la courbe de résonance.

11.13.7.1 Configuration

Le montage de l'équipement d'essai doit être conforme à l'un des deux dispositifs de circuits présentés à la figure 21 et à la figure 22.



CEI 432/95

- 1 = générateur de signaux de synthèse ou générateur de signaux stables, muni d'un fréquencemètre supplémentaire ≥ 10 dBm
- 2 = atténuateur ≥ 10 dB
- 5 = éprouvette
- 7 = récepteur de mesure sensibilité ≤ 10 μV
- 10 = coupleur capacitif variable (il est possible d'utiliser une section de câble coaxial court multibrins)
- a, b = bornes d'essai

Figure 21 – Configuration du circuit d'essai relatif à la méthode par résonance (méthode A)

11.13.6.3 *Expression of results*

The attenuation constant shall be determined as follows:

$$\text{Circuit A} \quad \alpha = \frac{a \times 100}{l(1 + 0,002(t - 20))} \quad \text{in dB/100 mm at } 20^\circ\text{C} \quad (47)$$

$$\text{Circuit B} \quad \alpha = \frac{(a_1 - a_2) \times 100}{l(1 + 0,002(t - 20))} \quad \text{in dB/100 mm at } 20^\circ\text{C} \quad (48)$$

where

a is the test circuit A reading, in dB;

a_1 is the test circuit B reading without the test specimen, in dB;

a_2 is the test circuit B reading with the test specimen, in dB;

l is the length of the test specimen, in m;

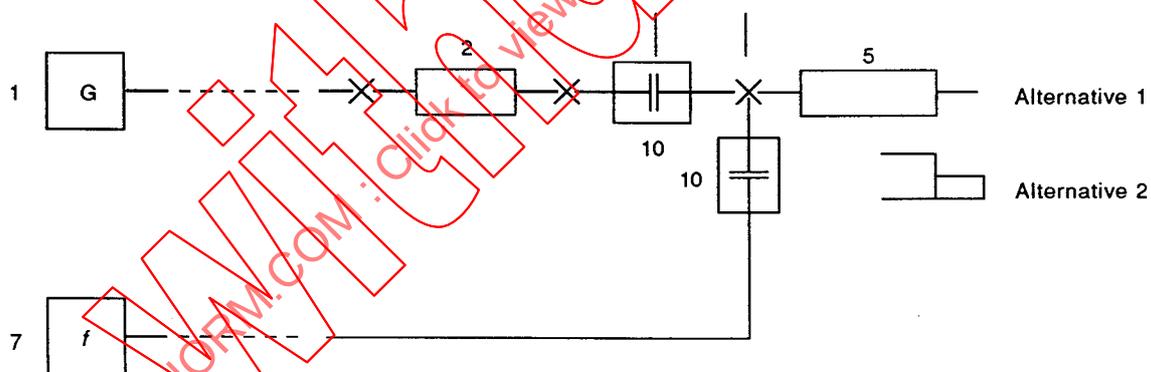
t is the temperature of the test specimen, in °C.

11.13.7 *Resonance method (insertion loss ≤ 3 dB)*

The cable is operated as a line resonator and the attenuation constant is determined from the bandwidth of the resonance curve.

11.13.7.1 *Layout*

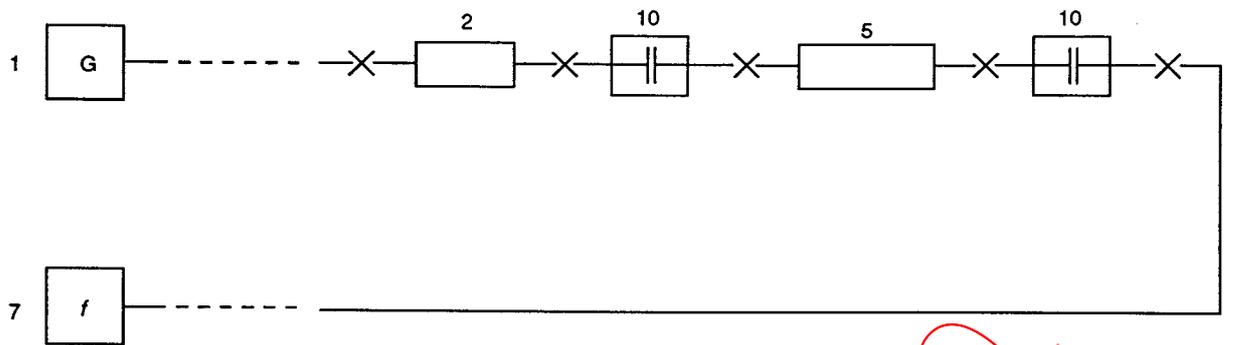
The test equipment shall be assembled generally in accordance with one of the two circuit arrangements shown in figure 21 and figure 22.



IEC 43295

- 1 = synthesized signal generator or stable signal generator with additional frequency counter ≥ 10 dBm
- 2 = attenuator ≥ 10 dB
- 5 = test specimen
- 7 = measuring receiver sensitivity $\leq 10 \mu\text{V}$
- 10 = variable capacitive coupler (a short coaxial line section with split movable inner conductor can be used)
- a, b = test ports

Figure 21 – Layout of test circuit for resonance method A



CEI 433/95

- 1 = générateur de signaux de synthèse ou
générateur de signaux stables, muni
d'un fréquencemètre supplémentaire
10 MHz à 1 000 MHz ≥ 10 dBm
- 2 = atténuateur ≥ 10 dB
- 5 = éprouvette
- 7 = récepteur de mesure
sensibilité $\leq 10 \mu\text{V}$
- 10 = coupleur capacitif variable
(il est possible d'utiliser une section
de câble coaxial court multibrin)

Figure 22 – Configuration du circuit d'essai relatif à la méthode par résonance (méthode B)

11.13.7.2 Procédure

Dans le circuit d'essai A, la tension à l'extrémité d'entrée de l'éprouvette est maximale:

pour une éprouvette à circuit ouvert:

$$f_n = 150 \times v_r \times n / l \text{ en MHz} \quad (49)$$

pour une éprouvette court-circuitée:

$$f_n = 150 \times v_r \times (n - 0,5) / l \text{ en MHz} \quad (50)$$

où

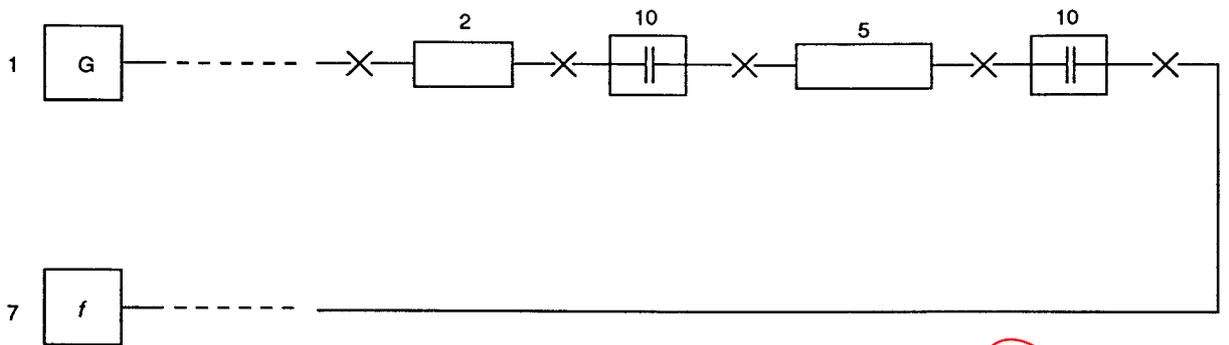
f_n est la fréquence d'essai;

v_r est la vitesse de propagation nominale de l'éprouvette;

l est la longueur de l'éprouvette, en m;

n est un nombre entier.

La résonance du générateur doit être accordée par rapport à une fréquence de résonance f_n . Il est nécessaire de régler la fréquence et la tension de sortie du générateur par rapport à la déviation totale du récepteur.



IEC 433/95

- | | | | |
|------|---|--------------------|-------------------|
| 1 = | synthesized signal generator or stable signal generator with additional frequency counter | 10 MHz à 1 000 MHz | ≥ 10 dBm |
| 2 = | attenuator | | ≥ 10 dB |
| 5 = | test specimen | | |
| 7 = | measuring receiver | sensitivity | ≤ 10 μ V |
| 10 = | variable capacitive coupler (a short coaxial line section with split movable inner conductor can be used) | | |

Figure 22 – Layout of test circuit for resonance method B

11.13.7.2 Procedure

In test circuit A, when the voltage at the input end of the test specimen is a maximum, for an open-circuited test specimen:

$$f_n = 150 \times v_r \times n/l \text{ in MHz} \quad (49)$$

for short-circuited test specimen:

$$f_n = 150 \times v_r \times (n - 0,5) / l \text{ in MHz} \quad (50)$$

where

f_n is the test frequency;

v_r is the nominal velocity of the test specimen;

l is the length of the test specimen, in m;

n is an integer.

The generator frequency shall be tuned to a resonance frequency f_n . Both the frequency and the output voltage of the generator shall be adjusted to full scale deflection of the receiver.

Afin d'éviter l'amortissement de l'éprouvette, il convient de régler les coupleurs capacitifs de sorte que:

$$U_R < 5 \times 10^{-4} \times U_G \quad (51)$$

(c'est-à-dire inférieur à 66 dB)

où

U_R est la plage de pleine échelle du récepteur;

U_G est la tension de sortie du générateur.

La fréquence doit être alors déterminée au-dessus et en dessous de la fréquence de résonance, par rapport à des positions où la déviation maximale tombe de 3 dB. La différence entre ces deux fréquences représente la largeur de bande f .

La mesure doit être répétée à d'autres fréquences de résonance dans la gamme de fréquence prescrite.

Le circuit d'essai B ne permet pas le couplage direct avec le récepteur. Il convient également de l'utiliser à des fréquences voisines de 1 000 MHz, lorsqu'il est difficile de maintenir la distance a-b (figure 21) à une valeur faible par rapport à la longueur d'onde.

11.13.7.3 Expression des résultats

L'exposant d'affaiblissement doit être déterminé à partir de la largeur de bande δf de la courbe de résonance et à partir de la différence Δf entre les fréquences de résonance adjacentes.

$$\Delta f = (f_{n,2} - f_{n,1}) / (n_2 - n_1) \quad (52)$$

où

n_1 est le nombre ordinal de la fréquence de résonance $f_{n,1}$;

n_2 est le nombre ordinal de la fréquence de résonance $f_{n,2}$.

$$\alpha = \frac{868,6 \times \delta f \times \pi}{2 \times f \times l (1 + 0,002 (t - 20))} \quad \text{en dB/100 m à } 20 \text{ °C} \quad (53)$$

où

l est la longueur de l'éprouvette, en m;

t est la température de l'éprouvette, en °C.

Lorsque la vitesse de propagation relative est connue, l peut être remplacée par:

$$l = 150 \times v_r / f \quad \text{en m} \quad (54)$$

où f est exprimée en MHz.

Si $b = \pi \times \delta f / 2 \times \Delta f$ 0,07 dans le circuit A ou $> 0,10$ dans le circuit B, l'utilisation de la formule ci-dessus introduit un degré d'incertitude supérieur à 0,4 % de l'affaiblissement total de l'éprouvette et il convient alors d'utiliser une formule plus précise.

To prevent damping of the test specimen, the capacitive couplers should be set so that:

$$U_R < 5 \times 10^{-4} \times U_G \quad (51)$$

(i.e. less than 66 dB)

where

U_R is the full-scale range of the receiver;

U_G is the generator output.

The frequency shall then be determined above and below the resonance frequency to positions where the maximum deflection falls by 3 dB. The difference between these two frequencies is the bandwidth f .

The measurement shall be repeated at other resonance frequencies in the prescribed frequency range.

The test circuit B prevents direct coupling to the receiver. It should also be used at frequencies approaching 1 000 MHz where it is difficult to keep the distance a-b (figure 21) short with respect to wavelength.

11.13.7.3 Expression of results

The attenuation constant shall be determined from the bandwidth δf of the resonance curve and from the difference Δf of adjacent resonance frequencies.

$$\Delta f = (f_{n,2} - f_{n,1}) / (n_2 - n_1) \quad (52)$$

where

n_1 is the ordinal number of resonance frequency $f_{n,1}$;

n_2 is the ordinal number of resonance frequency $f_{n,2}$.

$$\alpha = \frac{868,6 \times \delta f \times \pi}{2 \times f \times l (1 + 0,002 (t - 20))} \quad \text{in dB/100 m at } 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad (53)$$

where

l is the length of the test specimen, in m;

t is the temperature of the test specimen, in $^\circ\text{C}$.

When the velocity ratio is known, l may be substituted by:

$$l = 150 \times v_r / f \quad \text{in m} \quad (54)$$

where f is in MHz.

If $b = \pi \times \delta f / 2 \times \Delta f$ 0,07 in circuit A or $> 0,10$ in circuit B, the use of the above formula introduces a degree of uncertainty exceeding 0,4 % of the total attenuation of the test specimen and a more exact formula should be used.

Circuit A

$$\alpha = \frac{434,3}{l \times (1 + 0,002 (t - 20))} \times \ln [(1 + \tan x) / (1 - \tan x)] \quad \text{en dB/100 m à } 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad (55)$$

où

$$\tan x = \tan b / [(0,25 + 2 \tan^4 b)^{0,5} + 0,5]^{0,5} \quad (56)$$

Circuit B

$$\alpha = \frac{868,6}{l \times (1 + 0,002 (t - 20))} \times \ln [(\sin b + \sin^2 b + 1)^{0,5}] \quad (57)$$

11.13.8 Prescription

L'exposant d'affaiblissement doit être conforme à la valeur indiquée dans la spécification du câble concerné.

11.14 Stabilité d'affaiblissement

A l'étude.

11.15 Distorsion de transmission**11.15.1 Principe**

L'essai permet de déterminer la distorsion de transmission engendrée par l'hétérogénéité de l'impédance caractéristique locale de câbles pour fréquences radioélectriques.

11.15.2 Définitions

Dans le domaine de fréquence, la distorsion de transmission de câbles pour fréquences radioélectriques est mesurée en termes de distorsion d'affaiblissement, de distorsion de phase et de distorsion de retard de groupe.

11.15.2.1 Distorsion d'affaiblissement

La distorsion d'affaiblissement d'un câble pour fréquences radioélectriques est définie comme l'écart de la courbe de variation de l'affaiblissement en fonction de la fréquence, par rapport à la réponse stable d'un câble électriquement homogène pour une gamme de fréquence donnée.

11.15.2.2 Distorsion de phase

La distorsion de phase est définie comme l'écart de la courbe de variation de la phase en fonction de la fréquence, par rapport à la caractéristique phase/fréquence d'un câble électriquement homogène pour une gamme de fréquence donnée.

11.15.2.3 Distorsion de retard de groupe

Le retard de groupe est défini comme la dérivée de la courbe de variation de la phase en fonction de la fréquence pour une gamme de fréquence donnée. Le retard de groupe est constant si la caractéristique de la phase est linéaire.

Circuit A

$$\alpha = \frac{434,3}{l \times (1 + 0,002 (t - 20))} \times \ln [(1 + \tanh x) / (1 - \tanh x)] \text{ in dB/100 m at } 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad (55)$$

where

$$\tanh x = \tan b / [(0,25 + 2 \tan^4 b)^{0,5} + 0,5]^{0,5} \quad (56)$$

Circuit B

$$\alpha = \frac{868,6}{l \times (1 + 0,002 (t - 20))} \times \ln [(\sin b + \sin^2 b + 1)^{0,5}] \quad (57)$$

11.13.8 Requirement

The attenuation constant shall comply with the value indicated in the relevant cable specification.

11.14 Attenuation stability

Under consideration.

11.15 Transmission distortion**11.15.1 Principle**

The test determines the transmission distortion caused by the inhomogeneity of the local characteristic impedance of r.f. cables.

11.15.2 Definitions

In the frequency domain the transmission distortion of r.f. cables is measured in terms of attenuation distortion, phase distortion and group delay distortion.

11.15.2.1 Attenuation distortion

Attenuation distortion of an r.f. cable is defined as the deviation of the attenuation/frequency curve from the smooth response of an electrically homogeneous cable for a given frequency range.

11.15.2.2 Phase distortion

Phase distortion is defined as the deviation of the phase/frequency curve from the phase/frequency characteristic of an electrically homogeneous cable for a given frequency range.

11.15.2.3 Group delay distortion

Group delay is defined as the derivative of the phase/frequency curve for a given frequency range. It is constant if the phase characteristic is linear.

La distorsion de retard de groupe est définie comme l'écart de la courbe de variation du retard de groupe en fonction de la fréquence, par rapport à la valeur d'un câble électriquement homogène, indépendante de la fréquence.

11.15.3 *Equipement d'essai*

Pour ce qui concerne la mesure de la distorsion d'affaiblissement, il est nécessaire d'utiliser au minimum un analyseur scalaire de réseau. Pour ce qui concerne la mesure de la distorsion de phase et de la distorsion de retard de groupe, il convient d'utiliser un analyseur vectoriel de réseau.

L'impédance caractéristique des analyseurs de réseaux doit être adaptée à l'impédance caractéristique nominale de l'éprouvette, ou alors les effets de la non-adaptation doivent être éliminés par des moyens logiciels.

11.15.4 *Préparation de l'éprouvette*

La longueur de l'éprouvette doit être indiquée dans la spécification du câble concerné. Si la suppression de l'influence des connecteurs par le logiciel de l'équipement n'est pas possible, les liaisons avec l'éprouvette doivent présenter des réflexions intrinsèques qui ne doivent pas affecter, de façon significative, les résultats des mesures.

11.15.5 *Procédure*

Après étalonnage de l'analyseur de réseau, l'éprouvette doit être insérée comme un réseau à quatre bornes. Le paramètre faisant l'objet de l'essai doit être affiché sur l'écran de l'appareil de mesure et doit être enregistré.

Si le traitement et l'enregistrement concernent des signaux analogiques, la vitesse de balayage de fréquences doit correspondre aux réponses transitoires des dispositifs d'affichage et d'enregistrement de l'unité de traitement. La vitesse de balayage doit être réduite jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucune variation de la valeur de toute pointe.

Si le traitement et/ou l'enregistrement concernent des signaux numériques, les conditions suivantes doivent être satisfaites:

$$n \geq \frac{5 (f_2 - f_1)}{150 \times v_r} \times l \quad (58)$$

où

n est le nombre de points d'échantillonnage, dans la gamme de fréquence comprise entre f_1 et f_2 , formant la courbe affichée;

f_1 est la fréquence la plus faible dans la gamme de fréquence, en MHz;

f_2 est la fréquence la plus élevée dans la gamme de fréquence, en MHz;

l est la longueur physique de l'éprouvette, en m;

v_r est la vitesse nominale de propagation relative de l'éprouvette.

The group delay distortion is defined as the deviation of the group delay/frequency curve from the value of an electrically homogeneous cable which is frequency independent.

11.15.3 Test equipment

For the measurement of attenuation distortion, a scalar network analyser at least shall be used. For the measurement of phase distortion and group delay distortion a vector network analyser is recommended.

The characteristic impedance of the network analysers shall be matched to the nominal characteristic impedance of the test specimen or the effects of the mismatch shall be eliminated by software.

11.15.4 Preparation of test specimen

The length of the test specimen shall be specified in the relevant cable specification. If it is not possible to eliminate the influence of connectors by equipment software, connections to the test specimen shall have inherent reflections which will not significantly affect the results of the measurements.

11.15.5 Procedure

After calibration of the network analyser the test specimen shall be inserted as a four-terminal network. The parameter under test shall be displayed on the screen of the instrument and recorded.

In the case of analogue signal processing and recording, the frequency sweep rate shall correspond to the transient responses of the processing unit display and recorder. The sweep rate shall be reduced until there is no variation in the magnitude of any peak.

When digital signal processing and/or recording, the following conditions shall be satisfied:

$$n \geq \frac{5 (f_2 - f_1)}{150 \times v_r} \times l \quad (58)$$

where

n is the number of sampling points in the frequency range f_1 to f_2 forming the displayed curve;

f_1 is the lowest frequency in the frequency range, in MHz;

f_2 is the highest frequency in the frequency range, in MHz;

l is the physical length of the test specimen, in m;

v_r is the relative propagation velocity of the test specimen.

11.15.6 Expression des résultats

La distorsion du paramètre d'essai spécifié doit être déterminée comme l'écart maximal par rapport à la courbe lissée la mieux ajustée d'un câble électriquement homogène, sauf indication contraire.

Les paramètres d'essai doivent être exprimés comme suit:

- la distorsion d'affaiblissement en dB;
- la distorsion de phase en degrés;
- la distorsion de retard de groupe en ns.

11.15.7 Prescription

La distorsion d'affaiblissement, la distorsion de phase ou la distorsion de retard de groupe, ne doivent pas dépasser la valeur indiquée dans la spécification du câble concerné.

11.16 Perte de réflexion par impulsion

11.16.1 Principe

L'essai permet de déterminer, dans le domaine temporel, la perte de réflexion de câbles coaxiaux pour fréquences radioélectriques, en utilisant différents types de signaux d'impulsions.

NOTE - La perte de réflexion par impulsion est affichée en fonction du temps, afin d'indiquer les irrégularités locales de l'impédance caractéristique. Cette procédure permet de déterminer l'impédance caractéristique aux extrémités du câble. Normalement, cette méthode nécessite l'utilisation de longueurs importantes de câble, dont la valeur dépend de la durée de l'impulsion.

11.16.2 Définitions

La perte de réflexion par impulsion a_p est définie par la relation suivante:

$$a_p = 20 \log (u_s / u_{r,x}) \quad \text{en dB} \quad (59)$$

où

u_s est la tension de l'impulsion émise à l'extrémité d'entrée du câble;

$u_{r,x}$ est la tension de l'impulsion réfléchi par une irrégularité, à une distance x de l'entrée du câble et mesurée à l'extrémité d'entrée du câble.

La perte de réflexion par impulsion corrigée, $a_{p,c}$, est la perte de réflexion mesurée à l'extrémité du câble moins l'affaiblissement d'impulsion progressif $2x$. Elle est définie par la relation suivante:

$$a_{p,c} = a_p - 2 \alpha x / 100 \quad \text{en dB} \quad (60)$$

où

α est l'exposant d'affaiblissement en dB/100 m, à la fréquence f_0 autour de laquelle la majeure partie de l'énergie de l'impulsion est concentrée;

x est la distance mesurée, en m.

Pour une détermination précise de $a_{p,c}$, il convient de noter que l'affaiblissement d'impulsion ne peut varier linéairement en fonction de la longueur, en raison de la distorsion d'impulsion.

11.15.6 Expression of results

The distortion of the specified test parameter shall be determined as the maximum deviation from the best fitting smooth curve of an electrically homogeneous cable unless specified otherwise.

The test parameters shall be expressed as follows:

- attenuation distortion in dB;
- phase distortion in degrees;
- group delay distortion in ns.

11.15.7 Requirement

The attenuation distortion, phase distortion or the group delay distortion shall not exceed the value indicated in the relevant cable specification.

11.16 Pulse return loss

11.16.1 Principle

The test determines in the time domain the return loss of r.f. coaxial cables using different types of pulse signal.

NOTE - The pulse return loss is displayed against time to show the local distribution of irregularities of the characteristic impedance. The procedure allows the characteristic impedance at the ends of the cable to be determined. The procedure is normally used with long cable lengths according to the pulse width.

11.16.2 Definitions

Pulse return loss, a_p is defined as:

$$a_p = 20 \log (u_s / u_{r,x}) \quad \text{in dB} \quad (59)$$

where

u_s is the voltage of the sending pulse at the input end of the cable;

$u_{r,x}$ is the voltage of the pulse reflected by an irregularity at a distance x from the cable end and measured at the input end of the cable.

The corrected pulse return loss, $a_{p,c}$, is the return loss measured at the cable end plus the pulse attenuation in travelling $2x$. It is defined by:

$$a_{p,c} = a_p - 2 \alpha x / 100 \quad \text{in dB} \quad (60)$$

where

α is the attenuation constant in dB/100 m at the frequency f_e around which the main part of the pulse energy is concentrated;

x is the measured distance, in m.

For a sensitive determination of $a_{p,c}$, it should be noted that the pulse attenuation may not vary linearly with length due to pulse distortion.

La résolution l est la distance minimale entre deux défauts qu'il est possible de distinguer sur une courbe de perte de réflexion.

La durée d'impulsion t_p est caractérisée par la valeur de la largeur à mi-hauteur (L.M.H.).

11.16.3 Equipement d'essai

Le montage de l'équipement d'essai doit être conforme à la figure 23.

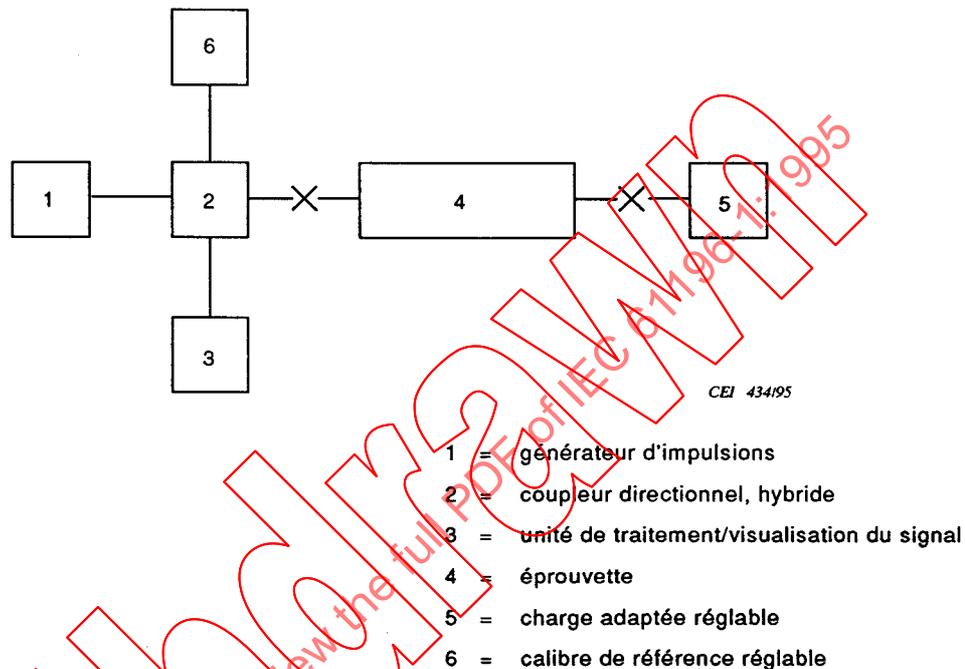


Figure 23 – Configuration générale de l'équipement de mesure de perte de réflexion par impulsion

11.16.4 Procédure

Deux types d'impulsions sont généralement utilisés.

11.16.4.1 Impulsion en sinus carré

La durée de l'impulsion doit être indiquée dans la spécification du câble concerné.

La résolution δl est déterminée par la relation suivante:

$$\delta l = 0,15 \times t_p \times v_r \quad \text{en m} \quad (61)$$

où

t_p est la durée d'impulsion, en ns;

v_r est la vitesse de propagation relative de l'éprouvette.

La fréquence f_e est déterminée par la relation suivante:

$$f_e = 250 / t_p \quad \text{en MHz} \quad (62)$$

Les repères 5 et 6 de la figure 23 doivent être réglés pour assurer une réflexion minimale.

La perte de réflexion doit être affichée et enregistrée.

The resolution, l is the minimum distance between two faults which can be distinguished on a return loss curve.

The pulse width t_p is characterized by the value of the pulse width at half height.

11.16.3 Test equipment

The test equipment shall be assembled generally in accordance with figure 23.

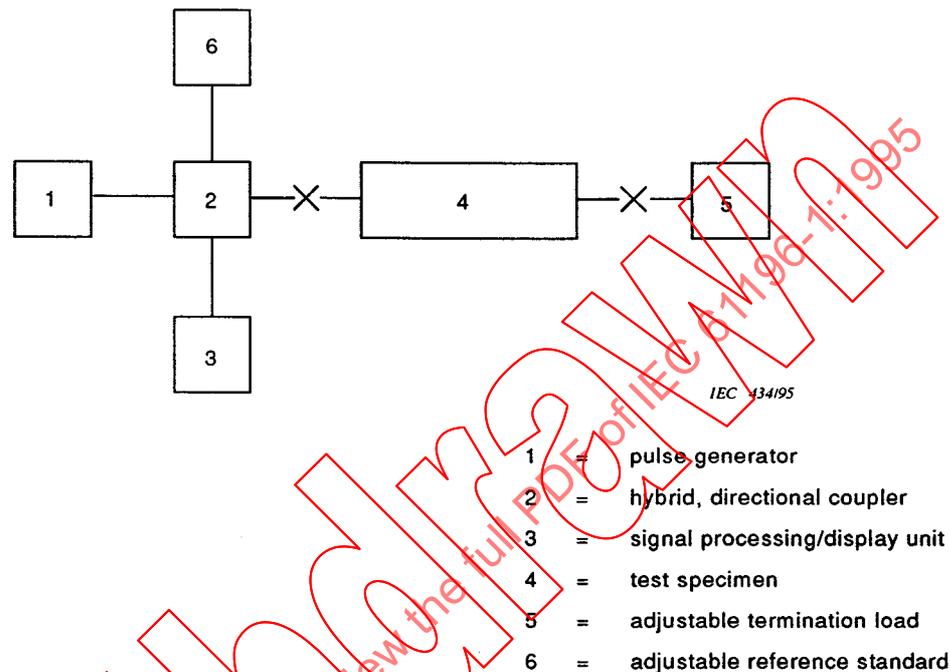


Figure 23 – General layout of pulse return loss equipment

11.16.4 Procedure

Generally two types of pulse are used.

11.16.4.1 Approximately sine squared pulse

The width of the pulse shall be specified in the relevant cable specification.

The resolution δl is determined by:

$$\delta l = 0,15 \times t_p \times v_r \quad \text{in m} \quad (61)$$

where

t_p is the pulse width, in ns;

v_r is the velocity ratio of the test specimen.

The frequency f_e is determined by:

$$f_e = 250 / t_p \quad \text{in MHz} \quad (62)$$

Items 5 and 6 in figure 23 shall be adjusted for minimum reflection.

The return loss shall be displayed and recorded.

11.16.4.2 *Salve d'onde porteuse à enveloppe en sinus carré*

La fréquence porteuse f_c et la durée d'impulsion t_p doivent être indiquées dans la spécification du câble concerné. La résolution est identique à celle indiquée pour une impulsion unique et elle est spécifiée en 11.16.4.1. L'énergie de ce type d'impulsion est concentrée dans une bande étroite située autour de la fréquence porteuse; elle convient donc pour la mesure de câbles utilisés dans les systèmes de télévision.

La relation ci-dessous permet de déterminer la largeur de bande du spectre d'impulsion δf à partir de la durée d'impulsion t_p :

$$\delta f = 1\,000/t_p \quad \text{en MHz} \quad (63)$$

où t_p est la durée d'impulsion, en ns.

Cette procédure n'est pas applicable pour la détermination de l'impédance caractéristique aux extrémités de l'éprouvette. Pour ce qui concerne la mesure de longueurs en usine, il est possible de rendre la réponse du câble insensible aux effets du connecteur d'entrée relié à l'éprouvette, par une sélection et par un échantillonnage convenable des signaux réfléchis, lorsque ces derniers sont insensibles aux effets de l'extrémité d'entrée.

11.16.5 *Prescription*

La perte de réflexion par impulsion et l'impédance caractéristique aux extrémités du câble doivent être conformes aux valeurs indiquées dans la spécification du câble concerné.

11.17 *Perte de réflexion par fonction à échelons*

11.17.1 *Principe*

L'essai permet de déterminer, dans le domaine temporel, la perte de réflexion de câbles pour fréquences radioélectriques à l'aide d'un signal de fonction échelonnée.

NOTE - La perte de réflexion par fonction à échelons est affichée en fonction du temps, afin d'indiquer la répartition locale de la grandeur et de la phase des irrégularités de l'impédance caractéristique au voisinage de l'extrémité de l'éprouvette. Pour des longueurs importantes de câble, il se peut que la correction de la réponse en réflexion affaiblie en fonction de la longueur introduise des erreurs.

11.17.2 *Définitions*

La perte de réflexion par échelons est définie par la relation suivante:

$$a_{st} = 20 \log (u_s/u_{r,x}) \quad \text{en dB} \quad (64)$$

où

$u_{r,x}$ est la tension de l'impulsion réfléchie par une irrégularité, à une distance x de l'entrée du câble;

u_s est la tension à échelons appliquée à l'éprouvette.

Pour une fonction à échelons, le temps de montée t_r est défini comme la différence, dans le temps, entre 10 % et 90 % de l'amplitude de l'échelon. Le temps de montée affecte la résolution. La résolution δx peut être définie par la relation suivante:

$$\delta x = 15 \times 10^{-5} \times t_r \times v_r \quad \text{en m} \quad (65)$$

où

t_r est le temps de montée, exprimé en ps;

v_r est la vitesse de propagation relative de l'éprouvette.

11.16.4.2 CW burst with a sine squared shaped envelope

The carrier frequency f_c and the pulse width t_p shall be specified in the relevant cable specification. The resolution is the same as with a single pulse and is given in 11.16.4.1. The energy of this type of pulse is concentrated in a narrow band around the carrier frequency making it suitable for the measurement of cables used in television systems.

The bandwidth of the pulse spectrum δf can be determined from the pulse width t_p by:

$$\delta f = 1\,000/t_p \quad \text{in MHz} \quad (63)$$

where t_p is the pulse width, in ns.

The procedure is not applicable for the determination of the characteristic impedance at the ends of the test specimen. For the measurement of factory lengths, it is possible to separate the effects of the input connector to the test specimen from the cable response by suitable gating and sampling of the reflected signal, when it is free from the effects of the input termination.

11.16.5 Requirement

The pulse return loss and the characteristic impedance at the cable ends shall satisfy the values indicated in the relevant cable specification.

11.17 Step function return loss

11.17.1 Principle

The test determines in the time domain the return loss of r.f. cables using a step function signal.

NOTE – The step function return loss is displayed against time to show the local distribution of magnitude and phase of irregularities of the characteristic impedance near the end of the test specimen. For long cable lengths the correction of the attenuated reflection response with length may not be practical.

11.17.2 Definitions

The step return loss is defined as:

$$a_{st} = 20 \log (u_s/u_{r,x}) \quad \text{en dB} \quad (64)$$

where

$u_{r,x}$ is the step voltage reflected by an irregularity at a distance x from the cable end;

u_s is the step voltage applied to the test specimen.

For a step function the rise time, t_r is defined as the difference in time between the 10 % and 90 % value of step amplitude. The rise time affects the resolution. The resolution, δx can be determined by:

$$\delta x = 15 \times 10^{-5} \times t_r \times v_r \quad \text{in m} \quad (65)$$

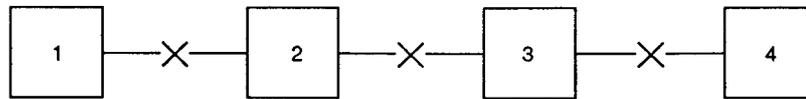
where

t_r is the rise time, in ps;

v_r is the velocity ratio of the test specimen.

11.17.3 Configuration

Le montage de l'équipement d'essai doit être conforme à la figure 24.



CEI 435/95

- 1 = RDT
- 2 = ligne étalon (facultative)
- 3 = éprouvette
- 4 = charge adaptée

Figure 24 – Configuration de l'équipement d'essai de fonction à échelons

Il est recommandé d'utiliser une ligne étalon avec l'impédance caractéristique nominale de l'éprouvette pour déterminer l'impédance caractéristique aux extrémités de l'éprouvette.

11.17.4 Procédure

Le temps de montée de la fonction à échelons utilisée pour l'essai de l'éprouvette doit être conforme aux prescriptions de la spécification du câble concerné.

La régularité de la perte de réflexion doit être enregistrée.

11.17.5 Expression des résultats

La perte de réflexion par fonction à échelons est déterminée par le calcul, en utilisant l'équation (64).

11.17.6 Prescription

La perte de réflexion doit être conforme à la valeur indiquée dans la spécification du câble concerné.

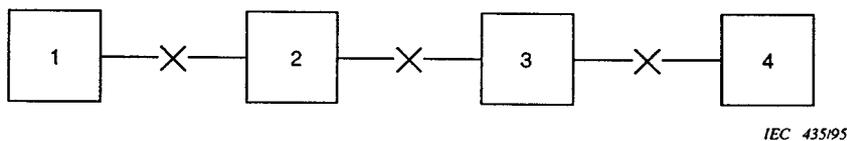
11.18 Détermination de la perte de réflexion par impulsion/fonction à échelons à l'aide d'une méthode de mesure utilisant, dans le domaine fréquentiel, la transformée simplifiée de Fourier

Certaines techniques modernes, utilisant les analyseurs de réseaux, permettent de déduire la répartition locale de l'impédance caractéristique grâce à des méthodes de mesures utilisant, dans le domaine fréquentiel, la transformée simplifiée de Fourier.

Lorsque ces méthodes sont appliquées, il est important de noter que le résultat dépend, dans une large mesure, du type d'équipement utilisé respectivement dans chaque méthode, ainsi que des paramètres de réglage de cet équipement. Par conséquent, aux fins de la présente application, tous les paramètres de mesure concernés doivent être spécifiés dans leur intégralité afin d'éviter tout malentendu et l'obtention de résultats de mesure différents.

11.17.3 *Layout*

The test equipment shall be assembled generally in accordance with figure 24.



- 1 = TDR
- 2 = standard line (option)
- 3 = test specimen
- 4 = terminating load

Figure 24 – Layout of step function test equipment

A standard line is preferred with the nominal characteristic impedance of the test specimen to determine the characteristic impedance at the ends of the test specimen.

11.17.4 *Procedure*

The step function used to test the test specimen shall have a rise time as indicated in the relevant table specification.

The regularity of the return loss shall be recorded.

11.17.5 *Expression of results*

The step function return loss is determined by calculation using equation (64).

11.17.6 *Requirement*

The return loss shall comply with the value indicated in the relevant cable specification.

11.18 *Pulse/step return loss from measurement in the frequency domain using FFT*

The modern network analyser technique offers the possibility of deriving the local distribution of characteristic impedance from measurements in the frequency domain using FFT techniques.

When these procedures are applied it is important to note that the result depends very much on the type and settings of the respective equipment. Therefore for this application all relevant measurement parameters shall be completely specified to prevent misunderstanding and deviating measuring results.

11.19 Puissance nominale

11.19.1 Principe

Les procédures décrites concernent la puissance nominale des signaux de fréquences radioélectriques à limitation de température et de tension, relatives à des câbles coaxiaux pour fréquences radioélectriques. L'application de ces essais se limite normalement aux essais d'approbation de type. On se limite ici à décrire un certain nombre de méthodes fondées sur différents principes plutôt qu'à spécifier des procédures détaillées, car il est nécessaire de couvrir une étendue importante de dimensions de câbles et de fréquences et qu'il est pas partout possible de se procurer un équipement adapté à des applications particulières.

11.19.2 Définition

La puissance nominale d'un câble est définie comme la puissance d'entrée, à toute fréquence et à toute température ambiante spécifiées, qu'il est possible d'utiliser en permanence lorsque le câble est déterminé par son impédance caractéristique. La limitation peut concerner soit la tension de fonctionnement maximale admissible, soit la température interne du conducteur.

La puissance nominale à limitation de tension, $P_{u,max}$, est déduite à partir de la relation suivante:

$$P_{u,max} = U_o^2 \times Z_r / |Z|^2 \quad (66)$$

$$\approx U_o^2 \times Z \quad (67)$$

où

U_o est la tension de fonctionnement maximale admissible, en V_{eff} ;

$|Z|$ est la valeur absolue de l'impédance caractéristique complexe Z ;

Z_r est la composante réelle de l'impédance caractéristique Z ;

Z est l'impédance caractéristique nominale.

Pour ce qui concerne les câbles aérés, la tension nominale dépend de la pression atmosphérique de fonctionnement et se rapporte à une pression interne de 1 bar et à une température de 20 °C.

La puissance nominale à limitation de température, $P_{T,max}$, est définie comme la puissance constante à laquelle le conducteur intérieur atteint sa température maximale admissible, $T_{1,max}$. Elle est rapportée à une pression interne de 1 bar et à une température ambiante de 40 °C.

11.19.3 Préparation de l'éprouvette

La longueur de l'éprouvette doit être au moins égale à 200 fois son diamètre extérieur, mais en aucun cas inférieure à 1 m. L'éprouvette doit être placée horizontalement dans une atmosphère immobile permettant la convection d'air, et elle doit être protégée contre les rayonnements thermiques externes. La température ambiante doit être égale à 40 °C ou les résultats doivent être corrigés conformément aux indications de 11.19.5.1.

11.19 Power rating

11.19.1 Principle

Test procedures are described for the temperature and voltage limited r.f. power rating of r.f. coaxial cables. The application of these tests is normally limited to type approval tests. A number of methods based on different principles is given rather than detailed procedures because a wide range of cable dimensions and frequencies must be covered and equipment suited to special applications may not be available everywhere.

11.19.2 Definition

The power rating of a cable is defined as the input power at any specified frequency and ambient temperature which can be handled continuously when the cable is terminated by its characteristic impedance. The limitation is either the maximum permissible operating voltage or inner conductor temperature.

The voltage limited power rating, $P_{u,max}$ is derived from:

$$P_{u,max} = U_o^2 \times Z_r / |Z|^2 \quad (66)$$

$$\approx U_o^2 \times Z \quad (67)$$

where

U_o is the maximum permissible operating voltage, in V_{rms} ;

$|Z|$ is the absolute value of the complex characteristic impedance Z ;

Z_r is the real component of the characteristic impedance Z ;

Z is the nominal characteristic impedance.

For air spaced cables, the voltage rating depends on the operating air pressure and is referred to 1 bar inner air pressure and 20 °C.

The temperature limited power rating $P_{T,max}$ is defined as the steady state power at which the inner conductor reaches its maximum permissible temperature $T_{1,max}$. It is referred to an inner air pressure of 1 bar and an ambient temperature of 40 °C.

11.19.3 Preparation of test specimen

The test specimen shall be at least 200 times its overall diameter but not shorter than 1 m. The test specimen shall be placed horizontally in still air allowing free air convection and it shall be protected against external heat radiation. The ambient temperature shall be 40 °C or the results shall be corrected to 40 °C in accordance with 11.19.5.1.

11.19.4 *Procédure*

11.19.4.1 *Durée de l'essai*

Pour ce qui concerne la puissance nominale à limitation de tension, la durée de l'essai doit être égale à 2 min et le gradient maximal de tension doit être de 2 kV/s.

Pour ce qui concerne la puissance nominale à limitation de température, l'essai doit durer au moins 1 h après que le conducteur intérieur a atteint une température stable.

11.19.4.2 *Mesure de la température*

Selon la dimension du câble et la méthode d'essai adoptée, la température du conducteur intérieur peut être mesurée en continu ou pendant de courtes interruptions de courant d'alimentation de fréquences radioélectriques. Dans ce dernier cas, il est nécessaire d'effectuer une correction liée à la chute de température pendant la mesure.

11.19.4.3 *Méthodes d'essai*

Le tableau ci-dessous indique des méthodes d'essai relatives à l'essai de puissance nominale à limitation de tension et/ou de température. Si un générateur de fréquences radioélectriques de puissance suffisante est disponible, il convient d'utiliser la méthode directe.

Méthode d'essai	$P_{u,max}$	$P_{T,max}$
a) Méthode directe	x	x
b) Multiplication de puissance par ligne de résonance	x	x
c) Circuit de résonance série relatif à des échantillons électriquement courts	x	
d) Circuit de résonance série relatif à des échantillons électriquement longs	x	
e) Circuit de résonance en parallèle relatif à des échantillons électriquement courts		x
f) Circuit de résonance série relatif à des échantillon de longueur égale à 0,25 fois la longueur d'onde	x	x
g) Méthode par tension alternative ou continue à basse fréquence		x

Lorsque les conditions d'essai ne permettent d'atteindre ni la température ambiante de 40 °C, ni la température du conducteur intérieur, il est possible de corriger la puissance nominale par rapport à la température normale, conformément aux indications de 11.19.5.1.

Si la gamme disponible de fréquences d'essai des fréquences radioélectriques est restreinte, il est possible de déterminer la puissance nominale à limitation de température à d'autres fréquences, conformément aux indications de 11.19.5.2.

11.19.4 Procedure

11.19.4.1 Duration of test

For the voltage limited power rating the duration of the test shall be 2 min and the maximum voltage gradient shall be 2 kV/s.

For the temperature limited power rating, the duration of the test shall be at least 1 h after the inner conductor has reached a steady state temperature.

11.19.4.2 Temperature measurement

Depending on the cable size and on the test method adopted, the inner conductor temperature can be measured continuously or during short interruptions to the r.f. feeding current. In the latter case a correction must be made for the drop in temperature during the measurement.

11.19.4.3 Test methods

Test methods are shown in the table below relating to the voltage limited or temperature limited power rating test or both. If an r.f. generator with sufficient power is available, the direct method is preferred.

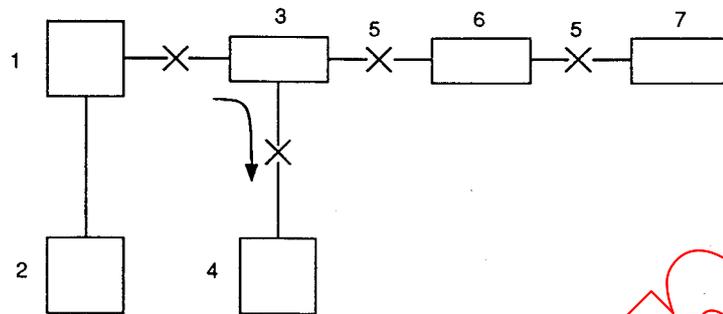
Test method	$P_{u,max}$	$P_{T,max}$
a) Direct method	x	x
b) Ring line power multiplication	x	x
c) Series resonance circuit for electrically short sample	x	
d) Series resonance circuit for electrically long sample	x	
e) Parallel resonance circuit for electrically short sample		x
f) Parallel resonance circuit for 0,25 wavelength-long sample	x	x
g) Low frequency a.c. or d.c. method		x

When test conditions do not allow either the ambient temperature of 40 °C or the maximum permissible inner conductor temperature to be reached, the measured power rating may be corrected to standard temperature in accordance with 11.19.5.1.

If the available range of r.f. test frequencies is limited, the temperature limited power rating at other frequencies can be determined in accordance with 11.19.5.2.

a) *Méthode directe*

La configuration du circuit d'essai est illustrée à la figure 25.



- 1 = générateur
- 2 = fréquence-mètre
- 3 = coupleur directionnel
- 4 = dispositif de mesure de la puissance
- 5 = connecteur
- 6 = éprouvette
- 7 = charge adaptée

Figure 25 – Configuration du circuit d'essai pour déterminer la puissance nominale à limitation de température ou de tension

Un déséquilibre entre l'éprouvette et l'équipement d'essai entraîne des variations locales de la température. L'erreur de mesure maximale introduite dans la puissance nominale en raison de ces variations est définie par la relation suivante:

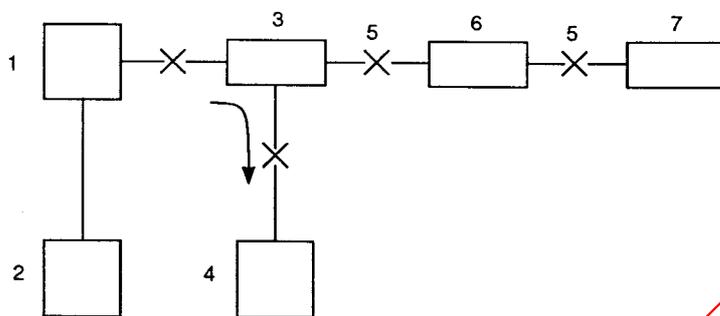
$$e_{\max} = 100 \cdot \left(\frac{(1 + s)^2}{4} - 1 \right) \text{ en \%} \quad (68)$$

où
 s est le rapport d'ondes stationnaires, ROS, de l'éprouvette;
 e_{max} est l'erreur maximale.

L'erreur maximale se produit lorsque la température est mesurée à un courant minimal.

a) *Direct method*

The layout of the test circuit is shown in figure 25.



IEC 43695

- 1 = generator
- 2 = frequency counter
- 3 = directional coupler
- 4 = power meter
- 5 = connector
- 6 = test specimen
- 7 = terminating load

Figure 25 – Layout of test circuit to determine either the temperature or voltage limited power rating

Mismatch between the test specimen and the test equipment causes local temperature variations. The maximum measuring error introduced into the power rating from these variations is defined as:

$$e_{\max} = 100 \cdot \left(\frac{(1+s)^2}{4} - 1 \right) \quad \text{in \%} \quad (68)$$

where

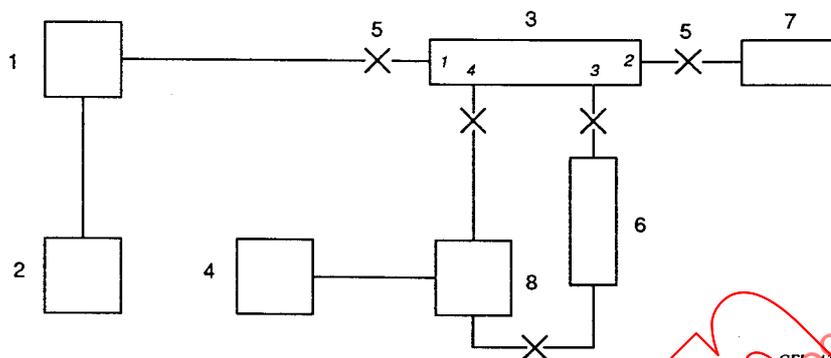
s is the standing wave ratio (SWR) of the test specimen;

e_{\max} is the maximum error.

The maximum error occurs when the temperature is measured at a current minimum.

b) *Multiplication de puissance par ligne de résonance*

La configuration du circuit d'essai est illustrée à la figure 26.



- 1 = générateur
- 2 = fréquencesmètre
- 3 = coupleur directionnel
- 4 = dispositif de mesure de la puissance
- 5 = connecteur
- 6 = éprouvette
- 7 = charge adaptée
- 8 = dispositif de couplage – perte d'insertion aussi faible que possible

Figure 26 – Configuration du circuit d'essai utilisant la multiplication de puissance par résonance de ligne

Les caractéristiques du coupleur directionnel avec accès adaptés sont définies comme suit:

$$\text{perte de couplage, } a_K = 10 \log (P_1/P_3) \text{ en dB} \quad (69)$$

$$\text{perte d'insertion, } a_{1,2} = 10 \log (P_1/P_2) \text{ en dB} \quad (70)$$

où

P_1 est la puissance d'entrée à l'accès 1;

P_2 est la puissance de sortie à l'accès 2;

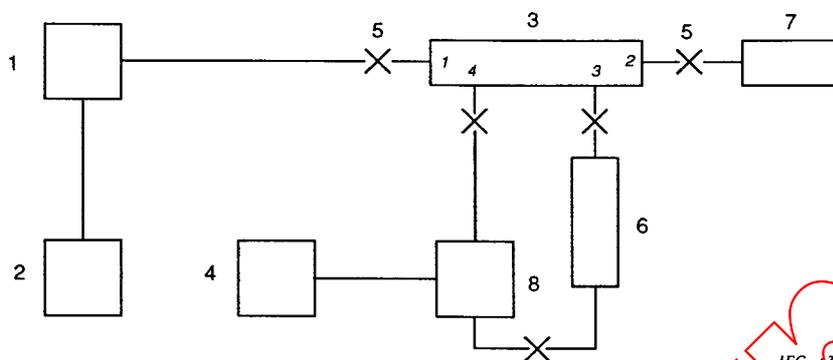
P_3 est la puissance de couplage à l'accès 3.

La puissance P_R (puissance de ligne de résonance) circulant dans la ligne de résonance composée de l'éprouvette, du dispositif de couplage et du coupleur directionnel à travers les portes 3 et 4, sera égale à un multiple de la puissance P_1 (puissance de sortie du générateur) injectée dans la porte 1, si les conditions suivantes sont satisfaites:

- un faible déséquilibre au niveau de la porte 2 du coupleur directionnel;
- un faible déséquilibre dans la ligne de résonance;
- la longueur électrique de couplage relative au coupleur directionnel est égale à $\lambda_0/4$, où λ_0 est la longueur d'onde dans l'espace libre de la fréquence d'essai;
- la longueur électrique de la ligne de résonance est $N \times \lambda_0$, où N est un nombre entier.

b) *Ring line power multiplication*

The layout of the test circuit is shown in figure 26.



- 1 = generator
 2 = frequency counter
 3 = directional coupler
 4 = power meter
 5 = connector
 6 = test specimen
 7 = terminating load
 8 = coupling device – insertion loss as low as possible

Figure 26 – Layout of test circuit using power multiplication by ring line

The characteristics of the directional coupler are defined as:

$$\text{coupling loss, } a_K = 10 \log (P_1/P_3) \quad \text{in dB} \quad (69)$$

$$\text{insertion loss, } a_{1,2} = 10 \log (P_1/P_2) \quad \text{in dB} \quad (70)$$

where

- P_1 is the input power at gate 1;
 P_2 is the output power at gate 2;
 P_3 is the coupling power at gate 3.

The power P_R (ring line power) circulating in the ring line consisting of the test specimen, the coupling device and the directional coupler via the ports 3 and 4 will be a multiple of the power P_1 (generator output power) fed into port 1, if the following conditions are satisfied:

- low mismatch at port 2 of the directional coupler;
- low mismatch within the ring line;
- electrical coupling length for the directional coupler is $\lambda_0/4$, where λ_0 is the free space wavelength of the test frequency;
- electrical length of the total ring line is $N \times \lambda_0$ where N is an integer.

Le rapport entre la puissance P_R et la puissance d'entrée P_1 est déduit à partir de la relation suivante:

$$P_R/P_1 = (K/(1 - A(1 - K^2)^{0,5}))^2 \quad (71)$$

où

$$A = 10^{-a/20}$$

$$K = 10^{-a_k/20}$$

a est la perte de ligne de résonance, en dB;

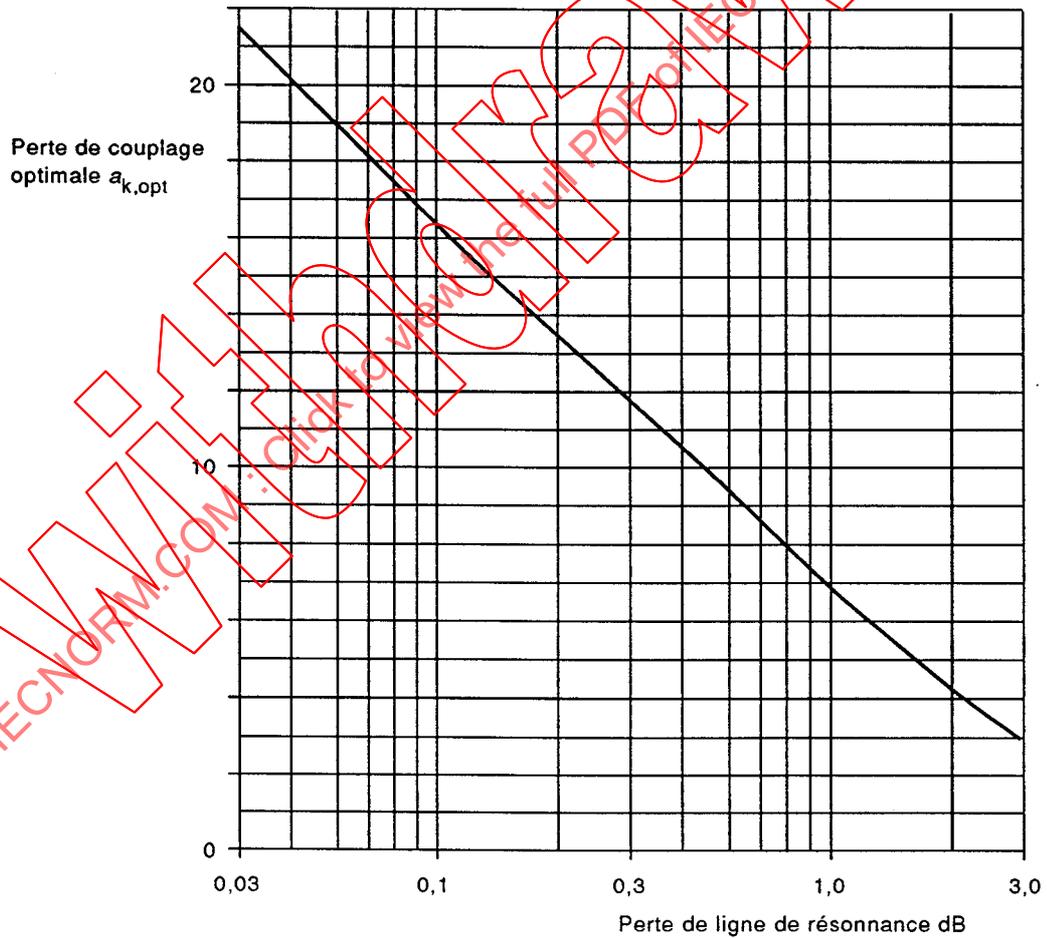
P_R est la puissance dans l'anneau;

P_1 est la puissance de sortie à l'accès 1.

P_R est une valeur maximale pour:

$$A^2 + K^2 = 1 \quad (72)$$

Dans ce cas de perte de couplage optimal la puissance totale P_1 est couplée dans la ligne de résonance (c'est-à-dire, $a_{1,2} \rightarrow \infty$), comme l'illustre la figure 27.



CEI 438/95

Figure 27 – Perte de couplage optimale $a_{k,opt}$ en fonction de la perte de ligne de résonance a

The ratio of the power, P_R to the input power P_1 is derived as:

$$P_R/P_1 = (K/(1 - A(1 - K^2)^{0.5}))^2 \tag{71}$$

where

$$A = 10^{-a/20}$$

$$K = 10^{-a_k/20}$$

a is the ring line loss in dB;

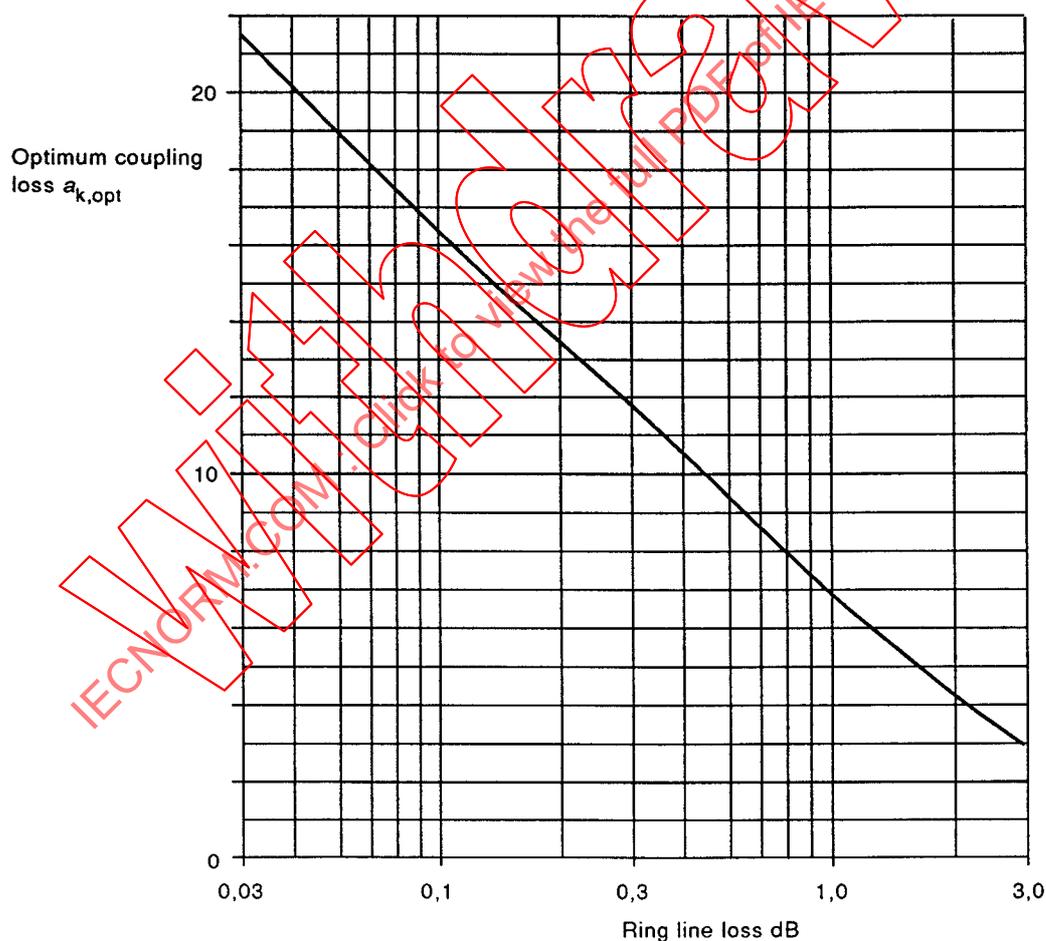
P_R is the power in the ring;

P_1 is the output power at gate 1.

P_R is a maximum for:

$$A^2 + K^2 = 1 \tag{72}$$

In this case of optimum coupling loss the full power P_1 is coupled into the ring line (i.e. $a_{1,2} \rightarrow \infty$), as shown in figure 27.



IEC 438/95

Figure 27 – Optimum coupling loss $a_{k,opt}$ against ring line loss a

Les caractéristiques de fonctionnement de coupleurs directionnels dont la perte de couplage s'écarte de la valeur optimale sont illustrées à la figure 28.

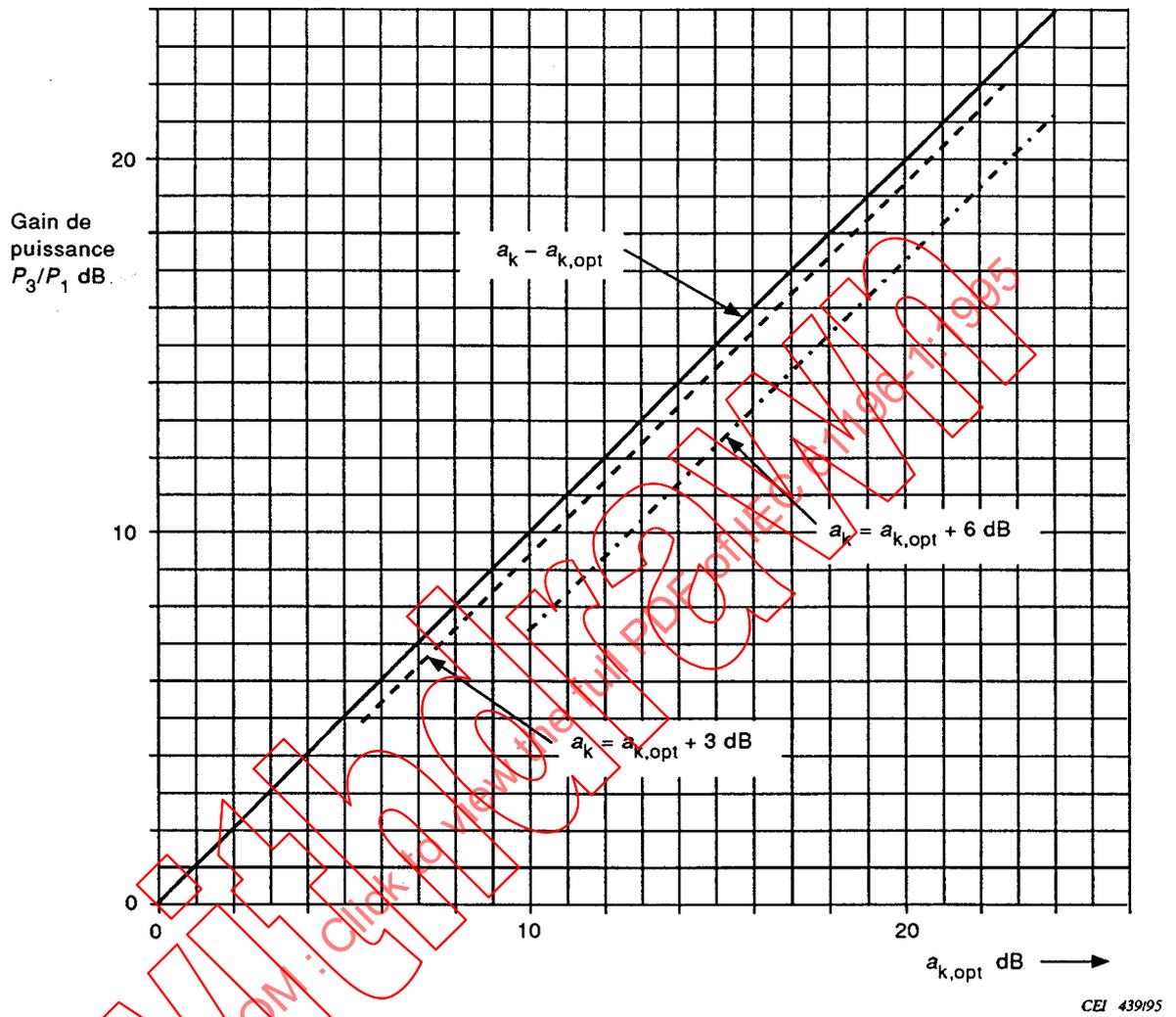


Figure 28 - Rapport de puissance P_3/P_1 en fonction de la perte de couplage maximale $a_{k,opt}$ et écarts par rapport au couplage optimal

The performance for directional couplers with coupling loss deviating from the optimum value is shown in figure 28.

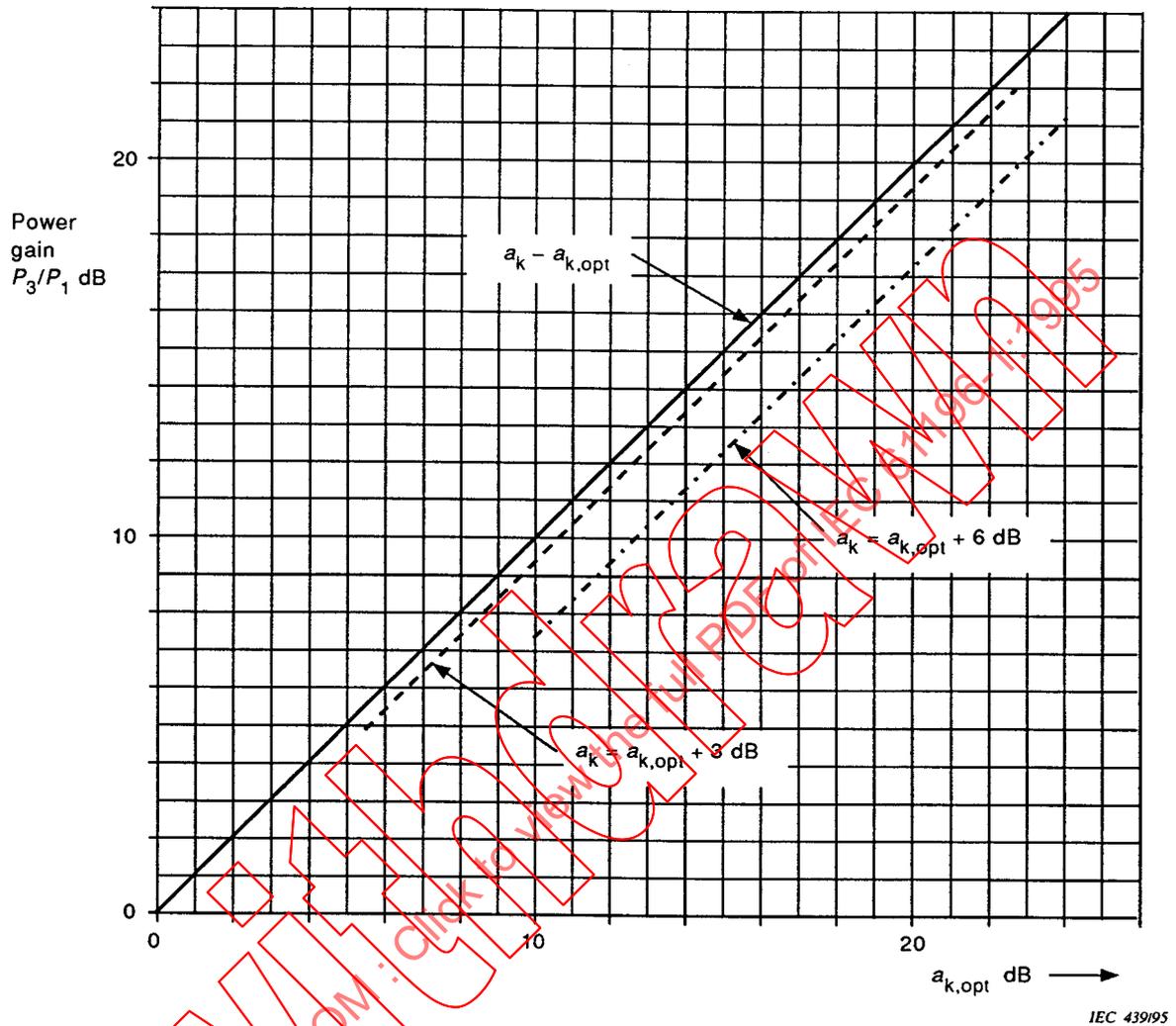
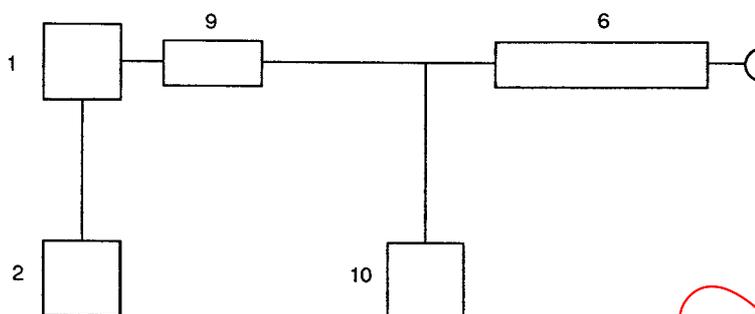


Figure 28 – Power ratio P_3/P_1 against optimum coupling loss $a_{k,opt}$ and deviations from the optimum coupling

c) *Circuit de résonance série relatif à des éprouvettes d'essai électriquement courtes*

La configuration du circuit d'essai est illustrée à la figure 29.



- 1 = générateur
- 2 = fréquencemètre
- 6 = éprouvette
- 9 = inductance additionnelle
- 10 = voltmètre comprenant un dispositif de couplage

Figure 29 – Configuration d'un circuit d'essai utilisant un circuit de résonance série pour une éprouvette électriquement courte

Lorsque

$$\omega L = 1/\omega C \tag{73}$$

$$\omega L = \lambda_0 \times Z/2\pi l_e \tag{74}$$

$$= Z/b$$

où

- ω est la fréquence angulaire;
- λ_0 est la longueur d'onde dans l'espace libre à la fréquence d'essai;
- Z est l'impédance caractéristique de l'éprouvette;
- l_e est la longueur électrique de l'éprouvette;
- b est le déphasage angulaire, en radians;
- C est la capacité de l'éprouvette.

La tension d'essai maximale, U , est déduite comme suit:

$$U = U_0 \times Z / (b \times Z_0 + Z (\tan \delta_L + a/b)) \tag{75}$$

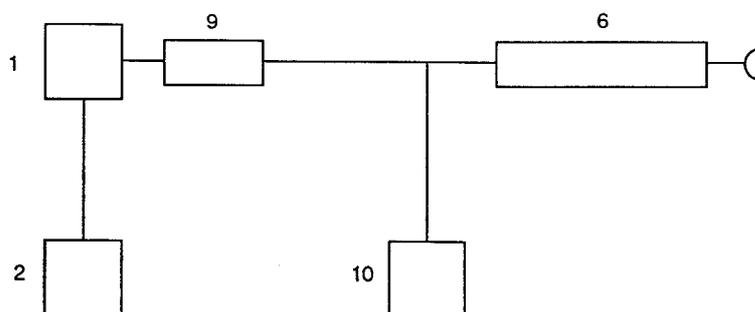
où

- U_0 est la tension à circuit ouvert du générateur;
- Z_0 est l'impédance interne du générateur;
- δ_L est l'angle de perte de l'inductance;
- a est l'affaiblissement de l'éprouvette, en népers.

L'éprouvette doit être mise en circuit ouvert et sa longueur électrique doit être inférieure ou égale à $0,03 \lambda_0$.

c) *Series resonance circuit for electrically short test specimens*

The layout of the test circuit is shown in figure 29.



IEC 440/95

- 1 = generator
- 2 = frequency counter
- 6 = test specimen
- 9 = series inductance
- 10 = voltmeter including coupling device

Figure 29 – Layout of test circuit using a series resonance circuit for an electrically short test specimen

When

$$\omega L = 1/\omega C$$

$$\omega L = \lambda_0 \times Z/2\pi l_e \quad (73)$$

$$= Z/b \quad (74)$$

where

ω is the radian frequency;

λ_0 is the wavelength in free space at the test frequency;

Z is the characteristic impedance of the test specimen;

l_e is the electrical length of the test specimen;

b is the phase shift of the test specimen, in radian;

C is the capacitance of the test specimen.

The maximum test voltage, U is derived as:

$$U = U_0 \times Z / (b \times Z_0 + Z (\tan \delta_L + a/b)) \quad (75)$$

where

U_0 is the open circuit voltage of the generator;

Z_0 is the internal impedance of the generator;

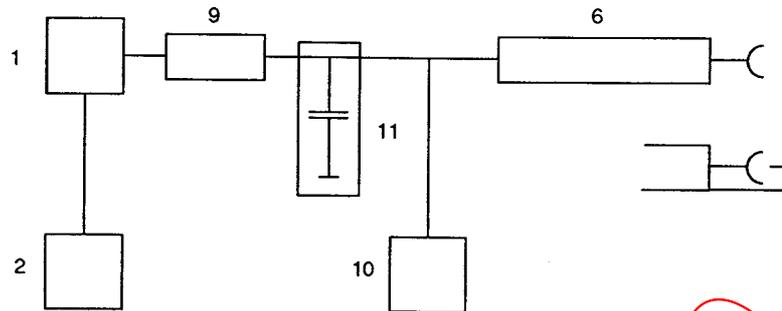
δ_L is the loss angle of inductance;

a is the attenuation of the test specimen, in nepers.

The test specimen shall be open-circuited and its electrical length $\leq 0,03 \lambda_0$.

d) *Circuit de résonance série relatif à une éprouvette électriquement longue*

La configuration du circuit d'essai est illustrée à la figure 30.



- 1 = générateur
- 2 = fréquencesmètre
- 6 = éprouvette
- 9 = inductance additionnelle
- 10 = voltmètre comprenant un dispositif de couplage
- 11 = capacité parallèle

Figure 30 – Configuration d'un circuit d'essai utilisant un circuit de résonance série pour une éprouvette électriquement longue

La tension d'essai, U est définie comme suit:

$$U = \frac{Z \times (L/C)^{0,5}}{Z \times Z_0 + a \times L/C} \times U_0 \tag{76}$$

où

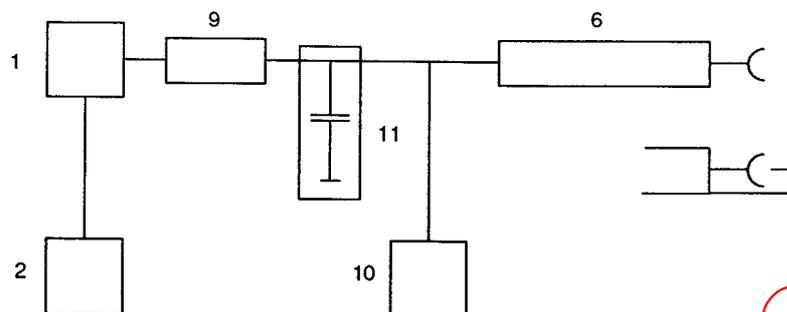
- Z est l'impédance caractéristique de l'éprouvette;
- a est l'affaiblissement de l'éprouvette, en népers;
- L est l'inductance additionnelle;
- C est la capacité parallèle;
- Z_0 est l'impédance interne du générateur;
- U_0 est la tension à circuit ouvert du générateur;
- et à une résonance $\omega^2 LC = 1$
- ω étant la fréquence angulaire.

Le gain maximal de la tension d'essai est effectif lorsque:

$$\begin{aligned} Z_0 &= Z \text{ et } L/C = Z^2/a \\ \text{alors} \quad U &= U_0 \times (2 \times a^{0,5}) \end{aligned} \tag{77}$$

d) *Series resonance circuit for electrically long test specimen*

The layout of the test circuit is shown in figure 30.



- 1 = generator
- 2 = frequency counter
- 6 = test specimen
- 9 = series inductance
- 10 = voltmeter including coupling device
- 11 = parallel capacitance

Figure 30 – Layout of test circuit using a series resonance circuit for an electrically long test specimen

The test voltage, U is defined as:

$$U = \frac{Z \times (L/C)^{0,5}}{Z \times Z_0 + a \times L/C} \times U_0 \quad (76)$$

where

Z is the characteristic impedance of the test specimen;

a is the attenuation of the test specimen, in nepers;

L is the series inductance;

C is the parallel capacitance;

Z_0 is the internal impedance of the generator;

U_0 is the open-circuit voltage of the generator;

and when at resonance $\omega^2 LC = 1$

with ω as the radian frequency.

The maximum gain of the test voltage is available when:

$$Z_0 = Z \text{ et } L/C = Z^2/a$$

then

$$U = U_0 \times (2 \times a^{0,5}) \quad (77)$$

L'éprouvette peut être en circuit ouvert ou court-circuitée et la longueur électrique, l_e , est déterminée par la relation suivante:

$$l_e = n \times \lambda_0 / 4 \quad (78)$$

où

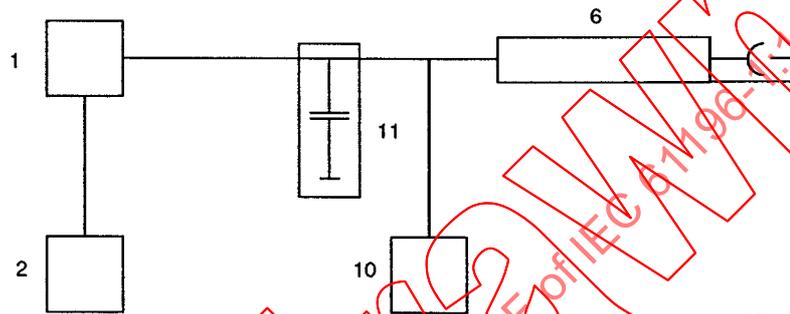
λ_0 est la longueur d'onde dans l'espace libre à la fréquence d'essai;

n est égal à 1, 3, 5, . . . pour une éprouvette court-circuitée;

n est égal à 2, 4, 6, . . . pour une éprouvette en circuit ouvert.

e) *Circuit de résonance parallèle relatif à une éprouvette électriquement courte*

La configuration du circuit d'essai est illustrée à la figure 31.



CEI 442/95

- 1 = générateur
- 2 = fréquencemètre
- 6 = éprouvette
- 10 = voltmètre comprenant un dispositif de couplage
- 11 = capacité parallèle

Figure 31 – Configuration d'un circuit d'essai utilisant une méthode de résonance parallèle pour une éprouvette électriquement courte

Le courant d'essai maximal I est défini comme suit:

$$I = U_0 / (b \times Z + Z_0 (\tan \delta_c + a/b)) \quad (79)$$

où

U_0 est la tension à circuit ouvert du générateur;

Z est l'impédance caractéristique nominale de l'éprouvette;

b est le déphasage de l'éprouvette, en radians;

a est l'affaiblissement de l'éprouvette, en népers;

δ_c est l'angle de perte de la capacité parallèle;

Z_0 est l'impédance interne du générateur.

The test specimen may be open- or short-circuited and the electrical length, l_e is determined as:

$$l_e = n \times \lambda_0 / 4 \quad (78)$$

where

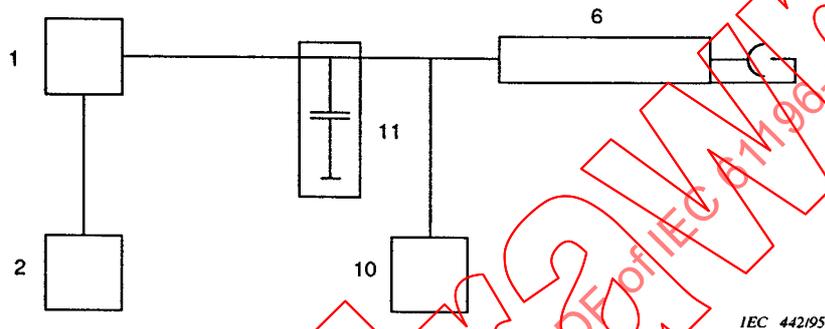
λ_0 is the wavelength in free space at the test frequency;

n is 1, 3, 5, . . . for a short-circuited test specimen;

n is 2, 4, 6, . . . for an open-circuited test specimen.

e) *Parallel resonance circuit for an electrically short test specimen*

The layout of the test circuit is shown in figure 31.



- 1 = generator
- 2 = frequency counter
- 6 = test specimen
- 10 = voltmeter including coupling device
- 11 = parallel capacitance

Figure 31 – Layout of test circuit using a parallel resonance method for an electrically short test specimen

The maximum test current, I is defined as:

$$I = U_0 / (b \times Z + Z_0 (\tan \delta_c + a/b)) \quad (79)$$

where

U_0 is the open-circuit voltage of the generator;

Z is the nominal characteristic impedance of the test specimen;

b is the phase shift of the test specimen, in radians;

a is the attenuation of the test specimen, in nepers;

δ_c is the loss angle of the parallel capacitance;

Z_0 is the internal impedance of the generator.

A une résonance $1/\omega C = \omega L$ (80)

$= Z \times 2\pi l_e / \lambda_0$ (81)

$= Z \times b$ (82)

où

ω est la fréquence angulaire;

C est la capacité parallèle;

L est l'inductance de l'éprouvette;

l_e est la longueur électrique de l'éprouvette;

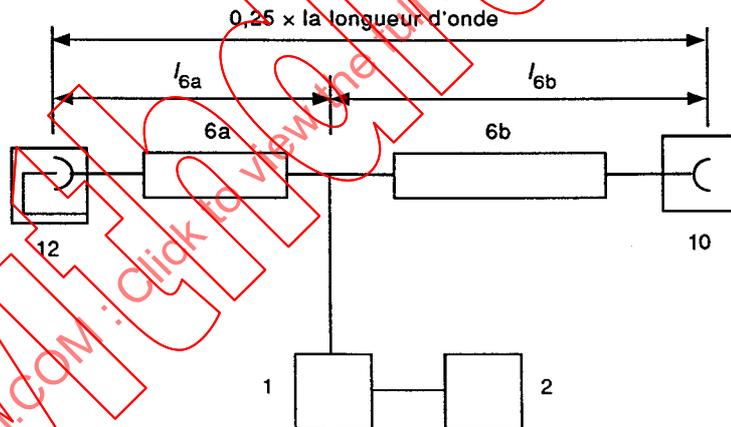
λ_0 est la longueur d'onde dans l'espace libre à la fréquence d'essai.

L'éprouvette doit être court-circuitée et sa longueur électrique doit être inférieure ou égale à $0,03 \lambda_0$.

f) *Circuit de résonance parallèle pour une éprouvette ayant une longueur égale à 0,25 fois la longueur d'onde*

L'avantage de cette méthode réside dans le fait que le circuit de résonance est uniquement composé de l'éprouvette, de sorte qu'aucun composant discret supplémentaire n'est requis.

La configuration du circuit d'essai est illustrée à la figure 32.



CEI 443/95

1 = générateur

2 = fréquencemètre

6a = partie de l'éprouvette (court-circuitée)

6b = partie de l'éprouvette (en circuit ouvert)

10 = voltmètre comprenant un dispositif de couplage

12 = Dispositif de mesure du courant comprenant un dispositif de couplage

Figure 32 – Configuration d'un circuit de résonance parallèle pour une éprouvette ayant une longueur égale à 0,25 fois la longueur d'onde

$$\text{At resonance} \quad 1/\omega C = \omega L \quad (80)$$

$$= Z \times 2\pi l_e / \lambda_0 \quad (81)$$

$$= Z \times b \quad (82)$$

where

ω is the radian frequency;

C is the parallel capacitance;

L is the inductance of the test specimen;

l_e is the electrical length of the test specimen;

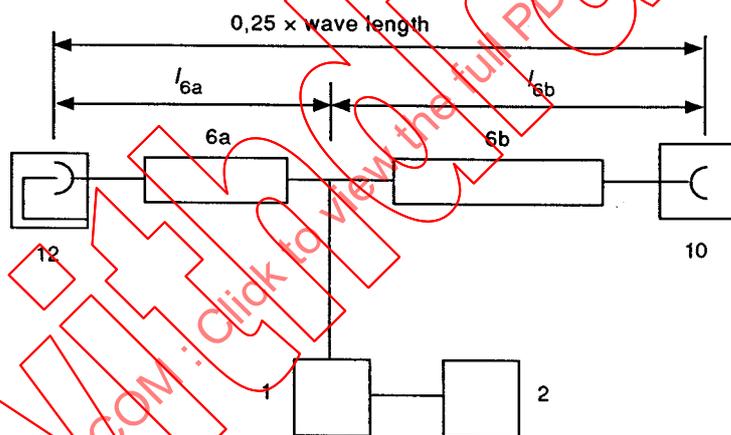
λ_0 is the wavelength in free space at the test frequency.

The test specimen shall be short-circuited and its electrical length shall be $\leq 0,03 \lambda_0$.

f) *Parallel resonance circuit for 0,25 wavelength-long test specimen*

It is an advantage of this test method that the resonance circuit is formed only by the test specimen so that no additional discrete components are needed.

The layout of the test circuit is shown in figure 32.



IEC 443195

- 1 = generator
- 2 = frequency counter
- 6a = part of test specimen (short-circuited)
- 6b = part of test specimen (open-circuited)
- 10 = voltmeter including coupling device
- 12 = current meter including coupling device

Figure 32 – Parallel resonance circuit for 0,25 wavelength-long test specimen

La tension maximale U_b est définie, à la résonance spécifiée, comme suit:

$$U_b = U_0/2 \times a^{0,5} \tag{83}$$

où

U_0 est la tension à circuit ouvert du générateur;

a est l'affaiblissement de l'éprouvette, en népers.

Le courant d'essai maximal I_a devient:

$$I_a = U_0/Z \times 2 \times a^{0,5} \tag{84}$$

où Z est l'impédance caractéristique de l'éprouvette.

Le circuit de résonance sera réalisé lorsque la longueur électrique totale, ($l_e = l_{e,6a} + l_{e,6b}$) est égale à $\lambda_0/4$.

$$l_{e,6a} = v_r \times \arcsin(a^{0,5})/\beta_0 \text{ en m} \tag{85}$$

où

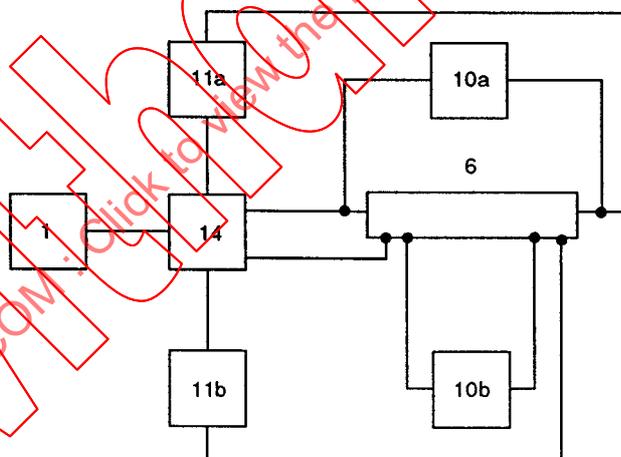
a est l'affaiblissement de l'éprouvette, en népers;

β_0 est la constante de déphasage de l'éprouvette, en rad/m;

v_r est la vitesse de propagation relative de l'éprouvette.

g) Méthode de basse fréquence ou de courant continu

La configuration du circuit d'essai est illustrée à la figure 33.



CEI 444/95

- 1 = source d'alimentation alternative ou continue
- 6 = éprouvette
- 10 = voltmètre
- 11 = dispositif de mesure du courant
- 14 = séparateur de puissance variable

Figure 33 – Configuration du circuit d'essai utilisant une méthode de basse fréquence ou de courant continu

The maximum test voltage, U_b is defined at resonance as:

$$U_b = U_0/2 \times a^{0,5} \quad (83)$$

where

U_0 is the open-circuit voltage of the generator;

a is the attenuation of the test specimen, in nepers.

The maximum test current, I_a becomes:

$$I_a = U_0/Z \times 2 \times a^{0,5} \quad (84)$$

where Z is the characteristic impedance of the test specimen.

The resonance circuit will be realized when the total electrical length, ($l_e = l_{e,6a} + l_{e,6b}$) is $\lambda_0/4$.

$$l_{e,6a} = v_r \times \arcsin(a^{0,5})/\beta_0 \text{ in m} \quad (85)$$

where

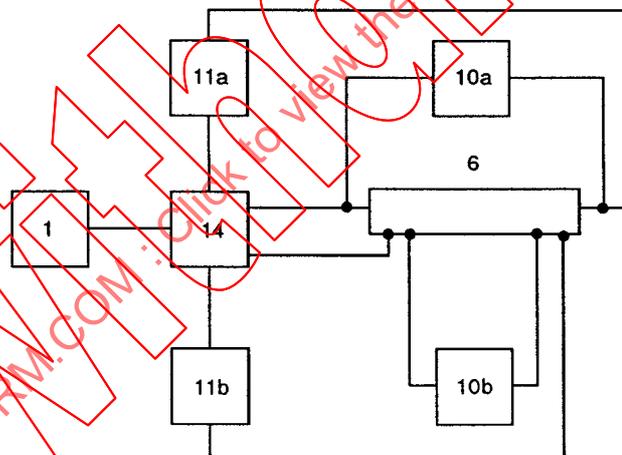
a is the attenuation of the test specimen, in nepers;

β_0 is the phase constant of the test specimen, in rad/m;

v_r is the velocity ratio of the test specimen.

g) *Low frequency or d.c. method*

The layout of the test circuit is shown in figure 33.



IEC 444/95

- 1 = a.c. or d.c. power source
- 6 = test specimen
- 10 = voltmeter
- 11 = current meter
- 14 = variable power splitter

Figure 33 – Layout of test circuit using a low frequency a.c. or d.c. method

L'essai permet de simuler la répartition de la température dans un câble coaxial raccordé pour fréquences radioélectriques, par chauffage à basse fréquence ou par courant continu des conducteurs intérieur et extérieur.

Energie dissipée dans le conducteur intérieur:

$$P_{d1} = (U_1 \times I_1) / l \text{ en W/m} \quad (86)$$

Energie dissipée du conducteur extérieur:

$$P_{d3} = (U_3 \times I_3) / l \text{ en W/m} \quad (87)$$

où

- U_1 est la chute de la résistance interne du conducteur intérieur de l'éprouvette;
- I_1 est l'intensité du courant dans le conducteur intérieur de l'éprouvette;
- U_3 est la chute de la résistance interne du conducteur extérieur de l'éprouvette;
- I_3 est l'intensité du courant dans le conducteur extérieur de l'éprouvette;
- l est la longueur de l'éprouvette.

La température maximale admissible du conducteur intérieur est atteinte lorsque:

$$U_1 / I_1 = R_1 I_1 (1 + \eta_1 (T_{1,max} - T_a)) \quad (88)$$

où

- η_1 est le coefficient de température du matériau constituant le conducteur intérieur;
- $T_{1,max}$ est la température maximale admissible du conducteur intérieur;
- T_a est la température ambiante pendant l'essai;
- R_1 est la résistance du conducteur intérieur à la température ambiante;
- I_1 est la longueur du conducteur intérieur.

Le rapport entre l'énergie dissipée du conducteur intérieur et l'énergie dissipée du conducteur extérieur dépend de la fréquence radioélectrique simulée et doit être ajusté, à l'aide du séparateur de puissance, afin que la relation suivante soit vérifiée:

$$P_{d3} / P_{d1} = \frac{\alpha_3 (1 + 0,5 \eta_3 / 2 (T_{1,max} - T_a)) + 0,5 \alpha_2}{\alpha_1 (1 + 0,5 \eta_1 / 2 (T_{1,max} - T_a)) + 0,5 \alpha_2} \quad (89)$$

où

- α_1 est l'affaiblissement du conducteur intérieur à la fréquence f ; α_1 est exprimé en népers/m à une température de 20 °C;
- α_2 est l'affaiblissement du diélectrique à la fréquence f ; α_2 est exprimé en népers/m à une température de 20 °C;
- α_3 est l'affaiblissement du conducteur extérieur à la fréquence f ; α_3 est exprimé en népers/m à une température de 20 °C;
- η_3 est le coefficient de température du matériau constituant le conducteur extérieur.

The test simulates the temperature distribution within a terminated r.f. coaxial cable by low frequency or d.c. current heating of the inner and outer conductors.

Dissipation power of the inner conductor:

$$P_{d1} = (U_1 \times I_1) / l \quad \text{in W/m} \quad (86)$$

Dissipation power of the outer conductor:

$$P_{d3} = (U_3 \times I_3) / l \quad \text{in W/m} \quad (87)$$

where

U_1 is the IR drop of the inner conductor of the test specimen;

I_1 is the current in the inner conductor of the test specimen;

U_3 is the IR drop of the outer conductor of the test specimen;

I_3 is the current in the outer conductor of the test specimen;

l is the length of the test specimen.

Maximum permissible temperature of the inner conductor is reached when:

$$U_1 / I_1 = R_1 I_1 (1 + \eta_1 (T_{1,\max} - T_a)) \quad (88)$$

where

η_1 is the temperature coefficient of the inner conductor material;

$T_{1,\max}$ is the maximum permissible temperature of the inner conductor;

T_a is the ambient temperature during the test;

R_1 is the inner conductor resistance at ambient temperature;

l_1 is the length of the inner conductor.

The dissipation power ratio, inner conductor/outer conductor depends on the simulated r.f. frequency and shall be adjusted by the power splitter to:

$$P_{d3} / P_{d1} = \frac{\alpha_3 (1 + 0,5 \eta_3 / 2 (T_{1,\max} - T_a)) + 0,5 \alpha_2}{\alpha_1 (1 + 0,5 \eta_1 / 2 (T_{1,\max} - T_a)) + 0,5 \alpha_2} \quad (89)$$

where

α_1 is the attenuation of the inner conductor at frequency f and is in nepers/m at 20 °C;

α_2 is the attenuation of the dielectric at frequency f and is in nepers/m at 20 °C;

α_3 is the attenuation of the outer conductor at frequency f and is in nepers/m at 20 °C;

η_3 is the temperature coefficient of the outer conductor material.

La puissance nominale maximale admissible $P(T_a, f)$, à la fréquence simulée f et pour une température ambiante T_a de l'éprouvette, est déduite à partir de la relation suivante:

$$P(T_a, f) = P_d / 2\alpha_T \quad \text{en W} \quad (90)$$

$$= (P_{d1} + P_{d3}) / 2\alpha_T \quad \text{en W} \quad (91)$$

où

α_T est l'affaiblissement, en népers/m, de l'éprouvette chargée de la puissance maximale admissible.

Il convient de mesurer l'affaiblissement α_T à l'aide d'une enceinte thermique. Si les dimensions de l'éprouvette sont trop importantes, il est possible de déterminer α_T à partir de la relation:

$$\alpha_T = \alpha_1 (1 + \eta_1 / 2 (T_{1,\max} - T_a)) + \alpha_2 + \alpha_3 (1 + \eta_3 / 2 (T_{1,\max} - T_a)) \quad (92)$$

11.19.5 Expression des résultats

11.19.5.1 Formule de conversion de la puissance nominale en fonction de la température

La puissance à limitation de température admissible P_1 , mesurée à une température de conducteur intérieur T_1 et une température ambiante T_a , peut être convertie en puissance maximale admissible du conducteur intérieur $T_{1,\max}$ et la température ambiante normale ou alternative, T , à l'aide de la formule suivante:

$$P = P_1 ((T_{1,\max} - T) / (T_1 - T_a))^{1,14} \quad (93)$$

où

P est la puissance nominale à limitation de température, à la température ambiante normale ou alternative;

P_1 est la puissance d'entrée mesurée pour T_1 et T_a ;

T est la température ambiante normale ou alternative;

T_1 est la température du conducteur intérieur;

T_a est la température ambiante pendant l'essai;

$T_{1,\max}$ est la température maximale admissible du conducteur intérieur.

11.19.5.2 Formule de conversion de la puissance nominale en fonction de la fréquence

Lorsque la gamme disponible de fréquences d'essai de fréquences radioélectriques est limitée, il est possible d'extrapoler comme suit la puissance nominale à une fréquence f_2 située en dehors de la gamme, à un intervalle donné d'une fréquence f_1 comprise dans la gamme:

The maximum permissible power rating $P(T_a, f)$, at the simulated frequency f and for an ambient temperature T_a of the test specimen is derived from:

$$P(T_a, f) = P_d / 2\alpha_T \quad \text{in W} \quad (90)$$

$$= (P_{d1} + P_{d3}) / 2\alpha_T \quad \text{in W} \quad (91)$$

where

α_T is the attenuation in nepers/m of the test specimen loaded with the maximum permissible power.

Preferably α_T is measured using a heating chamber. If the test specimen is too large α_T may be determined from:

$$\alpha_T = \alpha_1 (1 + \eta_1 / 2 (T_{1,\max} - T_a)) + \alpha_2 + \alpha_3 (1 + \eta_3 / 2 (T_{1,\max} - T_a)) \quad (92)$$

11.19.5 Expression of results

11.19.5.1 Conversion formula for power rating versus temperature

The admissible temperature limited power P_1 measured at an inner conductor temperature T_1 and ambient temperature T_a can be converted to the maximum permissible inner conductor temperature $T_{1,\max}$ and the standard or alternative ambient temperature, T , using the following approximate formula:

$$P = P_1 ((T_{1,\max} - T) / (T_1 - T_a))^{1.14} \quad (93)$$

where

P is the temperature limited power rating at standard or alternative ambient temperature;

P_1 is the measured input power for T_1 and T_a ;

T is the standard or alternative ambient temperature;

T_1 is the inner conductor temperature;

T_a is the ambient temperature during the test;

$T_{1,\max}$ is the maximum permissible temperature of the inner conductor.

11.19.5.2 Conversion formula for power rating versus frequency

When the available range of r.f. test frequencies is limited, the power rating may be extrapolated to frequency f_2 outside the range from frequency f_1 within the range as follows:

$$P_{(40,f_2)} = P_{(40,f_1)} \times (\alpha_T(f_1)) / (\alpha_T(f_2)) \times X \quad (94)$$

où

$$X = P_d(f_2) / P_d(f_1) \quad (95)$$

X doit être calculé par itération (en commençant par $X = 1$), en procédant comme suit:

$$X_{n+1} = (T_{1,\max} - T_a - (T_4 - T_a) \times X_n^{0,8}) / (Y(T_1 - T_3) + T_4 - T_3) \quad (96)$$

pour $n = 1, 2, 3, \dots$

$$\text{avec } Y = \frac{\alpha_T(f_1)}{\alpha_T(f_2)} \times \frac{\alpha_{1T}(f_2) + 0,5_2(f_2)}{\alpha_{1T}(f_1) + 0,5_2(f_1)} \quad (97)$$

où

$P_{(40,f_1)}$ est la puissance nominale à limitation de température, à une fréquence f_1 et à une température ambiante normale de 40 °C;

$P_{(40,f_2)}$ est la puissance nominale à limitation de température, à une fréquence f_2 et à une température ambiante normale de 40 °C;

$P_{d(f_1)}$ est la puissance dissipée du câble chargé à la puissance maximale à la fréquence f_1 ;

$P_{d(f_2)}$ est la puissance dissipée du câble chargé à la puissance maximale à la fréquence f_2 ;

$\alpha_T(f_1)$ est l'affaiblissement du câble chargé à la puissance maximale à la fréquence f_1 ;

$\alpha_T(f_2)$ est l'affaiblissement du câble chargé à la puissance maximale à la fréquence f_2 ;

$\alpha_{1T}(f_1)$ est l'affaiblissement du conducteur intérieur du câble chargé à la puissance maximale à la fréquence f_1 ;

$\alpha_{1T}(f_2)$ est l'affaiblissement du conducteur intérieur du câble chargé à la puissance maximale à la fréquence f_2 ;

$\alpha_2(f_1)$ est l'affaiblissement du diélectrique à la fréquence f_1 ;

$\alpha_2(f_2)$ est l'affaiblissement du diélectrique à la fréquence f_2 ;

T est la température normale (40 °C) ou la température ambiante alternative;

$T_{1,\max}$ est la température maximale admissible du conducteur intérieur;

T_3 est la température du conducteur extérieur du câble chargé;

T_4 est la température de la gaine du câble chargé.

Si $f_2 < f_1$, il est nécessaire de prendre des précautions pour s'assurer que la valeur de $P_{(f_2)}$ ne dépasse pas la puissance nominale à limitation de tension.

$$P_{(40,f_2)} = P_{(40,f_1)} \times (\alpha_T(f_1)) / (\alpha_T(f_2)) \times X \quad (94)$$

where

$$X = P_d(f_2) / P_d(f_1) \quad (95)$$

X shall be calculated by iteration (starting with $X = 1$), as follows:

$$X_{n+1} = (T_{1,max} - T_a - (T_4 - T_a) \times X_n^{0,8}) / (Y(T_1 - T_3) + T_4 - T_3) \quad (96)$$

for $n = 1, 2, 3, \dots$

$$\text{with } Y = \frac{\alpha_T(f_1)}{\alpha_T(f_2)} \times \frac{\alpha_{1T}(f_2) + 0,5_2(f_2)}{\alpha_{1T}(f_1) + 0,5_2(f_1)} \quad (97)$$

where

$P_{(40,f_1)}$ is the temperature limited power rating at frequency f_1 and ambient standard temperature 40 °C;

$P_{(40,f_2)}$ is the temperature limited power rating at frequency f_2 and ambient standard temperature 40 °C;

$P_{d(f_1)}$ is the dissipation power of the maximum loaded cable at frequency f_1 ;

$P_{d(f_2)}$ is the dissipation power of the maximum loaded cable at frequency f_2 ;

$\alpha_T(f_1)$ is the attenuation of the maximum loaded cable at frequency f_1 ;

$\alpha_T(f_2)$ is the attenuation of the maximum loaded cable at frequency f_2 ;

$\alpha_{1T}(f_1)$ is the attenuation of the inner conductor of the maximum loaded cable at frequency f_1 ;

$\alpha_{1T}(f_2)$ is the attenuation of the inner conductor of the maximum loaded cable at frequency f_2 ;

$\alpha_2(f_1)$ is the attenuation of the dielectric at frequency f_1 ;

$\alpha_2(f_2)$ is the attenuation of the dielectric at frequency f_2 ;

T is the standard temperature (40 °C) or alternative ambient temperature;

$T_{1,max}$ is the maximum permissible temperature of the inner conductor;

T_3 is the temperature of the outer conductor of the loaded cable;

T_4 is the temperature of the sheath of the loaded cable.

If $f_2 < f_1$ care must be taken to ensure that $P_{(f_2)}$ does not exceed the voltage limited power rating.

12 Efficacité d'écran

12.1 Impédance de transfert de surface: méthode d'injection linéaire (domaine de la fréquence)

12.1.1 Principe

L'essai permet de déterminer l'efficacité d'écran d'un câble coaxial pour fréquences radioélectriques en appliquant un courant et une tension bien définis à l'écran du câble et en mesurant la tension induite intérieurement afin de déterminer l'impédance de transfert de surface.

Il est possible d'effectuer des mesures dans la gamme de fréquence comprise entre quelques kHz et 3 GHz à l'aide d'instruments de mesure de hautes fréquences.

12.1.2 Définitions

12.1.2.1 Longueurs de câbles électriquement courts

NOTE - Il est possible de prendre un bon critère, pour un câble électriquement court ou pour des fréquences faibles, tel que $l < \lambda/10$, où l est la longueur du câble et λ est la longueur d'onde ($\lambda = 300/\sqrt{\epsilon_r} f$), f étant exprimée en MHz et λ en mètres.

L'élément le plus important dans la détermination de l'efficacité d'écran d'un câble pour fréquences radioélectriques est l'impédance de transfert de surface de son écran Z_T (Ω/m).

L'impédance de transfert de surface, Z_T d'un câble électriquement court et uniforme sur toute sa longueur est définie comme le quotient de la tension induite dans le circuit secondaire (intérieur) sur le courant traversant le circuit primaire (extérieur).

Bien que la plupart des câbles présentent un couplage de capacité négligeable, dans le cas d'un câble à structure lâche à tresse unique, le couplage à travers les trous de l'écran est décrit en fonction de la capacité directe C_T ou de l'admittance du couplage capacitif, Y_C . Y_C est définie comme le quotient du courant induit dans le circuit secondaire (intérieur) sur la tension développée dans le circuit primaire (extérieur). Pour un câble électriquement court et uniforme sur toute sa longueur:

$$Y_C = j\omega C_T \quad (98)$$

La capacité directe C_T dépend du circuit extérieur.

12.1.2.2 Longueurs de câbles électriquement longs

Pour ce qui concerne les câbles électriquement longs, la capacité et les couplages inductifs agissent simultanément sur le câble, de sorte que l'impédance de transfert équivalente, Z_{TE} (qui inclut les deux effets) ou l'affaiblissement d'écran, a_S , constituent une mesure appropriée de l'efficacité d'écran à des fréquences élevées.

12 Screening effectiveness

12.1 Surface transfer impedance: line injection method (frequency domain)

12.1.1 Principle

The test determines the screening effectiveness of an r.f. coaxial cable by applying a well-defined current and voltage to the screen of the cable and measuring the internally induced voltage in order to determine the surface transfer impedance.

Measurements in the frequency range from a few kHz up to 3 GHz can be made with the use of normal high frequency instrumentation.

12.1.2 Definitions

12.1.2.1 Electrically short cable lengths

NOTE - A good criterion for an electrically short cable or for low frequencies may be taken as $l < \lambda/10$, where l is the length of the cable and λ is the wavelength ($\lambda = 300/\sqrt{\epsilon_r}f$), with f in MHz and λ in metres.

The most important element in the determination of the screening effectiveness of an r.f. cable is the surface transfer impedance of its screen (Z_T (Ω/m)).

Surface transfer impedance, Z_T of an electrically short longitudinally uniform cable is defined as the quotient of the longitudinal voltage induced in the secondary (inner) circuit to the current flowing in the primary (outer) circuit.

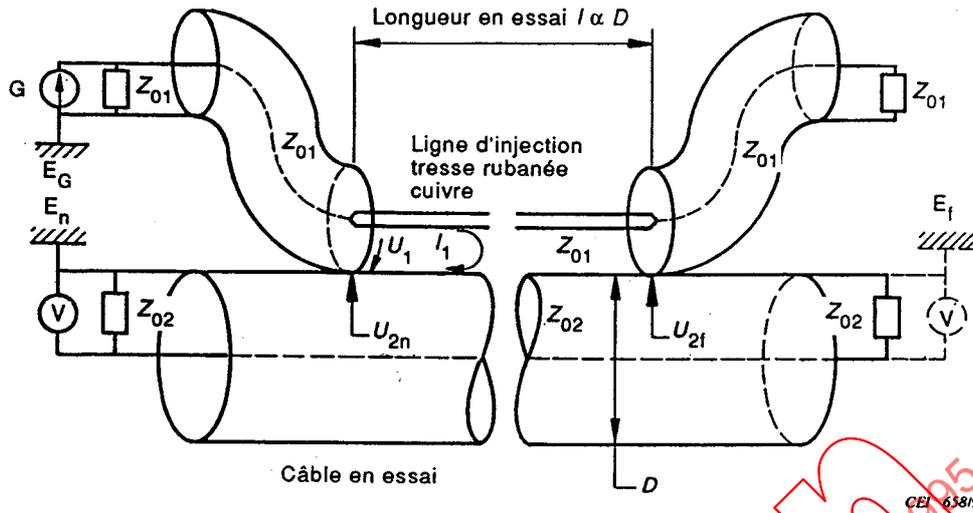
Although most cables have negligible capacitance coupling, in the case of a loose single braided cable, the coupling through the holes in the screen is described in terms of the through capacitance, C_T or the capacitive coupling admittance, Y_C . Y_C is defined as the quotient of the current induced in the secondary (inner) circuit to the voltage developed in the primary (outer) circuit. For an electrically short longitudinally uniform cable:

$$Y_C = j\omega C_T \quad (98)$$

The through capacitance, C_T is dependent on the outer circuit.

12.1.2.2 Electrically long cable lengths

For electrically long cables the capacitance and inductive couplings act on the cable at the same time so that either the equivalent transfer impedance, Z_{TE} (which includes both effects) or the screening attenuation, a_S may be an adequate measure of the screening at high frequencies.



- n = extrémité proximale
- f = extrémité distale
- 1 = circuit primaire (d'injection)
- 2 = circuit secondaire
- Z_{01} = impédance caractéristique du circuit 1
- Z_{02} = impédance caractéristique du circuit 2
- G = générateur
- V = récepteur
- E = mise à la terre pour instruments coaxiaux

Figure 34 – Montage d'essai théorique d'injection de ligne de type transmission

L'impédance du couplage de capacités, Z_F est définie comme suit:

$$Z_F = j\omega C_T Z_{01} Z_{02} \tag{99}$$

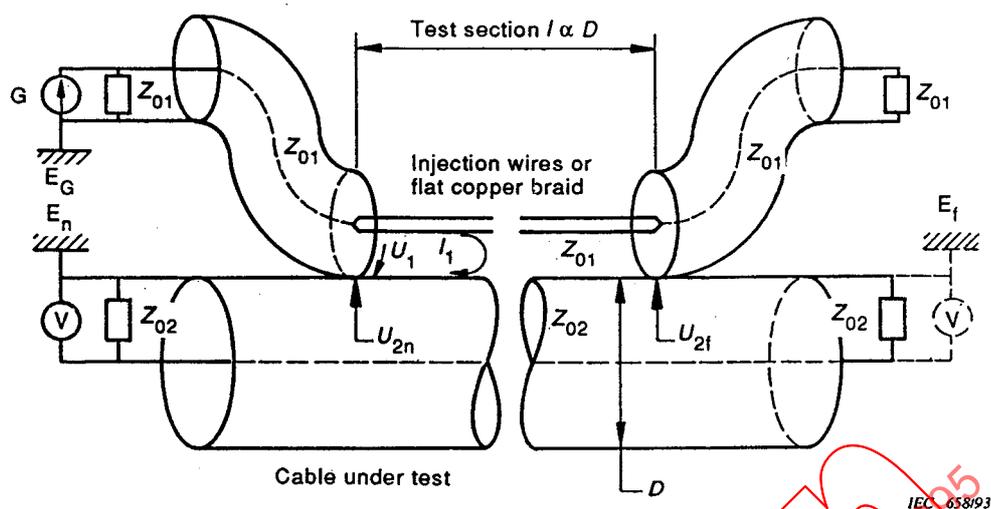
L'impédance équivalente de transfert, Z_{TE} est définie comme suit:

$$Z_{TE} = \max Z_F \pm Z_T \tag{100}$$

En se référant à la figure 34, la fonction de transfert de couplage T est la qualité stable par rapport à la direction de l'alimentation. Il s'agit des amplitudes normales pour les couplages aux extrémités proximale et distale qui sont déterminées comme suit:

$$T_n = \frac{U_{2n} / \sqrt{Z_{02}}}{U_1 / \sqrt{Z_{01}}} = \frac{I_{2n} / \sqrt{Z_{02}}}{I_1 / \sqrt{Z_{01}}} \tag{101}$$

$$T_f = \frac{U_{2f} / \sqrt{Z_{02}}}{U_1 / \sqrt{Z_{01}}} = \frac{I_{2f} / \sqrt{Z_{02}}}{I_1 / \sqrt{Z_{01}}} \tag{102}$$



- n = near-end
 f = far-end
 1 = primary (i.e. injection) circuit
 2 = secondary circuit
 Z_{01} = characteristic impedance of circuit 1
 Z_{02} = characteristic impedance of circuit 2
 G = generator
 V = receiver
 E = earthing for coaxial instruments

Figure 34 – Theoretical transmission type line injection test layout

The capacitance coupling impedance, Z_F is defined as:

$$Z_F = j\omega C_T Z_{01} Z_{02} \quad (99)$$

The equivalent transfer impedance, Z_{TE} is defined as:

$$Z_{TE} = \max Z_F \pm Z_T \quad (100)$$

With reference to figure 34, the coupling transfer function, T is the invariant quality with respect to the direction of feeding. It is the normalized wave amplitudes for near-end and far-end coupling respectively as follows:

$$T_n = \frac{U_{2n} / \sqrt{Z_{02}}}{U_1 / \sqrt{Z_{01}}} = \frac{I_{2n} / \sqrt{Z_{02}}}{I_1 / \sqrt{Z_{01}}} \quad (101)$$

$$T_f = \frac{U_{2f} / \sqrt{Z_{02}}}{U_1 / \sqrt{Z_{01}}} = \frac{I_{2f} / \sqrt{Z_{02}}}{I_1 / \sqrt{Z_{01}}} \quad (102)$$

où

- U_1 est l'onde de la tension dans le circuit primaire à l'extrémité proximale, se propageant vers l'extrémité distale. En raison des circuits adaptés et de l'hypothèse selon laquelle la totalité de l'onde recouplée du circuit secondaire vers le circuit primaire est négligeable, il n'y a aucune onde dans le circuit primaire qui se propage vers l'extrémité proximale. Cette hypothèse de $T \ll I$ est vraie en pratique pour des câbles pour fréquences radioélectriques;
- U_{2n} est l'onde de la tension dans le circuit secondaire qui se propage vers l'extrémité proximale et que l'on mesure à l'extrémité proximale;
- U_{2f} est l'onde de la tension qui se propage dans le circuit secondaire vers l'extrémité distale et que l'on mesure à l'extrémité distale.

12.1.3 Equipement d'essai

L'appareillage de mesure, relatif aux essais d'impédances de transfert à gamme dynamique élevée, se compose des éléments suivants:

Un générateur de signaux

- un générateur d'asservissement ou un générateur de signaux de synthèse;
- un amplificateur de puissance pour de très faibles valeurs d'impédance de transfert ($< 3 \mu\Omega/m$, c'est-à-dire > 150 dB);
- un atténuateur étalonné.

Un récepteur

- un amplificateur à faible bruit;
- un analyseur de spectre

NOTES

1 Il convient de commander le générateur de signaux et le récepteur à l'aide d'un ordinateur de bureau pour l'acquisition et la présentation des données.

2 Il est possible de mesurer des différences de niveaux de l'ordre de 120 dB à l'aide d'analyseurs de réseaux utilisés conjointement à des préamplificateurs à large bande et à faible bruit, si des précautions sont prises pour empêcher les pertes de signaux dans les instruments de mesure. Ces instruments permettent de vérifier la phase de la fonction de transfert mais, aux faibles niveaux du signal, la précision de la mesure de la phase devient critique.

3 Lorsqu'on mesure des faibles valeurs d'impédance de transfert, il est recommandé d'utiliser une enceinte blindée pour éviter les pertes de signaux dans l'équipement récepteur. Si une gamme dynamique, dont la limite supérieure est de l'ordre de 100 dB, est prescrite il n'est pas nécessaire d'utiliser une enceinte blindée.

12.1.4 Montage d'essai

Comme l'illustre la figure 35, le circuit primaire est construit comme une ligne de transmission utilisant, pour le circuit d'injection, au moins deux liaisons parallèles, une bande en cuivre ondulé ou une tresse en cuivre plat, conjointement au conducteur extérieur du câble soumis à l'essai. Le circuit d'injection est relié à chaque extrémité de la ligne coaxiale par l'intermédiaire d'un dispositif d'injection. Il convient de choisir une taille de conducteur et un type d'isolation adaptés à l'impédance caractéristique du circuit primaire.

where

U_1 is the voltage wave in the primary circuit at the near-end, travelling to the far end. Due to matched circuits and to the assumption that the total re-coupled wave from the secondary to the primary circuit is negligible, there is no wave in the primary circuit travelling to the near-end. This assumption of $T \ll l$ is true for practical r.f. cables;

U_{2n} is the voltage wave in the secondary circuit to the near-end and is measured at the near-end;

U_{2f} is the voltage wave in the secondary circuit to the far-end and is measured at the far-end.

12.1.3 Test equipment

The measurement equipment for high dynamic range transfer impedance tests consists of:

Signal generator

- tracking generator or synthesized signal generator;
- power amplifier for very small transfer impedance values ($< 3 \mu\Omega/m$, i.e. > 150 dB);
- calibrated step attenuator.

Receiver

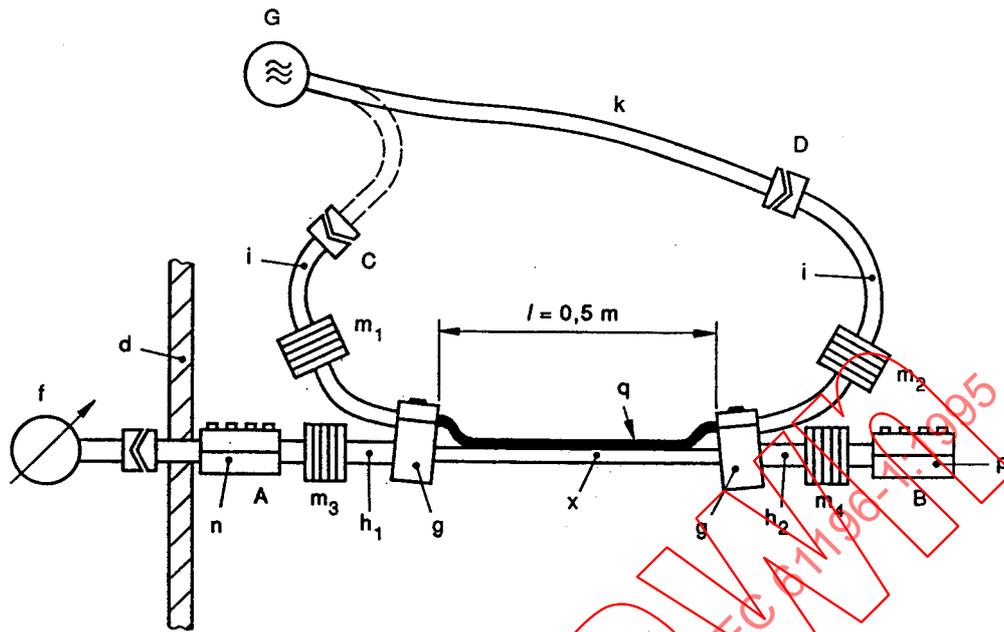
- low noise amplifier;
- spectrum analyser.

NOTES

- 1 It is preferable to control the signal generator and the receiver by desk-top computer for data acquisition and presentation.
- 2 Level differences of about 120 dB can be measured with network analysers together with broadband low-noise pre-amplifiers if care is taken to avoid internal signal leakage in the instrumentation. These instruments allow for testing of the phase of the transfer function but at the low signal levels the accuracy of the phase measurement becomes critical.
- 3 When measuring low transfer impedance values the use of a screened room is recommended to prevent leakage into the receiving equipment. If a dynamic range of up to about 100 dB is required, the screened room is unnecessary.

12.1.4 Test set-up

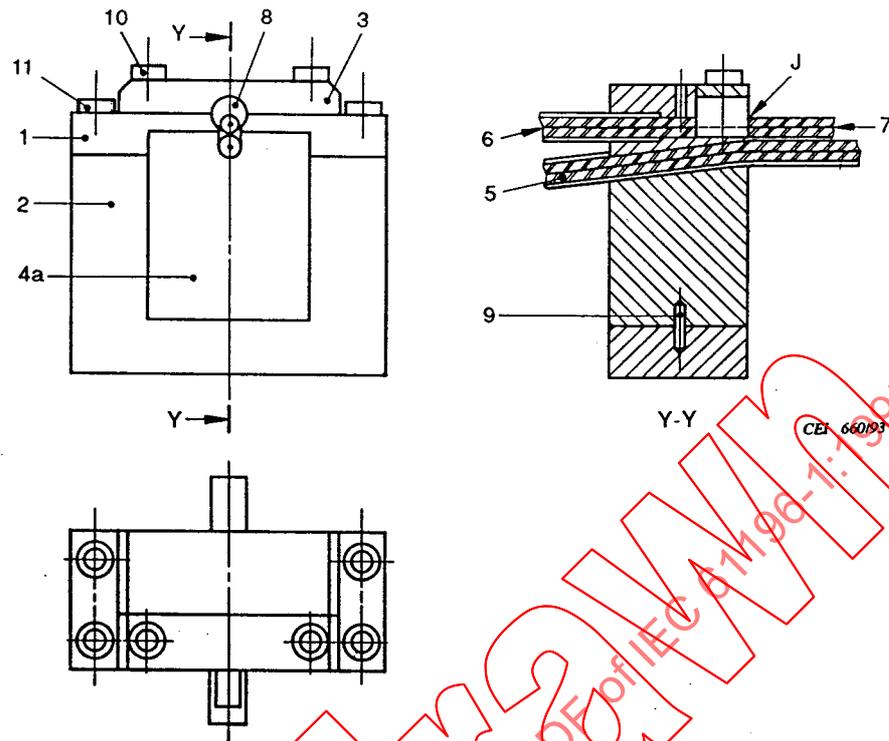
As shown in figure 35, the primary circuit is constructed as a transmission line using two or more parallel wires, a corrugated copper strip or a flat copper braid with the outer conductor of the cable under test for the injection circuit. The injection circuit is connected to the coaxial line at each end via a launcher. The conductor size and the type of insulation should be chosen to match the characteristic impedance of the primary circuit.



Les éléments A, B, C et D sont décrits dans le texte.

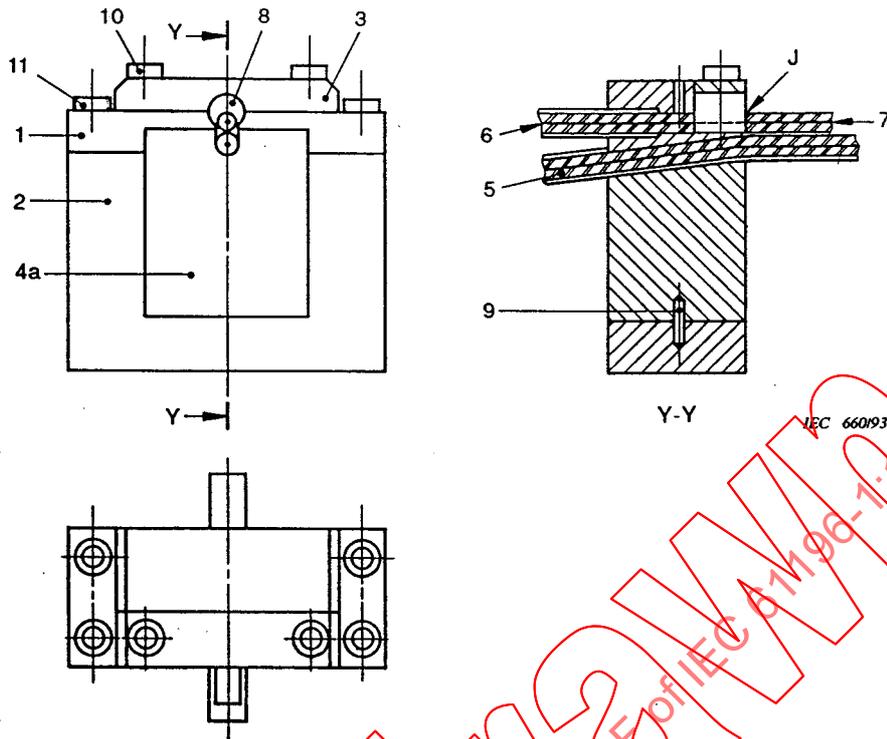
- X = câble en essai (CUT)
- d = paroi de l'enceinte blindée avec alimentation coaxiale directe blindée
- G = générateur (synthétiseur ou générateur d'asservissement, etc.)
- f = récepteur d'essai (analyseur de spectre, analyseur de réseau, etc.)
- g = dispositif d'injection à la ligne d'injection
- h_1, h_2 = tube en laiton/cuivre pour écran supplémentaire du câble en essai
- i = câbles d'alimentation pour la liaison d'injection (faible perte)
- k = câble d'alimentation en provenance du générateur
- m = anneaux en ferrite (longueur approximative: 100 mm)
- n = écran supplémentaire pour la liaison de l'enceinte blindée/câble en essai
- p = écran supplémentaire pour la résistance de terminaison du câble en essai
- q = ligne d'injection

Figure 35 - Installation complète pour des mesures pratiques d'efficacité d'écran



Quantité	Nature	Rep	Remarques, matière
4	Vis métrique M3 x M10	11	
2	Vis métrique M3 x M6	10	
1	Clavette 2 x 8	9	
1	Diélectrique expansé	8	ϵ voisin de 1
1	Fil d'injection	7	
1	Câble coaxial 50 Ω	6	Selon impédance requise
1	Câble en essai	5	
1	Support du câble en essai	4a	Laiton
1	Dispositif d'adaptation d'impédance	3	Laiton
1	Partie inférieure	2	Laiton
1	Partie supérieure	1	Laiton
	Adaptateur (quantité requise: 2)		

Figure 36 – Dispositif d'injection monté relatif à la méthode d'injection de ligne de type transmission – Nomenclature



Quantity	Part	Pos.	Remarks, material
4	Metric screw M3 x M10	11	
2	Metric screw M3 x M6	10	
1	Pin dia. 2 x 8	9	
1	Foam dielectric	8	ϵ close to 1
1	Injection wire	7	
1	50 Ω coaxial cable	6	Impedance as required
1	Cable under test (CUT)	5	
1	Insert for CUT	4a	Brass
1	Impedance matching part	3	Brass
1	Lower part	2	Brass
1	Upper part	1	Brass
	Test launcher (two required)		

Figure 36 – Assembled launcher for the transmission type line injection method – Parts list

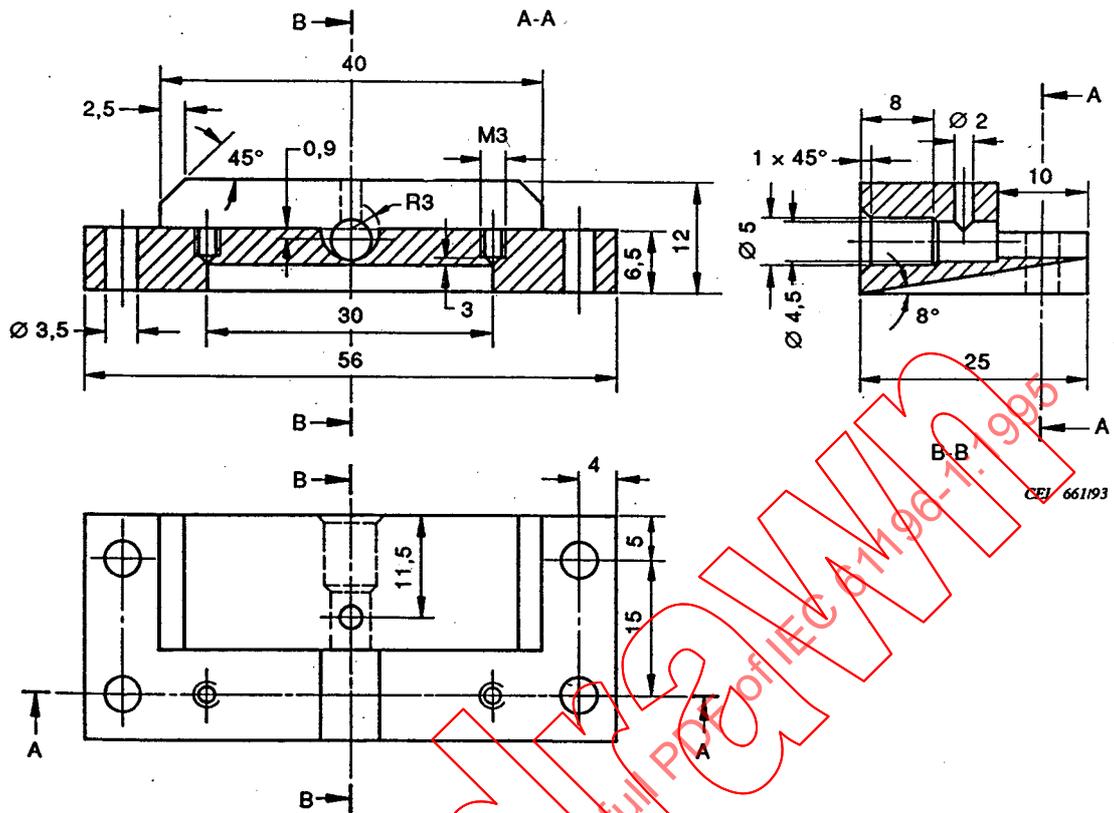


Figure 37 - Partie supérieure du dispositif d'injection - Pos. 1

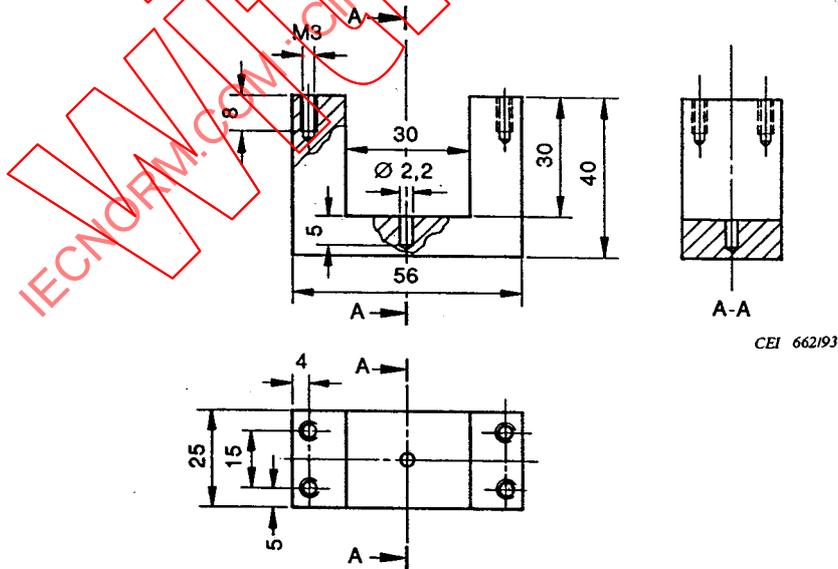


Figure 38 - Partie inférieure du dispositif d'injection - Pos. 2

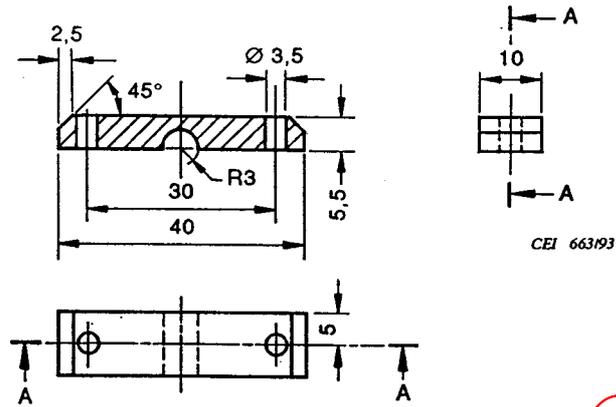


Figure 39 – Pièce d'adaptation d'impédance du dispositif d'injection – Pos. 3

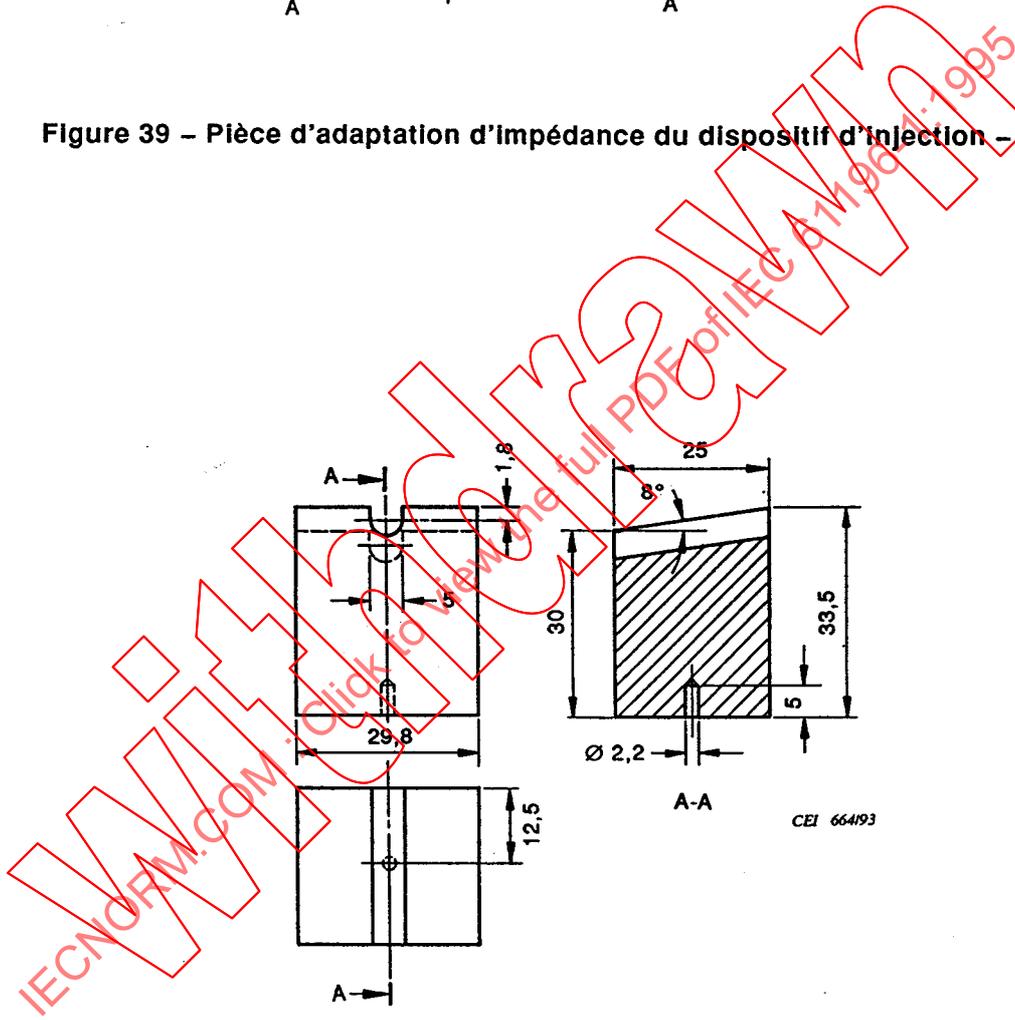


Figure 40 – Insert pour adapter différentes tailles de câbles en essai – Pos. 4

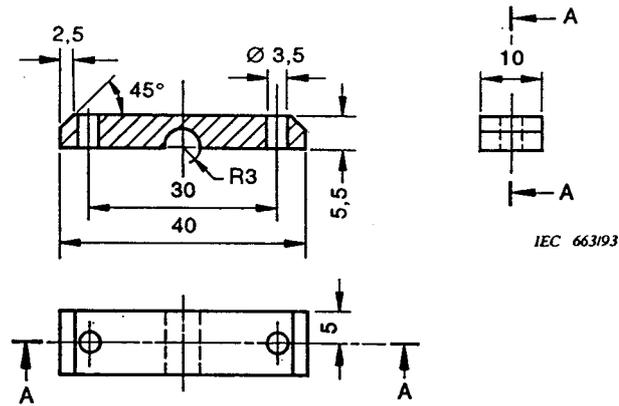


Figure 39 – Impedance matching part of launcher – Pos. 3

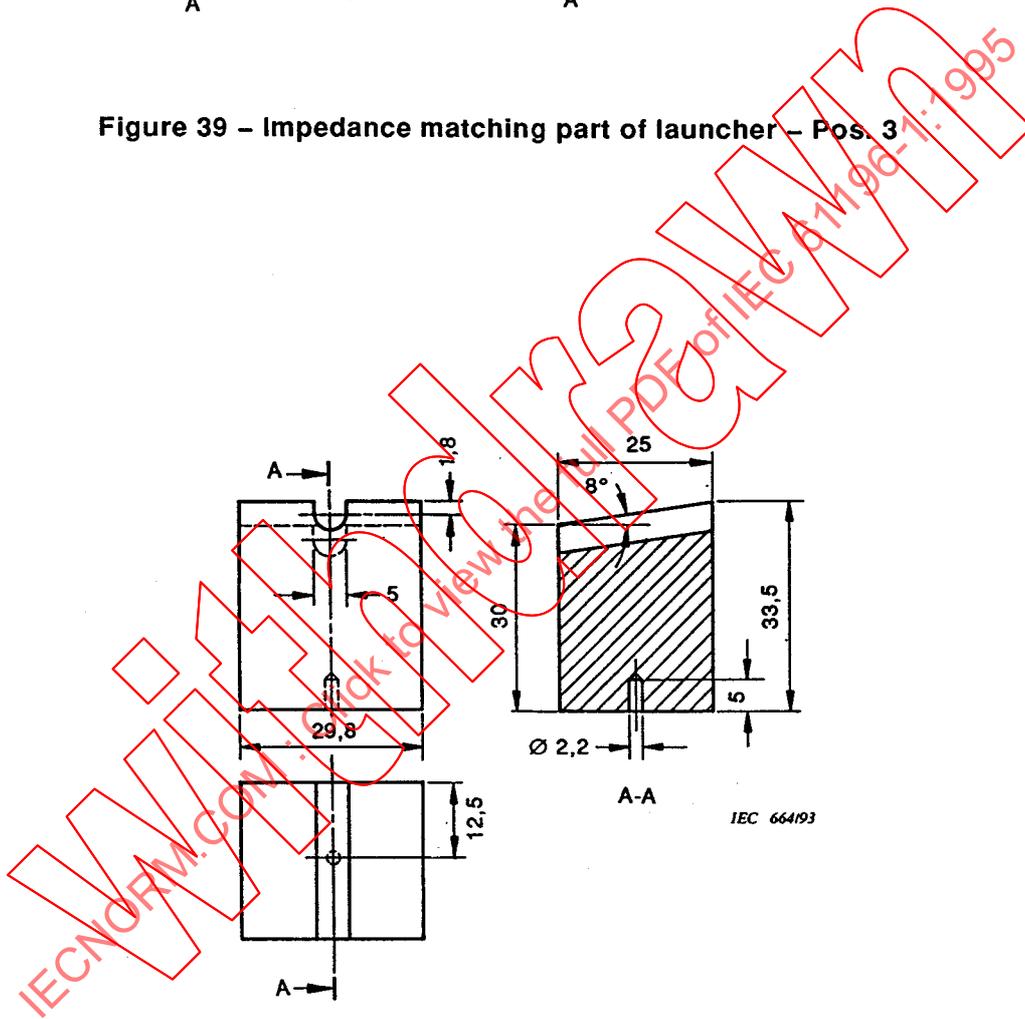


Figure 40 – Insert for adapting the different sizes of the cables under test – Pos. 4

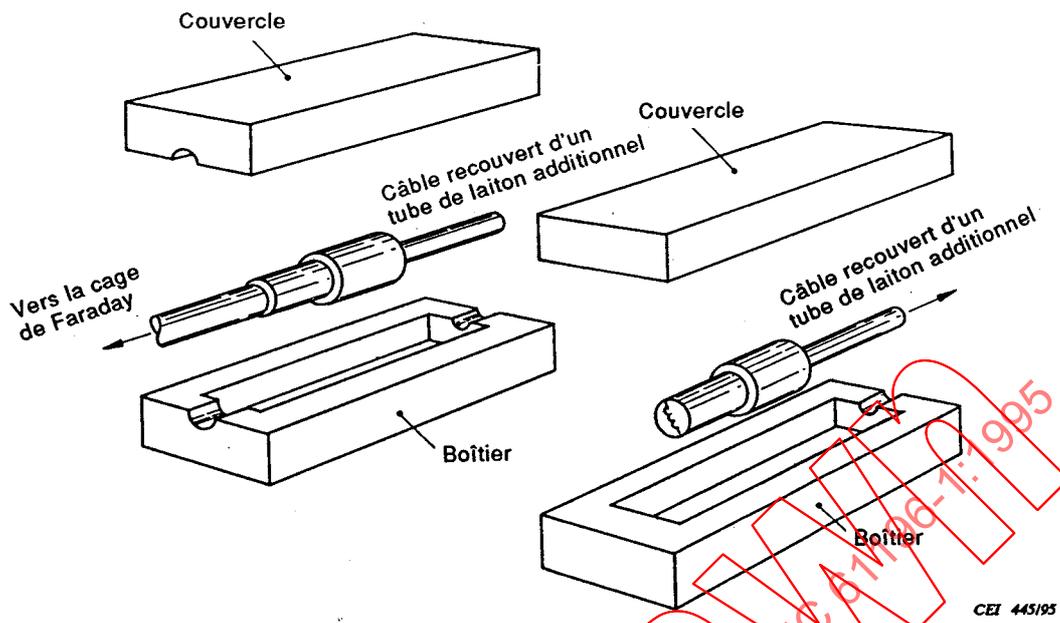


Figure 41 - Ecran supplémentaire pour connecteurs sur le câble en essai

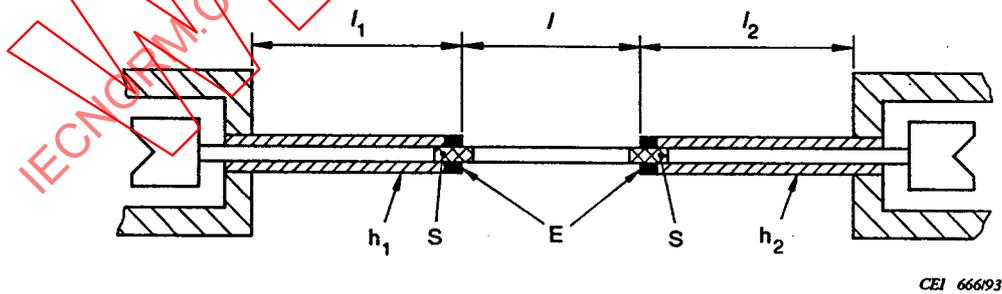
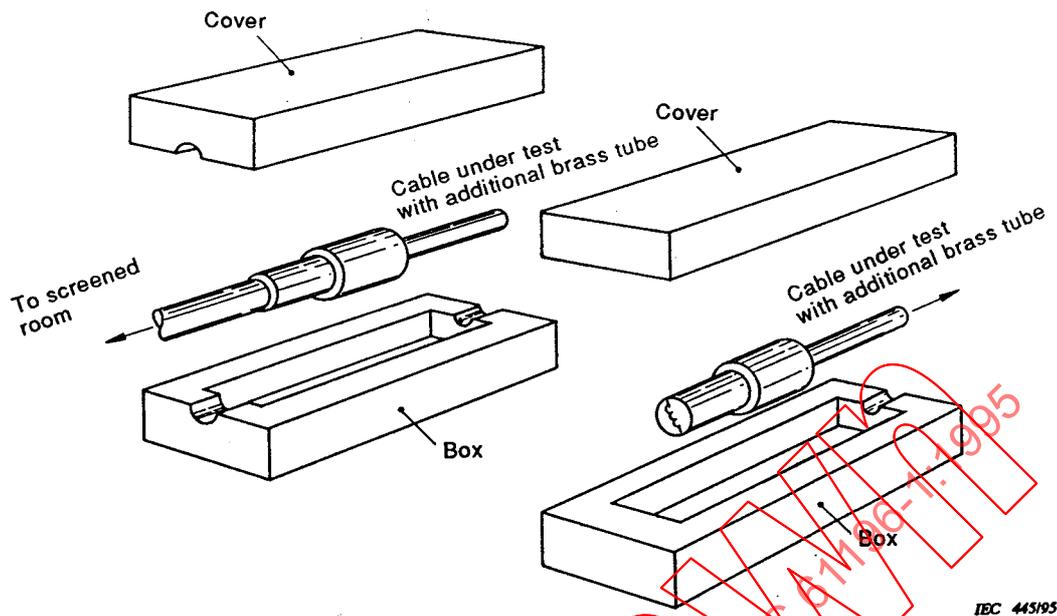
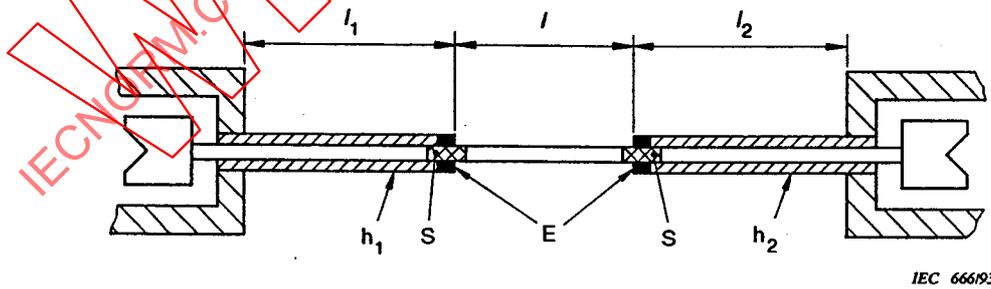


Figure 42 - Préparation du câble en essai



IEC 443195

Figure 41 – Additional screening of connectors on the cable under test (CUT)



IEC 66693

Figure 42 – Preparation of the cable under test (CUT)

La conception des dispositifs d'injection est ajustée de manière à permettre une adaptation maximale du TEM symétrique dans l'alimentation coaxiale et dans les câbles de terminaison par rapport au champ asymétrique le long de la ligne parallèle tout en maintenant une force mécanique correcte pour une utilisation répétée. Les détails relatifs à un éventuel dispositif d'injection sont donnés dans les figures 36 à 40. Il est possible d'effectuer un réglage précis de la discontinuité en faisant varier l'insert en mousse, portant le repère 8 dans la figure 36.

En variante, il est possible de réaliser un dispositif d'injection approprié à l'aide d'un petit connecteur lié par bande de serrage au câble en essai, ou plus facilement en utilisant une bande de serrage pour lier le conducteur extérieur d'un petit câble coaxial ayant une impédance caractéristique appropriée à la gaine dénudée du câble en essai. Dans la section d'essai proprement dite, la continuité du conducteur central du câble coaxial est réalisée à l'aide de deux ou quatre fils parallèles, d'une bande en cuivre ondulé ou une tresse en cuivre plat. Le réglage fin de la discontinuité d'un dispositif d'injection peut être réalisé en liant, à l'aide d'une bande de serrage, le joint et le fil d'injection plus étroitement sur la gaine du câble en essai dans la section d'essai.

Il est important que l'impédance de la ligne d'injection soit constante par rapport à l'écran extérieur du câble en essai. Par ailleurs, il est préférable que, pour des fréquences atteignant 3 GHz, le coefficient de réflexion ne dépasse pas $r = 0,3$. Il est possible de vérifier l'adaptation à l'aide d'un réflectomètre dans le domaine temporel (RDT) ou d'un analyseur de réseau capable de convertir la fréquence en temps en utilisant une transformée simplifiée de Fourier.

Dans la figure 35, A et B représentent les boîtiers de blindage destinés à relier le câble en essai au récepteur et à la terminaison. C et D sont des connecteurs (SMA, N, TMC, etc.). Il est préférable que les anneaux en ferrite présentent une inductance appropriée, (se reporter à 12.1.6.1 b)) et qu'ils présentent également une longueur minimale de 100 mm, pour empêcher l'excitation, à la manière d'une antenne, de l'extrémité raccordée et pour accroître l'impédance de la boucle.

12.1.5 Préparation de l'éprouvette (câble en essai)

La longueur d'essai recommandée entre les deux dispositifs d'injection est de 0,5 m pour des fréquences pouvant atteindre 3 GHz. Pour un dispositif d'injection tel que celui décrit en 12.1.4, il convient de blinder le câble en essai avec des tubes en laiton ou en cuivre à l'extérieur de sa longueur d'essai (voir les repères h_1 et h_2 de la figure 42). Les tubes de blindage doivent être en contact avec l'écran du câble S au point E par soudure ou par sertissage. Si le contact par soudure est choisi, il est nécessaire de faire attention à ne pas surchauffer le diélectrique du câble. Il convient de choisir un diamètre de tube permettant d'insérer le câble en essai sans sa gaine extérieure et de le fixer par un outil de sertissage normal. L'avantage de cette méthode réside dans le fait qu'elle évite à la tresse du câble S de se défaire à proximité de la longueur d'essai du câble en essai par un positionnement rapproché du tube. Une autre possibilité consiste à utiliser des cales pour mettre en contact des câbles à feuille d'aluminium/tresses non soudables.

Des connecteurs adaptés (N, SMA) doivent être installés aux deux extrémités du câble en essai. Ces connecteurs sont raccordés à la terminaison et au câble du récepteur; ils sont installés dans des boîtiers de blindage.

The design of the launchers is adjusted to allow an optimum matching of the symmetrical TEM in the coaxial feeding and terminating cables to the asymmetrical field along the parallel line whilst maintaining good mechanical strength for repeated use. Details of a possible launcher are given in figures 36 to 40. Fine tuning of the discontinuity can be made by varying the foam insert, item 8 of figure 36.

Alternatively, a suitable launcher can be made with a small connector (solder spill type) strapped to the CUT, or more easily by strapping the outer conductor of a small coaxial cable of appropriate characteristic impedance to the bared sheath of the CUT. In the test section itself the centre conductor of the coaxial cable is continued using two or four parallel wires, corrugated copper strip or flat copper braid. Fine tuning of a launcher discontinuity can be achieved by strapping the joint and the injection wire more closely onto the sheath of the CUT in the test section.

It is important that the injection line has a constant impedance to the outer screen of the CUT. Also, for frequencies up to 3 GHz, the reflection factor of each launcher should not exceed $r = 0,3$. Matching can be checked with a time domain reflectometer (TDR) or with a network analyser capable of frequency to time conversion using fast Fourier transform (FFT).

In figure 35, A and B are screening boxes for connecting the CUT to the receiver and to the termination. C and D are connectors (SMA, N, TMC, etc.). The ferrite rings shown should have adequate inductance (see 12.1.6.1 b)) and be at least 100 mm in length to prevent the excitation of the terminated end as an antenna and also in order to increase the impedance of the loop.

12.1.5 Preparation of the test specimen (cable under test)

The recommended test length between the two launchers is 0,5 m for frequencies up to 3 GHz. For a launcher described in 12.1.4 the CUT should be shielded with brass or copper tubes outside its test length (see items h_1 and h_2 in figure 42). The shielding tubes shall make contact with the cable screen S at E by soldering or crimping. If soldering is used, care shall be taken not to overheat the cable dielectric. A good practice is to choose the tube diameter such that the CUT can be inserted with the outer sheath removed and fixed by a standard crimping tool. The advantage of this method is that the cable braid S is prevented from unravelling near the test length of the CUT by the close positioning of the tube. Another possibility is the use of wedges to contact non-solderable aluminium foil/braid cables.

Suitable connectors (N, SKA) have to be mounted on both ends of the CUT. These are coupled to the termination and to the receiver cable and are mounted in screening boxes.

Il est nécessaire d'utiliser un réflectomètre dans le domaine temporel (RDT) pour éprouver la qualité électrique de l'ensemble du câble proprement dit. Il est nécessaire d'empêcher l'application de forces de pliage au niveau des jonctions entre les tubes et la section de câble en essai pour éviter les détériorations mécaniques.

Pour réduire l'influence d'un couplage indésirable d'énergie électromagnétique dans les extrémités libres, la somme totale de l_1 et l_2 ne doit pas être supérieure à la longueur de la section de câble en essai.

12.1.6 Précautions à prendre lors des mesures

12.1.6.1 Courant primaire réduit

Lorsqu'on effectue des mesures au niveau des extrémités distales à l'aide d'appareils de mesure coaxiaux classiques, le récepteur est normalement mis à la terre au point E_f (voir figure 34). A des fréquences faibles, lorsque les effets résistifs prédominent par rapport aux effets capacitifs, ou lorsqu'il y a des phénomènes de résonance dans la gamme élevée des kilohertz, il est possible qu'une partie du courant d'injection passe directement de E_f à E_g sans retourner le long de l'écran du câble en essai. Ceci entraîne une réduction de la sensibilité et même des erreurs de mesure si le courant dans l'écran n'est pas directement contrôlé sur toute la longueur de la section d'essai. Le problème peut être résolu en employant une des solutions suivantes:

- a) en évitant d'effectuer des mesures au niveau des extrémités distales des fréquences plus faibles (principalement dans la gamme des kilohertz);
- b) en utilisant une inductance de lissage de mode commun sur l'alimentation coaxiale de la liaison d'injection (effective vers le haut de la gamme des kilohertz et au-delà);
- c) en utilisant un transformateur d'isolement, soit pour l'alimentation secteur du générateur ou du récepteur (s'ils ne sont pas logés dans le même châssis), soit pour l'alimentation coaxiale de la liaison d'injection. (Ces mesures sont effectives à partir des gammes de fréquences les plus faibles mais il convient de prendre soin d'éviter les résonances longitudinales.)

12.1.6.2 Courants non contrôlés

Il est nécessaire de prêter une attention particulière aux courants de fuite qui ne retraversent pas le circuit d'alimentation coaxiale. De tels courants traversent des parties du montage d'essai qui ne sont pas concernées par l'essai et plus particulièrement le châssis du récepteur. Par conséquent, il n'est possible d'obtenir la sensibilité prescrite lorsque la mesure concerne un affaiblissement d'écran très élevé. La meilleure méthode consiste à utiliser des transformateurs d'isolement tels que ceux décrits en 12.1.6.1.

12.1.6.3 Hétérogénéités des écrans de câbles autour de la circonférence

L'angle de la circonférence couverte par le circuit d'injection dépendra de l'adaptation de l'impédance caractéristique du circuit d'injection à l'impédance de l'équipement d'essai en utilisant au moins deux liaisons parallèles.

The completed CUT shall be tested with a TDR for the electrical quality of the CUT itself. Bending forces shall be avoided at the joints between the tubes and the test section of the CUT to prevent mechanical damage.

To reduce the influence of unwanted coupling of electromagnetic energy into the free ends, the sum of both l_1 and l_2 shall not exceed the length of the test section of the CUT.

12.1.6 *Measurement precautions*

12.1.6.1 *Reduced primary current*

When making far-end measurements with conventional coaxial instruments, the receiver is usually earthed at E_f (see figure 34). At low frequencies where resistive effects may dominate over inductive ones or due to resonance in the high kHz range, a part of the injection current may pass directly from E_f to E_g without returning along the screen of the CUT. This leads to reduced sensitivity and even to measurement errors if the current in the screen is not directly monitored over the test section. The problem may be solved by:

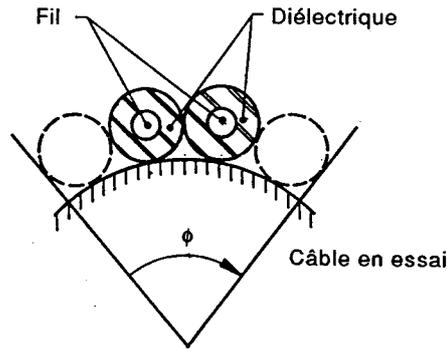
- a) avoiding far-end measurements at the lower frequencies (mainly in the kHz range);
- b) using common mode choke on the coaxial feed of the injection wire (effective in the higher kHz and beyond);
- c) using an isolating transformer either for the generator or receiver mains supply (if not in the same frame) or for the coaxial feed of the injection wire. (These measures are effective from the lowest frequency ranges but care should be taken to avoid longitudinal resonances.)

12.1.6.2 *Uncontrolled currents*

Special care is required concerning low frequency earth currents not returning through the coaxial feeding circuit. Such currents pass through parts of the set-up that are not under test and especially through the frame of the receiver. Therefore the required sensitivity may not be obtained when measuring very high screening attenuation. The best method is the use of isolating transformers as discussed in 12.1.6.1.

12.1.6.3 *Inhomogeneities of cable screens around the circumference*

The angle of the circumference that the injection circuit covers will depend on the characteristic impedance of the injection circuit to match the impedance of the test equipment with the use of two or more parallel wires.



CEI 667193

Figure 43 - Angle de couverture dû au circuit d'injection

Pour assurer une couverture suffisante de la circonférence, il est nécessaire d'effectuer quatre mesures séparées à 90°, avec un angle de couverture θ compris entre 60° et 120°. Dans le cas où les diamètres des câbles sont supérieurs à 10 mm, il peut être nécessaire d'effectuer un nombre supérieur de mesures.

12.1.6.4 *Affaiblissement des circuits primaire et secondaire du câble en essai*

L'affaiblissement doit être suffisamment faible pour assurer la contribution de toutes les parties de la longueur de câble en essai (voir / de la figure 42).

12.1.7 *Méthode de mesure*

Réaliser le montage d'essai conformément à la figure 35.

Déterminer un niveau de référence en reliant la sortie du générateur à l'entrée du récepteur.

Mesurer et enregistrer les données relatives à l'affaiblissement du circuit d'injection en reliant le générateur à la borne C et le récepteur à la borne D.

Mesurer et enregistrer les données relatives à la perte d'insertion du câble en essai en reliant le générateur à la borne B et le récepteur à la borne A à l'autre extrémité du câble en essai. Pour cette étape de l'étalonnage, il convient de sélectionner une valeur d'atténuation correcte afin d'obtenir la gamme dynamique du récepteur.

Mesurer la fonction de transfert à l'extrémité proximale en reliant le générateur à la borne C et en raccordant les bornes B et D à l'impédance appropriée.

Mesurer la fonction de transfert à l'extrémité distale en reliant le générateur à la borne D et en raccordant la borne C à l'impédance appropriée.

Il convient de prévoir un blindage supplémentaire des bornes A et B lors de la mesure de faibles valeurs de la fonction de transfert.

Pendant les mesures, il est nécessaire de maintenir toutes les parties métalliques éloignées d'au moins 0,5 m de la ligne d'injection.