

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61156-1

Edition 1.1

2000-04

Edition 1:1994 consolidée par l'amendement 1:1999
Edition 1:1994 consolidated with amendment 1:1999

**Câbles multiconducteurs à paires symétriques
et quartes pour transmissions numériques –**

**Partie 1:
Spécification générique**

**Multicore and symmetrical pair/quad cables
for digital communications –**

**Part 1:
Generic specification**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61156-1:1994+A1:1999

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**

61156-1

Edition 1.1

2000-04

Edition 1:1994 consolidée par l'amendement 1:1999

Edition 1:1994 consolidated with amendment 1:1999

**Câbles multiconducteurs à paires symétriques
et quartes pour transmissions numériques –**

**Partie 1:
Spécification générique**

**Multicore and symmetrical pair/quad cables
for digital communications –**

**Part 1:
Generic specification**

© IEC 2000 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.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Généralités	10
1.1 Domaine d'application et objet	10
1.2 Références normative	10
1.3 Considérations d'installation	14
2 Définitions et prescriptions	14
2.1 Définitions	14
2.2 Matériaux et construction des câbles	22
3 Méthodes d'essais	28
3.1 Remarques générales	28
3.1.1 Câble non blindé	28
3.2 Essais électriques	28
3.2.1 Résistance du conducteur	28
3.2.2 Déséquilibre de résistance	28
3.2.3 Rigidité diélectrique	28
3.2.4 Résistance d'isolement	30
3.2.5 Capacité mutuelle	30
3.2.6 Déséquilibre de capacité	30
3.2.7 Impédance de transfert	30
3.3 Essais de transmission	30
3.3.1 Vitesse de propagation de groupe	30
3.3.2 Affaiblissement	32
3.3.3 Affaiblissement de symétrie	34
3.3.4 Paradiaphonie	34
3.3.5 Télédiaphonie	36
3.3.6 Impédance caractéristique	36
3.4 Essais mécaniques et dimensionnels	38
3.4.1 Mesures dimensionnelles	38
3.4.2 Allongement à la rupture du conducteur	38
3.4.3 Résistance à la traction de l'enveloppe isolante	38
3.4.4 Allongement à la rupture de la gaine	40
3.4.5 Résistance à la traction de la gaine	40
3.4.6 Essai d'écrasement du câble	40
3.4.7 Essai au choc du câble	40
3.4.8 Essai de courbures répétées du câble	40
3.4.9 Tenue à la traction du câble	40

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
Clause	
1 General.....	11
1.1 Scope	11
1.2 Normative references.....	11
1.3 Installation considerations	15
2 Definitions and requirements.....	15
2.1 Definitions	15
2.2 Materials and cable construction.....	23
3 Test methods	29
3.1 General remarks	29
3.1.1 Unscreened cable	29
3.2 Electrical tests	29
3.2.1 Conductor resistance	29
3.2.2 Resistance unbalance.....	29
3.2.3 Dielectric strength	29
3.2.4 Insulation resistance	31
3.2.5 Mutual capacitance	31
3.2.6 Capacitance unbalance	31
3.2.7 Transfer impedance	31
3.3 Transmission tests.....	31
3.3.1 Group velocity of propagation	31
3.3.2 Attenuation	33
3.3.3 Unbalance attenuation	35
3.3.4 Near-end crosstalk.....	35
3.3.5 Far-end crosstalk	37
3.3.6 Characteristic impedance.....	37
3.4 Mechanical and dimensional measurement tests.....	39
3.4.1 Measurement of dimensions.....	39
3.4.2 Elongation at break of the conductor	39
3.4.3 Tensile strength of the insulation.....	39
3.4.4 Elongation at break of the sheath.....	41
3.4.5 Tensile strength of the sheath.....	41
3.4.6 Crush test of the cable	41
3.4.7 Impact test of the cable.....	41
3.4.8 Repeated bending of the cable.....	41
3.4.9 Tensile performance of the cable	41

Articles	Pages
3.5 Essais d'environnement	40
3.5.1 Retrait de l'enveloppe isolante	40
3.5.2 Essai d'enroulement de l'enveloppe isolante après vieillissement thermique.....	40
3.5.3 Essai de courbure de l'enveloppe isolante à basse température.....	40
3.5.4 Allongement à la rupture de la gaine après vieillissement	40
3.5.5 Résistance à la traction de la gaine après vieillissement	40
3.5.6 Essai de pression de la gaine à température élevée.....	42
3.5.7 Essai d'enroulement du câble à basse température.....	42
3.5.8 Essai de choc thermique	42
3.5.9 Caractéristiques de propagation de la flamme sur un câble isolé	42
3.5.10 Caractéristiques de propagation de la flamme sur câbles en nappes.....	42
3.5.11 Emission de gaz halogénés.....	42
3.5.12 Emission de fumées.....	42
3.5.13 Emission de gaz toxiques.....	42
3.5.14 Essais combinés de propagation de la flamme et d'émission de fumées pour les câbles destinés à être installés dans les vides de construction	42
Annexe A (informative) Calibrage du dispositif de mesure d'impédance par la méthode des paramètres S	44
Annexe B (informative) Méthode «circuit ouvert/court-circuit»	50
Figure A.1 – Schéma de câblage.....	48
Figure A.2 – Montage d'essai pour la mesure de l'affaiblissement de symétrie	48
Figure A.2 – Montage d'essai pour la mesure de l'affaiblissement de symétrie dans les installations de télécommunications	48

Clause	Page
3.5 Environmental tests	41
3.5.1 Shrinkage of the insulation	41
3.5.2 Wrapping test of the insulation after thermal ageing	41
3.5.3 Bending test of the insulation at low temperature	41
3.5.4 Elongation at break of the sheath after ageing	41
3.5.5 Tensile strength of the sheath after ageing	41
3.5.6 Sheath pressure test at high temperature	43
3.5.7 Cold bend test of the cable	43
3.5.8 Heat shock test	43
3.5.9 Flame propagation characteristics of a single cable	43
3.5.10 Flame propagation characteristics of bunched cables	43
3.5.11 Halogen gas evolution	43
3.5.12 Smoke generation	43
3.5.13 Toxic gas emission	43
3.5.14 Combined flame and smoke test for cables in environmental air handling spaces	43
Annex A (informative) Calibration of the impedance test set-up by means of scattering parameters	45
Annex B (informative) "Open/short-circuit" method	51
Figure A.1 – Lay-out of cables	49
Figure A.2 – Test set-up for the measurement of unbalance attenuation of telecommunication installations	49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CÂBLES MULTICONDUCTEURS À PAIRES SYMÉTRIQUES ET QUARTES POUR TRANSMISSIONS NUMÉRIQUES

Partie 1: Spécification générique

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61156-1 a été établie par le sous-comité 46C: Câbles symétriques et fils, du comité d'études 46 de la CEI: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, et accessoires pour communications et signalisation.

La présente version consolidée de la CEI 61156-1 est issue de la première édition (1994) [documents 46C(BC)209/FDIS et 46C(BC)235/RVD], et de son amendement 1 (1999) [documents 46C/365/FDIS et 46C/384/RVD].

Elle porte le numéro d'édition 1.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MULTICORE AND SYMMETRICAL PAIR/QUAD CABLES
FOR DIGITAL COMMUNICATIONS****Part 1: Generic specification**

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 co-operation 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 express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, 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.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61156-1 has been prepared by subcommittee 46C: Wires and symmetric cables, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, r.f. connectors and accessories for communication and signalling.

This consolidated version of IEC 61156-1 is based on the first edition (1994) [documents 46C(CO)209/FDIS and 46C(CO)235/RVD], its amendment 1 (1999) [documents 46C/365/FDIS and 46C/384/RVD].

It bears the edition number 1.1

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

Annexes A and B are for information only.

INTRODUCTION

Les câbles utilisés pour le câblage usuel d'abonnés sont classés dans l'étude du câblage pour la technologie de l'information présentée par ISO/IEC JTC1/SC 25. Les paramètres, à prendre en considération pour choisir le câble le mieux adapté, sont les suivants:

- a) méthode de transmission;
- b) topologie du câblage.

INTRODUCTION

The cables used for customer premises wiring are classified in the study of generic cabling for information technology being produced by ISO/IEC JTC1/SC 25. Parameters to be taken into consideration prior to the selection of a suitable cable are as follows:

- a) transmission method;
- b) cabling topology.

CÂBLES MULTICONDUCTEURS À PAIRES SYMÉTRIQUES ET QUARTES POUR TRANSMISSIONS NUMÉRIQUES

Partie 1: Spécification générique

1 Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

Cette spécification générique est un guide relatif aux câbles à usage intérieur qui spécifie les définitions et les prescriptions des câbles multiconducteurs à paires symétriques et à quartes, utilisés dans les systèmes de transmissions numériques tels le RNIS (ISDN), les réseaux locaux et les systèmes de transmissions de données.

1.2 Références normative

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente spécification générique. 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 spécification générique 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 60028:1925, *Spécification internationale d'un cuivre type recuit*

CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*

CEI 60068: *Essais d'environnement*

CEI 60096-1:1986, *Câbles pour fréquences radioélectriques – Première partie: Prescriptions générales et méthodes de mesure*

CEI 60189-1:1986, *Câbles et fils pour basses fréquences isolés au PVC et sous gaine de PVC – Première partie: Méthodes générales d'essai et de vérification*

CEI 60304:1982, *Couleurs de référence de l'enveloppe isolante pour câbles et fils pour basses fréquences*

CEI 60332-1:1993, *Essais des câbles électriques soumis au feu – Partie 1: Essai sur un conducteur ou câble isolé vertical*

CEI 60332-2:1989, *Essais des câbles électriques soumis au feu – Deuxième partie: Essai sur un petit conducteur ou câble isolé à âme en cuivre, en position verticale*

CEI 60332-3:1992, *Essais des câbles électriques soumis au feu – Partie 3: Essais sur des fils ou câbles en nappes*

CEI 60344:1980, *Guide pour le calcul de la résistance des conducteurs de cuivre nu ou recouvert dans les câbles et fils pour basses fréquences*

CEI 60708-1:1981, *Câbles pour basses fréquences à isolation polyoléfine et gaine polyoléfine à barrière d'étanchéité – Première partie: Constitution générale et prescriptions*
Modification n° 3 (1988)

MULTICORE AND SYMMETRICAL PAIR/QUAD CABLES FOR DIGITAL COMMUNICATIONS

Part 1: Generic specification

1 General

1.1 Scope

This generic specification is a guide to indoor cables which specifies the definitions and requirements of multicore, symmetrical pair and quad cables used in digital communication systems such as ISDN, local area networks and data communication systems.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this generic specification. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this generic specification 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 60028:1925, *International standard of resistance for copper*

IEC 60050, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*

IEC 60068, *Environmental testing*

IEC 60096-1:1986, *Radio-frequency cables – Part 1: General requirements and measuring methods*

IEC 60189-1:1986, *Low-frequency cables and wires with PVC insulation and PVC sheath – Part 1: General test and measuring methods*

IEC 60304:1982, *Standard colours for insulation for low-frequency cables and wires*

IEC 60332-1:1993, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 1: Test on a single vertical insulated wire or cable*

IEC 60332-2:1989, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 2: Test on a single small vertical insulated copper wire or cable*

IEC 60332-3:1992, *Tests on electric cables under fire conditions – Part 3: Tests on bunched wires or cables*

IEC 60344:1980, *Guide to the calculation of resistance of plain and coated copper conductors of low-frequency cables and wires*

IEC 60708-1:1981, *Low-frequency cables with polyolefin insulation and moisture barrier polyolefin sheath – Part 1: General design details and requirements*
Amendment No. 3 (1988).

CEI 60754-1:1982, *Essai des gaz émis lors de la combustion des câbles électriques – Première partie: Détermination de la quantité de gaz acide halogéné émis lors de la combustion d'un matériau polymérisé prélevé sur un câble*

CEI 60794-1:1993, *Câbles à fibres optiques – Première partie: Spécification générique*

CEI 60811-1-1:1993, *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 60811-1-2:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Première partie: Méthodes d'application générale – Section deux: Méthodes de vieillissement thermique*

CEI 60811-1-3:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Première partie: Méthodes d'application générale – Section trois: Méthodes de détermination de la masse volumique – Essais d'absorption d'eau – Essai de rétraction*

CEI 60811-1-4:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Première partie: Méthodes d'application générale – Section quatre: Essais à basse température*

CEI 60811-3-1:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Troisième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges PVC – Section un: Essai de pression à température élevée – Essais de résistance à la fissuration*

CEI 60811-4-1:1985, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Quatrième partie: 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*

CEI 60811-4-2:1990, *Méthodes d'essais communes pour les matériaux d'isolation et de gainage des câbles électriques – Quatrième partie: Méthodes spécifiques pour les mélanges polyéthylène et polypropylène – Section deux: Allongement à la rupture après préconditionnement – Essai d'enroulement après préconditionnement – Essai d'enroulement après vieillissement thermique dans l'air – Mesure de l'augmentation de masse – Essai de stabilité à long terme (annexe A) – Méthode d'essai pour l'oxydation catalytique par le cuivre (annexe B)*

CEI 61034: *Mesure de la densité de fumées dégagées par des câbles électriques brûlant dans des conditions définies*

ISO/CEI DIS 11801: *Spécification générique de câblage pour la technique de l'information (à l'étude)*

ITU-T – *Catalogue des méthodes de mesure des câbles – Livre Bleu, tome 9 – Protection contre les interférences K.10: dissymétrie des installations de Télécom par rapport à la terre.*

IEC 60754-1:1982, *Test on gases evolved during combustion of electric cables – Part 1: Determination of the amount of halogen acid gas evolved during the combustion of polymeric materials taken from cables*

IEC 60794-1:1993, *Optical fibre cables – Part 1: Generic specification*

IEC 60811-1-1:1993, *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 60811-1-2:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section Two: Thermal ageing methods*

IEC 60811-1-3:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section Three: Methods for determining the density – Water absorption tests – Shrinkage test*

IEC 60811-1-4:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 1: Methods for general application – Section Four: Tests at low temperature*

IEC 60811-3-1:1985, *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 60811-4-1:1985, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 4: Methods specific to polyethylene and polypropylene 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*

IEC 60811-4-2:1990, *Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables – Part 4: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds – Section Two: Elongation at break after preconditioning – Wrapping test after preconditioning – Wrapping test after thermal ageing in air – Measurement of mass increase – Long-term stability test (Appendix A) – Test method for copper-catalysed oxidative degradation (Appendix B)*

IEC 61034, *Measurement of smoke density of electric cables burning under defined conditions*

ISO/IEC DIS 11801, *Generic cabling for information technology (under consideration)*

ITU-T – *Compendium of cable measurement methods – Blue Book – Volume 9 – Protection against interference, K.10: Unbalance about earth of telecommunication lines*

1.3 Considérations d'installation

Les câbles doivent être conçus pour satisfaire aux conditions d'installation relatives à chaque zone, voir figure A.1, comme suit:

a) Câbles d'appareillage

Les câbles doivent convenir pour être utilisés entre les stations de travail et les équipements périphériques (par exemple une imprimante). Les câbles doivent être souples et satisfaire en même temps aux caractéristiques de transmission prescrites permettant un raccordement à un équipement numérique.

b) Câbles pour terminaux

Les câbles doivent convenir pour être utilisés entre les terminaux et les sorties pour communications. Ils doivent être souples, légers, de faible diamètre et satisfaire en même temps aux caractéristiques de transmission et aux caractéristiques mécaniques prescrites.

c) Câbles pour câblage horizontal (capillaires)

Les câbles doivent convenir pour être utilisés entre les sorties des terminaux et les armoires de télécommunications. Les câbles peuvent être installés en conduit, chemin de câble, sous plancher et sous plafond.

Les câbles doivent avoir un comportement acceptable vis-à-vis des risques d'incendie.

d) Câbles pour câblage vertical et rocade

Les câbles doivent être adaptés aux installations horizontales ou verticales entre étages et en conséquence être conçus pour avoir une résistance mécanique adéquate et avoir un comportement acceptable vis-à-vis des risques d'incendie.

e) Câbles d'extérieur

Ces câbles sont utilisés pour interconnecter les immeubles et doivent être adaptés aux conditions d'utilisation en extérieur. Ils doivent être gainés et protégés selon la CEI 60708-1.

NOTE Les câbles pour terminaux et câbles d'appareillage sont normalement équipés, à une ou aux deux extrémités, de connecteurs appropriés. Le type de ces connecteurs ne fait pas l'objet de cette spécification.

2 Définitions et prescriptions

2.1 Définitions

Pour les besoins de cette spécification générique et en complément aux définitions données dans la CEI 60050, les définitions suivantes sont applicables.

2.1.1

déséquilibre de résistance

le déséquilibre de résistance entre conducteurs d'une paire ou d'un même circuit d'une quarte est défini comme étant:

$$\Delta R (\%) = (R_{\max} - R_{\min}) / (R_{\max} + R_{\min}) \times 100 (\%) \quad (1)$$

où

ΔR est le déséquilibre de résistance;

$R_{\max}$ est la résistance en ohms du conducteur ayant la résistance la plus élevée; et

$R_{\min}$ est la résistance en ohms du conducteur ayant la résistance la plus faible.

1.3 Installation considerations

The cables shall be designed to meet the installation conditions encountered for each area, see figure A.1, as follows:

a) Equipment cables

The cables shall be suitable for use between work stations and peripheral equipment (e.g. printer). The cables shall be flexible and at the same time meet the required transmission characteristics for connection to digital equipment.

b) Work area cables

The cables shall be suitable for use between the work station and the communication outlets. They shall be flexible, light weight and of small diameter and at the same time meet the required transmission and mechanical characteristics.

c) Horizontal floor wiring cables

The cables shall be suitable for use between the work area communication outlet and the communication closet. The cables may be installed in ducts, trunking and in floor and ceiling cavities.

The cables shall have acceptable performance under fire hazard conditions.

d) Riser cables and building back-bone cables

The cables shall be suitable for horizontal installation or vertically between floors and therefore are designed to have adequate mechanical strength and acceptable performance under fire hazard conditions.

e) Campus cables

These cables are used to interconnect buildings and shall be suitable for outdoor installation. The cables shall be sheathed and protected in accordance with IEC 60708-1.

NOTE The work area and equipment cables normally require suitable connectors at one or both ends. The types of connectors do not form part of this specification.

2 Definitions and requirements

2.1 Definitions

For the purposes of this generic specification and in addition to the definitions given in IEC 60050 the following definitions apply.

2.1.1 resistance unbalance

the resistance unbalance between conductors of a pair or in the same side of a quad is defined as:

$$\Delta R (\%) = (R_{\max} - R_{\min}) / (R_{\max} + R_{\min}) \times 100 (\%) \quad (1)$$

where

ΔR is the resistance unbalance;

$R_{\max}$ is the resistance, in ohms, for the conductor with the higher resistance value;

$R_{\min}$ is the resistance, in ohms, for the conductor with the lower resistance value.

2.1.2

déséquilibre de capacité paire/terre ou réel/terre

le déséquilibre de capacité par rapport à la terre d'une paire ou d'un même circuit d'une quarte est défini comme la différence:

$$\Delta C_e = C_1 - C_2 \quad (2)$$

où

ΔC_e est le déséquilibre de capacité par rapport à la terre;

C_1 est la capacité entre le conducteur «a» et le conducteur «b», avec le conducteur «b» relié à tous les autres conducteurs, à l'écran et à la terre;

C_2 est la capacité entre le conducteur «b» et le conducteur «a», avec le conducteur «a» relié à tous les autres conducteurs, à l'écran et à la terre.

2.1.3

déséquilibre de capacité paire/écran ou réel/écran

le déséquilibre de capacité par rapport à l'écran d'une paire ou d'un même circuit d'une quarte est défini comme la différence:

$$\Delta C_s = C_{1s} - C_{2s} \quad (3)$$

où

ΔC_s est le déséquilibre de capacité par rapport à l'écran;

C_{1s} est la capacité entre le conducteur «a» et l'écran. Le reste des conducteurs doit être relié au point milieu d'un transformateur différentiel.

C_{2s} est la capacité entre le conducteur «b» et l'écran. Le reste des conducteurs doit être relié au point milieu d'un transformateur différentiel.

2.1.4

capacité mutuelle d'une paire

la capacité mutuelle d'une paire (ou d'un réel d'une quarte) est définie par:

$$C_m = (C_1 + C_2)/2 - C_3/4 \quad (4)$$

où

C_m est la capacité mutuelle d'une paire;

C_1 est la capacité entre le conducteur «a» et le conducteur «b», avec le conducteur «b» relié aux autres conducteurs, à l'écran et à la terre;

C_2 est la capacité entre le conducteur «b» et le conducteur «a» avec le conducteur «a» relié aux autres conducteurs, à l'écran et à la terre;

C_3 est la capacité entre les conducteurs de la paire reliés ensemble et tous les autres conducteurs reliés à l'écran et à la terre.

2.1.5

vitesse de propagation

la vitesse de propagation est définie comme la vitesse à laquelle le signal se propage dans le câble et est exprimée en km/s. La vitesse de propagation s'obtient à partir de la mesure de la vitesse relative et de la valeur de la vitesse de propagation dans le vide. Cette dernière doit être prise comme égale à 299 778 km/s

Le ratio de vitesse est défini comme étant celui de la vitesse de propagation dans le câble sur la vitesse de propagation dans le vide.

2.1.2**pair or one side of a quad to earth capacitance unbalance**

the capacitance unbalance to earth of a pair or one side of a quad is defined as:

$$\Delta C_e = C_1 - C_2 \quad (2)$$

where

ΔC_e is the pair to earth capacitance unbalance;

C_1 is the capacitance between conductor "a" and conductor "b" with conductor "b" connected to all other conductors, to the screen and to earth;

C_2 is the capacitance between conductor "b" and conductor "a" with conductor "a" connected to all other conductors, to the screen and to earth.

2.1.3**pair or one side of a quad to screen capacitance unbalance**

the capacitance unbalance to screen of a pair or one side of a quad is defined as:

$$\Delta C_s = C_{1s} - C_{2s} \quad (3)$$

where

ΔC_s is the pair to screen capacitance unbalance;

C_{1s} is the capacitance between conductor a and the screen. The remaining conductors shall be connected to the centre of the balance transformer.

C_{2s} is the capacitance between conductor b and the screen. The remaining conductors shall be connected to the centre of the balance transformer.

2.1.4**mutual capacitance of a pair**

the mutual capacitance of a pair (or with respect to the side of a quad) is defined as:

$$C_m = (C_1 + C_2)/2 - C_3/4 \quad (4)$$

where

C_m is the mutual capacitance for a pair;

C_1 is the capacitance between conductor "a" and conductor "b" with conductor "b" connected to all other conductors, to the screen and to earth;

C_2 is the capacitance between conductor "b" and conductor "a" with conductor "a" connected to all other conductors, to the screen and to earth;

C_3 is the capacitance between the conductors of the pair connected together and all other conductors connected to the screen and to earth.

2.1.5**velocity of propagation**

the velocity of propagation is defined as the velocity at which the signal propagates in the cable and is expressed in km/s. The velocity of propagation is derived from the measurement of velocity ratio and a knowledge of the velocity of propagation in free space. The latter shall be taken as 299 778 km/s

The velocity ratio is defined as the ratio of the velocity of propagation in the cable to the velocity of propagation in free space.

2.1.6

affaiblissement linéique

l'affaiblissement linéique d'une longueur de 100 m de câble, dont l'impédance est adaptée à l'impédance du pont de mesure, est définie par:

$$\alpha = (100/L) \cdot 10 \log_{10} (P_1/P_2) \quad (5)$$

où

α est la constante d'affaiblissement en dB/100 m;

P_1 est la puissance d'entrée, l'impédance de charge étant l'impédance de la source;

P_2 est la puissance de sortie, l'impédance de charge étant l'impédance du câble en essai;

L est la longueur du câble en essai en mètres.

2.1.7

affaiblissement de symétrie

l'affaiblissement de symétrie est défini comme le logarithme du rapport de la tension longitudinale à la tension transversale induite dans une paire. Il est exprimé en décibels

L'affaiblissement de symétrie peut être défini comme suit:

$$a_u = 20 \log_{10} (1/T) \quad (6)$$

où le déséquilibre de transmission T est obtenu conformément à A.6 de l'annexe A de la CEI 60096-1.

L'affaiblissement de symétrie par rapport à la terre, a_u , exprime la marge d'immunité d'interférence d'une installation par rapport aux champs magnétiques. Plus grande est la valeur de a_u , plus grande est l'immunité aux interférences.

2.1.8

affaiblissement de paradiaphonie (NEXT)

l'affaiblissement de paradiaphonie (NEXT) est défini comme:

$$\text{NEXT} = 10 \log_{10} (P_{1N}/P_{2N}) \quad (\text{dB}) \quad (7)$$

où

P_{1N} est la puissance émise dans la paire perturbatrice;

P_{2N} est la puissance recueillie sur la paire perturbée à la même extrémité de la longueur.

2.1.9

télédiaphonie (FEXT)

l'affaiblissement de télédiaphonie (IO FEXT) est défini comme:

$$\text{IO FEXT} = 10 \log_{10} (P_{1N}/P_{2F}) \quad (\text{dB}) \quad (8)$$

L'écart télédiaphonique (EL FEXT) est défini comme:

$$\text{EL FEXT} = 10 \log_{10} (P_{1F}/P_{2F}) \quad (\text{dB}) \quad (9)$$

où

P_{1N} est la puissance émise dans la paire perturbatrice;

P_{1F} est la puissance recueillie dans la paire perturbatrice à l'autre extrémité;

P_{2F} est la puissance recueillie sur la paire perturbée à l'autre extrémité de la longueur.

2.1.6**attenuation**

the attenuation for 100 m length of cable where the cable impedance is matched to the impedance of the test equipment, is defined as:

$$\alpha = (100/L) \cdot 10 \log_{10} (P_1/P_2) \quad (5)$$

where

α is the attenuation constant in dB/100 m;

P_1 is the input power where the load impedance is the source impedance;

P_2 is the output power where the load impedance is the test specimen impedance;

L is the length of the test specimen in metres.

2.1.7**unbalance attenuation**

the unbalance attenuation is defined as the logarithm of the ratio of the longitudinal to the transverse voltage induced in a pair. It is expressed in decibels

The unbalance attenuation may be determined from:

$$a_u = 20 \log_{10} (1/T) \quad (6)$$

where the transmission unbalance, T is obtained in accordance with A.6 of annex A of IEC 60096-1.

Unbalance attenuation to earth, a_u expresses the margin of interference immunity of an installation with respect to electromagnetic fields. The larger the value of a_u the greater is the immunity to interference.

2.1.8**near-end crosstalk loss (NEXT)**

near-end crosstalk loss (NEXT) is defined as:

$$\text{NEXT} = 10 \log_{10} (P_{1N}/P_{2N}) \quad (\text{dB}) \quad (7)$$

where

P_{1N} is the input power of the disturbing pair at the near end;

P_{2N} is the output power of the disturbed pair at the near end.

2.1.9**far-end crosstalk loss (FEXT)**

input/output crosstalk loss (IO FEXT) is defined as:

$$\text{IO FEXT} = 10 \log_{10} (P_{1N}/P_{2F}) \quad (\text{dB}) \quad (8)$$

Equal level far-end crosstalk loss (EL FEXT) is defined as:

$$\text{EL FEXT} = 10 \log_{10} (P_{1F}/P_{2F}) \quad (\text{dB}) \quad (9)$$

where

P_{1N} is the input power of the disturbing pair at the near end;

P_{1F} is the output power of the disturbing pair at the far end;

P_{2F} is the output power of the disturbed pair under test at the far end.

L'écart télédiaphonique EL FEXT diffère de l'affaiblissement de télédiaphonie IO FEXT par la valeur de l'affaiblissement de transmission de la longueur de câble considérée.

$$EL\ FEXT = IO\ FEXT_0 - \alpha \left[\frac{L_0}{100} \right] \quad (\text{dB}/100\ \text{m}) \quad (25)$$

où

α est l'affaiblissement du câble (dB/100 m);

L_0 est la longueur de câble mesurée (m);

EL FEXT est l'écart télédiaphonique à/ou ramené à une longueur de 100 m (dB/100 m);

IO FEXT₀ est la télédiaphonie mesurée (dB/longueur de câble).

2.1.10

affaiblissement total de paradiaphonie et de télédiaphonie

pour la paradiaphonie et la télédiaphonie, la somme des affaiblissements est définie par:

$$PS_j = -10 \log_{10} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \left(\frac{X\text{-Talk}_{ij}}{10} \right) \quad (\text{dB}) \quad (10)$$

où

n est le nombre de paires (ou circuit réel de quarte);

X-Talk_{ij} est la diaphonie entre paire (ou circuit réel de quarte) $-j$ - et paire (ou circuit réel de quarte) $-i$ -;

PS_j est la somme des affaiblissements de diaphonie d'une paire (ou circuit réel de quarte) $-j$ -.

NOTE Tous les types d'affaiblissements totaux sont couverts par la formule (10), c'est-à-dire les affaiblissements totaux de paradiaphonie, de télédiaphonie et d'écart télédiaphonique.

2.1.11

impédance caractéristique

à une fréquence donnée, l'impédance caractéristique Z_c est définie comme étant l'impédance d'entrée d'une ligne homogène de longueur infinie. Z_∞ est la valeur atteinte asymptotiquement par l'impédance caractéristique à haute fréquence

2.1.12

impédance de transfert de surface

l'impédance de transfert de surface Z_T de l'écran d'un tronçon de câble court et homogène est définie comme le quotient de la tension longitudinale induite dans le circuit secondaire (intérieur) sur le courant transitant dans le circuit primaire (extérieur)

2.1.13

temps de propagation de phase

le temps de propagation de phase est obtenu à partir de la vitesse de propagation V_f comme suit:

$$\text{Temps de propagation de phase: } 10^9/V_f \quad (\text{ns/km}) \quad (11)$$

EL FEXT is related to the IO FEXT by the attenuation of the considered cable length:

$$\text{EL FEXT} = \text{IO FEXT}_0 - \alpha \left[\frac{L_0}{100} \right] \quad (\text{dB}/100 \text{ m}) \quad (25)$$

where:

α is the attenuation of the cable (dB/100 m);

L_0 is the measured cable length (m);

EL FEXT is the equal level far-end crosstalk at or corrected to a length of 100 m (dB/100 m);

IO FEXT₀ is the measured far-end crosstalk (dB/cable length).

2.1.10

power sum (PS) of near-end and far-end crosstalk loss

for near-end and far-end crosstalk loss the power sum is defined as:

$$PS_j = -10 \log_{10} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \left(\frac{X\text{-Talk}_{ij}}{10} \right)^2 \quad (\text{dB}) \quad (10)$$

where

n is the number of pairs (or one side of quads);

$X\text{-Talk}_{ij}$ is the crosstalk loss between pair (or one side of a quad) $-j-$ and pair (or one side of the quad) $-i-$;

PS_j is the power sum of the pair (or one side of a quad) $-j-$.

NOTE All types of power sum crosstalk losses are covered by formula (10), i.e. the power sums of near-end, input/output far-end and equal level far-end crosstalk losses.

2.1.11

characteristic impedance

at a given frequency the characteristic impedance, Z_c is defined as the input impedance of a homogeneous line of infinite length. Z_∞ is the asymptotic value the characteristic impedance approaches at high frequencies

2.1.12

surface transfer impedance

the surface transfer impedance, Z_T of the screen 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

2.1.13

group propagation delay

the group propagation delay is obtained from a determination of the velocity of propagation, V_f , as follows:

$$\text{Group propagation delay} = 10^9/V_f \quad (\text{ns/km}) \quad (11)$$

2.1.14

symétriseur (BALUN)*

c'est un transformateur symétriseur adaptateur d'impédance symétrique asymétrique

2.2 Matériaux et construction des câbles

2.2.1

remarques générales

le choix des matériaux et la construction des câbles doivent être compatibles avec l'application et l'installation du câble. Une attention particulière doit être prise pour satisfaire aux prescriptions particulières relatives au comportement au feu (tels que l'inflammabilité, les fumées, le dégagement de gaz halogénés, etc.)

2.2.2

construction des câbles

la construction des câbles doit être effectuée conformément aux détails et dimensions donnés dans la spécification particulière applicable

2.2.3

conducteur

le conducteur doit être en cuivre recuit uniforme en qualité et sans défaut. Les propriétés du cuivre doivent être conformes à la CEI 60028

Le conducteur peut être soit massif, soit divisé. Le conducteur massif doit être de section circulaire et peut être en cuivre nu ou revêtu. Normalement le conducteur massif doit être tréfilé d'un seul tenant. Des soudures dans le conducteur massif sont permises sous réserve que la résistance à la rupture de la soudure ne soit pas inférieure à 85 % de celle d'un conducteur non soudé.

Le conducteur divisé doit être constitué de brins de section circulaire, sans isolation entre eux, assemblés en couches concentriques ou en paquet (tordon).

NOTE Un tordon (assemblage paquet) est déconseillé pour les applications par connexion auto-dénudante (CAD).

Les brins élémentaires peuvent être en cuivre nu ou revêtu.

Normalement le brin doit être tréfilé d'un seul tenant. Des soudures sur les brins élémentaires sont permises sous réserve que la résistance à la rupture de la soudure ne soit pas inférieure à 85 % de la résistance à la rupture d'un brin non soudé. Les soudures sur conducteur divisé complet ne sont pas autorisées excepté si permis et prescrit dans la spécification particulière du câble.

La résistance et le déséquilibre de résistance en courant continu du conducteur, quand spécifiés, doivent être conformes à la spécification particulière. La résistance maximale du conducteur doit être calculée conformément à la CEI 60344.

Les conducteurs de câbles pour station de travail (terminal) et pour appareillages peuvent être constitués d'un ou plusieurs éléments de fins rubans de cuivre ou alliage de cuivre, spiralés sur filins en fibre. La résistance maximum du conducteur doit être indiquée dans la spécification particulière du câble. Les soudures sur conducteur entier ne sont pas autorisées.

* BALanced-UNbalanced.

2.1.14**balun**

a balun is a BALanced to UNbalanced impedance matching transformer

2.2 Materials and cable construction**2.2.1****general remarks**

the choice of materials and cable construction shall be suitable for the intended application and installation of the cable. Particular care shall be taken to meet any special requirements for fire performance (such as burning properties, smoke generation, evolution of acid gas, etc.)

2.2.2**cable construction**

the cable construction shall be in accordance with the details and dimensions given in the relevant detail cable specification

2.2.3**conductor**

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 60028

The conductor may be either solid or stranded. The solid conductor shall be circular in section and may be plain or metal-coated. Normally the solid conductor shall be drawn in one piece. Joints in the solid conductor are permitted, provided that the tensile strength of a joint is not less than 85 % of the unjointed solid conductor.

The stranded conductor shall consist of strands circular in section and assembled without insulation between them by concentric stranding or bunched.

NOTE bunched strand is not recommended for IDC (insulation displacement connection) application.

The individual strands of the conductor may be plain or metal-coated.

Normally, the individual strands shall be drawn in one piece. Joints in individual strands are permitted provided that the tensile strength of a joint is not less than 85 % of the tensile strength of the unjointed individual strand. Joints in the complete stranded conductor are not permitted unless allowed and specified in the relevant detail cable specification.

The conductor d.c. resistance and resistance unbalance, when specified, shall meet the values indicated in the relevant detail cable specification. The maximum conductor d.c. resistance shall be calculated in accordance with IEC 60344.

The conductor of working area and equipment cables may consist of one or more elements of thin copper or copper alloy tape which shall be applied spirally over a fibrous thread. The maximum conductor resistance shall be specified in the relevant detail cable specification. Joints in the complete element shall not be permitted.

2.2.4

enveloppe isolante

l'enveloppe isolante des conducteurs doit être constituée d'un ou plusieurs matériaux diélectriques appropriés. L'enveloppe isolante peut être massive, cellulaire ou composite (par exemple: foam-skin)

L'enveloppe isolante doit être continue et avec une épaisseur aussi uniforme que possible. L'épaisseur minimale de l'enveloppe isolante doit être mesurée conformément à la méthode spécifiée en 2.2.1.1 de la CEI 60189-1.

L'enveloppe isolante doit s'appliquer étroitement autour du conducteur. Les propriétés de dénudage de l'enveloppe isolante doivent être contrôlées conformément à la méthode spécifiée en 3.4 de la CEI 60189-1. Il doit être possible de séparer aisément l'enveloppe isolante du conducteur sans dommage aussi bien pour l'enveloppe isolante que pour le conducteur. L'aptitude à la dénudabilité ne s'applique pas au conducteur constitué d'un ou plusieurs éléments de fins rubans de cuivre ou alliage de cuivre, spiralés sur filins en fibre.

Lorsque prescrit, les conducteurs isolés doivent être colorés pour l'identification. Les couleurs doivent correspondre raisonnablement au standard de couleur représenté dans la CEI 60304.

NOTE Pour les assemblages de conducteurs équipés de connecteurs, l'identification n'est pas obligatoire.

2.2.5

code de couleurs de l'enveloppe isolante

le code des couleurs relatif à l'isolation est donné dans la spécification particulière du câble

2.2.6

élément de câblage

l'élément de câblage est:

- un conducteur élémentaire isolé, ou
- une paire composée de deux conducteurs isolés torsadés entre eux et désignés comme conducteur «a» et conducteur «b», ou
- une quarte composée de quatre conducteurs isolés torsadés entre eux et désignés comme conducteur «a», conducteur «c», conducteur «b», conducteur «d» dans le sens de rotation.

Le choix du pas moyen maximal sur le câble terminé doit tenir compte des valeurs de diaphonie spécifiées, des facilités de manipulation et de l'intégrité de la paire ou de la quarte.

NOTE La formation de l'élément avec un pas variable peut conduire à la rencontre peu fréquente mais acceptable d'un pas maximal dépassant la valeur spécifiée.

2.2.7

blindage de l'élément de câblage

si un blindage est prescrit sur la paire ou la quarte, il peut être constitué de la façon suivante:

- a) un ruban d'aluminium contrecollé sur un ruban plastique;
- b) un ruban d'aluminium contrecollé sur un ruban plastique et un fil de continuité en cuivre nu ou revêtu au moyen duquel le ruban d'aluminium est en contact avec le fil de continuité;
- c) une tresse en cuivre nu ou revêtu;
- d) un ruban d'aluminium contrecollé sur un ruban plastique et une tresse en cuivre nu ou revêtu.

Il convient de prendre des précautions lorsque des métaux différents se trouvent en contact. Des revêtements ou autres méthodes de protection peuvent être nécessaires pour empêcher les effets de couples galvaniques.

Un rubanage de protection peut être appliqué sous et/ou sur le blindage.

2.2.4

insulation

conductor insulation shall be composed of one or more suitable dielectric materials. The insulation may be solid, cellular or composite (e.g. foam skin)

The insulation shall be continuous, having a thickness as uniform as possible. The minimum thickness of the insulation shall be measured in accordance with the method specified in 2.2.1.1 of IEC 60189-1.

The insulation shall be applied to fit closely to the conductor. The stripping properties of the insulation shall be checked in accordance with the method specified in 3.4 of IEC 60189-1. It shall be possible to strip the insulation from the conductor easily and without damage to the insulation or the conductor. The stripping properties do not apply to a conductor which consists of one or more elements of thin copper or copper alloy tape applied spirally over a fibrous thread.

When required the insulated conductors shall be coloured for identification. Colours shall correspond reasonably with the standard colours shown in IEC 60304.

NOTE For connectorized assemblies, conductor identification may not be required.

2.2.5

colour code

the colour code for insulation is given in the relevant detail cable specification

2.2.6

cable element

the cable element is:

- a single insulated conductor, or
- a pair consisting of two insulated conductors twisted together and designated wire "a" and wire "b", or
- a quad consisting of four insulated conductors twisted together and designated wire "a", wire "c", wire "b" and wire "d" in order of rotation.

The choice of the maximum average length of lay in the finished cable shall be made with respect to the specified crosstalk requirements, handling performance and the pair or quad integrity.

NOTE Forming the element with a variable lay can lead to the infrequent but acceptable occurrence of the maximum lay being longer than that which may be specified.

2.2.7

screening of the cable element

if a screen is required over the pair or quad, it may consist of the following:

- a) an aluminium tape laminated to a plastic tape;
- b) an aluminium tape laminated to a plastic tape and a metal-coated or plain copper drain wire whereby the metal tape is in contact with the drain wire;
- c) plain or metal-coated copper braid;
- d) an aluminium tape laminated to a plastic tape and a metal-coated or plain copper braid.

Care should be taken when putting dissimilar metals in contact with each other. Coatings or other methods of protection may be necessary to prevent galvanic interaction.

A protective wrapping may be applied under or/and over the screen.

2.2.8

constitution du câble

les éléments du câble peuvent être assemblés en couches concentriques ou en faisceaux. L'âme du câble peut être protégée par un rubanage en matériau non hygroscopique

NOTE Des bourrages peuvent être utilisés pour obtenir une formation cylindrique.

2.2.9

écran sur l'âme du câble

l'âme du câble peut être blindée par:

- a) un ruban d'aluminium contrecollé sur un ruban plastique lequel est collé à la gaine;
- b) un ruban d'aluminium contrecollé sur un ruban plastique et un fil de continuité en cuivre nu ou revêtu au moyen duquel le ruban d'aluminium est en contact avec le fil de continuité;
- c) une tresse en cuivre nu ou revêtu;
- d) un ruban d'aluminium contrecollé sur un ruban plastique et une tresse en cuivre nu ou revêtu;
- e) un ruban d'aluminium ou en cuivre nu.

Il convient de prendre des précautions lorsque des métaux différents se trouvent en contact. Des revêtements ou autres méthodes de protection peuvent être nécessaires pour empêcher les interactions galvaniques.

Un rubanage de protection peut être appliqué sous et/ou sur le blindage.

2.2.10

gaine

la gaine doit avoir des performances de tenue mécanique et élastique adaptées au besoin. Ces propriétés doivent rester suffisamment stables en utilisation normale

La gaine doit être continue avec une épaisseur aussi uniforme que possible. L'épaisseur minimale de la gaine doit être déterminée conformément à la méthode spécifiée en 2.2.1.2 de la CEI 60189-1.

La gaine doit s'appliquer étroitement à l'âme du câble. Dans le cas des câbles blindés, la gaine ne doit pas adhérer au blindage sauf lorsqu'elle est intentionnellement collée dessus.

2.2.11

couleur de la gaine

la couleur de la gaine peut être prescrite dans la spécification particulière correspondante

2.2.12 Identification

2.2.12.1

marquage du câble

chaque longueur de câble doit indiquer le nom du fabricant et si nécessaire l'année de fabrication en utilisant l'une des méthodes suivantes:

- a) filin ou rubans colorés;
- b) ruban imprimé;
- c) repères imprimés sur le revêtement de l'assemblage;
- d) marquage sur la gaine.

Des marquages supplémentaires peuvent être demandés sur la gaine comme indiqué dans la spécification particulière.

2.2.8**cable make-up**

the cable elements may be laid up in concentric layers or in unit construction. The cable core may be protected by wrappings of a non-hygroscopic tape

NOTE Fillers may be used to maintain a circular formation.

2.2.9**screening of the cable core**

the cable core may be screened by:

- a) an aluminium tape laminated to a plastic tape which is bonded to the sheath;
- b) an aluminium tape laminated to a plastic tape and a metal-coated or plain copper drain wire whereby the metal tape is in contact with the drain wire;
- c) plain or metal-coated copper braid;
- d) an aluminium tape laminated to a plastic tape and a metal-coated or plain copper braid;
- e) plain copper or aluminium tape.

Care should be taken when putting dissimilar metals in contact with each other. Coatings or other methods of protection may be necessary to prevent galvanic interaction.

A protective wrapping may be applied under or/and over the screen.

2.2.10**sheath**

the sheath shall have adequate mechanical strength and elasticity. These properties shall stay sufficiently constant during normal use

The sheath shall be continuous, having a thickness as uniform as possible. The minimum thickness of the sheath shall be determined in accordance with the method specified in 2.2.1.2 of IEC 60189-1.

The sheath shall be applied to fit closely to the core of the cable. In the case of screened cables, the sheath shall not adhere to the screen except when it is intentionally bonded to it.

2.2.11**colour of sheath**

the colour of the sheath may be specified in the relevant detail cable specification

2.2.12 Identification**2.2.12.1****cable marking**

each length of cable shall bear the name of the manufacturer and, when required, the year of manufacture, using one of the following methods:

- a) coloured threads or tapes;
- b) printed tape;
- c) printing on the core wrappings;
- d) marking on the sheath.

Additional markings may be required on the sheath as indicated in the relevant detail cable specification.

2.2.12.2

étiquetage

des informations doivent être données soit sur une étiquette attachée à chaque longueur du câble déterminé, soit à l'extérieur de l'emballage, comme suit:

- a) type de câble;
- b) nom du fabricant ou logo;
- c) année de fabrication;
- d) longueur du câble en mètres.

2.2.13

câble terminé

le câble terminé doit être protégé de façon adéquate pour le stockage et le transport

3 Méthodes d'essais

3.1 Remarques générales

Sauf indications contraires, tous les essais doivent être réalisés dans les conditions spécifiées par la CEI 60068.

3.1.1 Câble non blindé

Les paramètres de la capacité mutuelle et de l'affaiblissement donnent des valeurs parfois jusqu'à 10 % plus élevées quand le câble est mesuré sur son conditionnement de livraison. Cette différence provient de l'effet de serrage et des effets entre spires.

En cas de doute, les mesures de capacité mutuelle, d'impédance caractéristique, d'affaiblissement et diaphonie, doivent être exécutées sur un échantillon de câble retiré de son emballage.

Les configurations typiques pour les essais peuvent être les suivantes;

- a) posé à plat sur une surface non métallique à au moins 25 mm de toute surface conductrice;
- b) supporté en l'air de telle façon qu'une séparation minimale de 25 mm soit assurée entre les enroulements;
- c) enroulé en hélice en une seule couche sur un touret métallique avec au moins 25 mm entre spires.

3.2 Essais électriques

3.2.1 Résistance du conducteur

La mesure de la résistance du conducteur doit être effectuée selon 5.1 de la CEI 60189-1.

3.2.2 Déséquilibre de résistance

La méthode de mesure du déséquilibre de résistance et la précision des équipements de mesure doivent être conformes à ce qui est spécifié à l'article 24 de la modification 3 de la CEI 60708-1.

3.2.3 Rigidité diélectrique

La méthode de mesure de la rigidité diélectrique entre conducteurs, entre conducteur et écran et entre écrans, doit être effectuée selon les indications données en 5.2 de la CEI 60189-1.

NOTE Un essai pour la rigidité diélectrique de la gaine est indiqué dans la CEI 60096-1

2.2.12.2**labelling**

information shall be given either on a label attached to each length of finished cable, or on the outside of the product packaging, as follows:

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

2.2.13**finished cable**

the finished cable shall be adequately protected for storage and shipment

3 Test methods**3.1 General remarks**

Unless otherwise specified, all tests shall be carried out under the conditions specified in IEC 60068.

3.1.1 Unscreened cable

The parameters of mutual capacitance and attenuation sometimes show measured values up to 10 % higher when the cable is measured in its packaging. This difference arises due to the tight packaging density and interwinding effects.

In case of doubt, the measurements of mutual capacitance, characteristic impedance, attenuation and crosstalk shall be performed on a cable sample removed from its packaging.

Typical test configurations may be with the test specimen:

- a) laid out on a non-metallic surface at least 25 mm from a conductive surface;
- b) supported in aerial spans such that there is a minimum separation of 25 mm between convolutions;
- c) wound as a single open helix on a metal drum with at least 25 mm between turns.

3.2 Electrical tests**3.2.1 Conductor resistance**

The measurement of the conductor resistance shall be carried out in accordance with 5.1 of IEC 60189-1.

3.2.2 Resistance unbalance

The method of measurement of the resistance unbalance and the accuracy of the measurement equipment shall be in accordance with clause 24, amendment 3 of IEC 60708-1.

3.2.3 Dielectric strength

The measurement of dielectric strength shall be carried out in accordance with 5.2 of IEC 60189-1 for conductor/conductor, conductor/screen and screen/screen.

NOTE A test for the dielectric strength of the sheath is given in IEC 60096-1.

3.2.4 Résistance d'isolement

La mesure de la résistance d'isolement entre conducteurs, entre conducteur et écran et entre écrans, doit être effectuée selon 5.3 de la CEI 60189-1. La tension d'essai en courant continu doit être comprise entre 100 V et 500 V, sauf indication contraire mentionnée dans la spécification particulière du câble.

3.2.5 Capacité mutuelle

La mesure de la capacité mutuelle des paires dans un câble multipaire ou à quarts doit être effectuée selon 5.4 de la CEI 60189-1.

3.2.6 Déséquilibre de capacité

La mesure du déséquilibre de capacité dans un câble multipaire ou à quarts doit être effectuée selon 5.5 de la CEI 60189-1. Les conducteurs des paires ou des quarts qui ne sont pas soumis à l'essai doivent être connectés ensemble et reliés à l'écran éventuel.

Si le câble en essai a une longueur L différente de 500 m, la valeur mesurée doit être corrigée en divisant:

- pour les mesures paire-paire et réel-réel par

$$1/2 [L/500 + (L/500)^{1/2}] \quad (12)$$

- pour les mesures paire-terre et réel-terre par

$$L/500 \quad (13)$$

où L est la longueur en mètres du câble en essai.

3.2.7 Impédance de transfert

La mesure de l'impédance de transfert doit être conforme à 7.1 ou 7.2 de la CEI 60096-1.

Pour les paires avec écran individuel, il suffit de mesurer une paire seulement.

3.3 Essais de transmission

3.3.1 Vitesse de propagation de groupe

La vitesse de propagation de groupe doit être déterminée à la fréquence indiquée dans la spécification particulière. Lorsque la fréquence n'est pas spécifiée, on doit utiliser la fréquence à laquelle l'impédance caractéristique est mesurée. La mesure est effectuée en condition équilibrée, à l'aide de transformateurs symétriseurs pour connecter le câble au dispositif ou à l'aide d'un dispositif d'essai d'impédance équilibré conformément à la méthode du circuit ouvert et du court-circuit (voir annexe B).

Dans le premier cas, la mesure est effectuée en évaluant l'intervalle de fréquence, Δ_f , pour lequel la phase du signal de sortie effectue une rotation de 2π radians par rapport au signal d'entrée. La mesure peut être effectuée soit par une technique de transmission, soit par une technique de réflexion. Dans ce dernier cas, l'extrémité éloignée du câble est en circuit ouvert.

La vitesse de propagation est exprimée comme suit:

- pour les mesures de transmission:

$$V_f = L \cdot \Delta_f \quad (14)$$

3.2.4 Insulation resistance

The measurement of the insulation resistance between conductor/conductor, conductor/screen and screen/screen shall be carried out in accordance with 5.3 of IEC 60189-1. The test voltage shall be between 100 V and 500 V d.c. unless otherwise specified in the detail cable specification.

3.2.5 Mutual capacitance

The measurement of the mutual capacitance of pairs in a multipair or quad cable shall be in accordance with 5.4 of IEC 60189-1.

3.2.6 Capacitance unbalance

The measurement of the capacitance unbalance in a multipair or quad cable shall be in accordance with 5.5 of IEC 60189-1. The conductors of the pairs or quads not under test shall be connected together and to the screen, if any.

If the cable under test has a length, L other than 500 m the measured value shall be corrected:

- for pair-to-pair and side-to-side by dividing by:

$$1/2 [L/500 + (L/500)^{1/2}] \quad (12)$$

- for pair-to-earth and side-to-earth the measured value shall be divided by:

$$L/500 \quad (13)$$

where L is the length of cable under test in metres.

3.2.7 Transfer impedance

The measurement of the transfer impedance shall be in accordance with either 7.1 or 7.2 of IEC 60096-1.

For individually screened pairs it is only necessary to measure one pair.

3.3 Transmission tests

3.3.1 Group velocity of propagation

The group velocity of propagation shall be determined at the frequency indicated in the detail cable specification. When the frequency is not specified, the frequency at which the characteristic impedance is measured shall be used. The measurement is carried out in a balanced condition using baluns to connect the cable to the equipment or using a balanced impedance test set according to the open- and short-circuit method (see annex B).

In the first case the measurement is carried out evaluating the frequency interval, Δ_f for which the phase of the output signal makes a 2π radians rotation in comparison with the input signal. The measurement may be performed either by a transmission or by a reflection technique. In the latter case, the far end of the cable is open-circuit.

The velocity of propagation is expressed:

- for transmission measurements, as:

$$V_f = L \cdot \Delta_f \quad (14)$$

– pour les mesures de réflexion:

$$V_f = 2 L \cdot \Delta_f \quad (15)$$

où

L est la longueur du câble en essai en mètres;

Δ_f est l'intervalle de fréquence en kilohertz;

V_f est en kilomètres par seconde.

De façon à évaluer Δ_f avec une précision suffisante, on peut mesurer la différence de fréquence Δ_f pour n rotations de 2π radians ainsi:

$$\Delta_f = \Delta_f' / n \quad (16)$$

où $n \leq 10$.

Dans la technique de mesure de transmission, les transformateurs symétriseurs doivent être choisis pour adapter l'impédance du dispositif d'essai à l'impédance nominale du câble à la fréquence d'essai.

3.3.2 Affaiblissement

L'affaiblissement est déterminé à la fréquence ou dans l'intervalle de fréquence indiqué dans la spécification particulière.

La technique de mesure choisie doit fournir une précision de ± 5 %.

La mesure doit être effectuée en conditions symétriques. Dans le cas d'un dispositif d'essai de mesure non symétrique, les deux extrémités de la paire doivent être connectées au dispositif d'essai au moyen de transformateurs symétriseurs (baluns). Les symétriseurs doivent être choisis de manière à adapter l'équipement d'essai à l'impédance nominale du câble, à la fréquence de mesure. Il est conseillé de compenser la désadaptation résiduelle des symétriseurs en calibrant d'abord le système avec les symétriseurs connectés à une courte longueur (≤ 1 m) du câble à mesurer.

Les mesures sont effectuées à la température ambiante et sont corrigées à 20 °C pour les fréquences supérieures à 1 MHz, comme suit:

$$\alpha_{20} = \alpha_T / (1 + 0,002(T - 20)) \quad (\text{dB}/100 \text{ m}) \quad (17)$$

où

α_T est l'affaiblissement mesuré, en dB/100 m;

T est la température ambiante, en degrés Celsius;

α_{20} est l'affaiblissement en dB/100 m, corrigé à 20 °C.

Les valeurs mesurées sont corrigées pour une longueur ramenée à 100 m, ou comme spécifié dans la spécification particulière, en utilisant une variation directement proportionnelle à la longueur.

NOTE La correction ci-dessus est seulement valable pour des matériaux d'isolation ayant un diélectrique à faible coefficient de température.

– and, for reflection measurements, as:

$$V_f = 2 L \cdot \Delta_f \quad (15)$$

where

L is the length of the cable under test, in metres;

Δ_f is the frequency interval, in kilohertz;

V_f is in kilometers/second.

In order to evaluate Δ_f with sufficient accuracy, the frequency difference $\Delta_{f'}$ for n rotations of 2π radians may be measured as:

$$\Delta_f = \Delta_{f'}/n \quad (16)$$

where $n \leq 10$.

In the transmission measurement technique, it is necessary to select the baluns to match the impedance of the test equipment to the cable nominal impedance at the test frequency.

3.3.2 Attenuation

The attenuation is determined at the frequency or in the frequency interval indicated in the detail cable specification.

The measurement technique chosen shall provide an accuracy of $\pm 5\%$.

The measurement shall be carried out in a balanced condition. In the case of unbalanced measuring test equipment, both ends of the pair shall be connected to the test equipment by means of baluns. The baluns shall be selected to match the test equipment to the cable nominal impedance at the test frequency. It is advisable to compensate the residual mismatch of the baluns by first calibrating the system with the baluns connected to a short length (≤ 1 m) of the cable to be tested.

The measurements are made at ambient temperature and are corrected to 20°C for frequencies above 1 MHz as follows.

$$\alpha_{20} = \alpha_T / (1 + 0,002 (T - 20)) \quad (\text{dB}/100 \text{ m}) \quad (17)$$

where

α_T is the measured attenuation in dB/100 m;

T is the ambient temperature in degrees Celsius;

α_{20} is the attenuation in dB/100 m, corrected to 20°C .

Measured values are corrected to a standard length of 100 m, or as specified in the detail specification, using a direct variation with length.

NOTE The above correction is only applicable for insulating materials with a dielectric having a low temperature coefficient.

3.3.3 Affaiblissement de symétrie

L'affaiblissement de symétrie peut être défini à partir de:

$$20 \log_{10} (1/T) \quad (\text{dB}) \quad (6)$$

où le déséquilibre de transmission T est obtenu selon l'article A.6 de l'annexe A de la CEI 60096-1.

L'affaiblissement de symétrie peut être aussi défini selon la recommandation K10 du ITU-T, déséquilibre par rapport à la terre dans les lignes de télécommunications. Le montage d'essai est indiqué à la figure A.2.

Affaiblissement de symétrie par rapport à la terre:

$$a_u = 20 \log_{10} (E_{L1}/V_{T2}) \quad (\text{en dB}) \quad (18)$$

3.3.4 Paradiaphonie

La paradiaphonie est mesurée à l'aide d'un générateur à balayage et d'un récepteur sélectif à la fréquence ou dans les intervalles de fréquence indiqués dans la spécification particulière.

La mesure doit être effectuée en conditions symétriques, en connectant les deux paires au dispositif d'essai à l'aide de symétriseurs. Les symétriseurs doivent être choisis pour adapter le dispositif d'essai à l'impédance nominale du câble à la fréquence d'essai. Il est conseillé de blinder les transformateurs symétriseurs à l'aide de tubes ou de rubans de cuivre. Les paires et/ou les écrans de câble et les écrans de symétriseurs doivent être mis à la terre du côté du récepteur.

Les paires en essai doivent être chargées sur leur impédance caractéristique nominale et le reste des paires peut être laissé ouvert. Il faut prendre des précautions pour réduire les couplages d'extrémité. Lorsque l'on retire la gaine du câble, les paires doivent conserver leur torsion et être bien séparées.

La paradiaphonie (NEXT) est définie comme:

$$\text{NEXT} = 10 \log_{10} (P_{1N}/P_{2N}) \quad (\text{dB}) \quad (26)$$

où

P_{1N} est la puissance émise dans la paire perturbatrice;

P_{2N} est la puissance recueillie sur la paire perturbée à la même extrémité de la longueur.

Les mesures doivent être effectuées sur une longueur d'au moins 100 m. Pour une longueur supérieure à 100 m, la valeur mesurée peut être corrigée à 100 m à l'aide de la formule de correction suivante:

$$\text{NEXT} = \text{NEXT}_0 - 10 \log_{10} \left[\frac{(1 - e^{-4\alpha})}{\left(1 - e^{-4\alpha \left(\frac{L_0}{100}\right)}\right)} \right] \quad (\text{dB}/100 \text{ m}) \quad (19)$$

où

NEXT_0 est la paradiaphonie sur la longueur de câble mesurée (dB/longueur de câble);

NEXT est la paradiaphonie à ou ramenée à une longueur de 100 m (dB/100 m);

α est l'affaiblissement linéique du câble (Neper/100 m);

L_0 est la longueur de câble mesurée (m).

3.3.3 Unbalance attenuation

The unbalance attenuation in dB may be determined from:

$$20 \log_{10} (1/T) \quad (\text{dB}) \quad (6)$$

where the transmission unbalance, T is obtained in accordance with A.6 of annex A of IEC 60096-1.

The unbalance attenuation may also be determined in accordance with ITU-T recommendation K10, unbalance about earth of telecommunication lines. The test set-up is shown in figure A.2.

Unbalance attenuation to earth, a_u is derived from:

$$a_u = 20 \log_{10} (E_{L1}/V_{T2}) \quad (\text{in dB}) \quad (18)$$

3.3.4 Near-end crosstalk

The near-end crosstalk loss is measured using a sweep generator and selective receiver at the frequency or in the frequency interval indicated in the detail cable specification.

The measurement shall be carried out in a balanced condition connecting both pairs to the test equipment by means of baluns. The baluns shall be selected to match the test equipment to the cable nominal impedance at the test frequency. It is recommended that the baluns are shielded by means of copper tapes or tubes. Pair and/or cable screens and balun screens shall be earthed at the receiver end.

Both pairs under test shall be terminated in their nominal characteristic impedance and the remainder of the pairs may be left unterminated. Precautions shall be taken to minimize end effect couplings. When the cable sheath is removed the pairs shall maintain their twist and shall be well separated.

Near-end crosstalk loss (NEXT) is defined as:

$$\text{NEXT} = 10 \log_{10} (P_{1N}/P_{2N}) \quad (\text{dB}) \quad (26)$$

where

P_{1N} is the input power of the disturbing pair at the near end;

P_{2N} is the output power of the disturbed pair at the near end.

Measurements shall be carried out on a length of at least 100 m. For a length greater than 100 m the measured value may be corrected to 100 m using the following correction formula:

$$\text{NEXT} = \text{NEXT}_0 - 10 \log_{10} \left[\frac{(1 - e^{-4\alpha})}{1 - e^{-4\alpha \left(\frac{L_0}{100} \right)}} \right] \quad (\text{dB/100 m}) \quad (19)$$

where

NEXT_0 is the near-end crosstalk on the measured cable length (dB/cable length);

NEXT is the near-end crosstalk at or corrected to a length of 100 m (dB/100 m);

α is the attenuation of the cable (Neper/100 m);

L_0 is the measured cable length (m).

3.3.5 Télédiphonie

La télédiphonie doit être mesurée à la fréquence ou dans les intervalles de fréquence indiqués dans la spécification particulière, à l'aide d'un générateur à balayage et d'un récepteur sélectif.

La mesure doit être effectuée en condition symétrique, en connectant les deux paires au dispositif d'essai à l'aide de transformateurs symétriseurs. Les transformateurs symétriseurs doivent être choisis pour adapter le dispositif d'essai à l'impédance nominale du câble à la fréquence d'essai. Il est conseillé de blinder les transformateurs symétriseurs à l'aide de tubes ou de rubans de cuivre. Les paires et/ou les écrans de câble et les écrans des transformateurs symétriseurs doivent être mis à la terre du côté du récepteur.

Toutes les paires dans le câble doivent être chargées sur leur impédance caractéristique nominale. Il faut prendre des précautions pour réduire les couplages d'extrémité. Lorsque l'on retire la gaine du câble, les paires doivent conserver leur torsion et être bien séparées.

La mesure de la télédiphonie (IO FEXT) doit être effectuée sur une longueur d'au moins 100 m. Il est recommandé que la longueur maximale de câble à mesurer soit limitée à 300 m de façon à réduire les erreurs résultant de la surface perturbatrice de l'équipement d'essai. Pour les longueurs supérieures à 100 m, les valeurs mesurées de l'affaiblissement télédiphonique (IO FEXT) et les valeurs calculées de l'écart télédiphonique (EL FEXT) doivent être ramenées à une longueur de 100 m comme suit:

$$\text{IO FEXT} = \text{IO FEXT}_0 + 10 \log_{10} (L_0/100) + \alpha (1 - L_0/100) \quad (\text{dB}/100 \text{ m}) \quad (20)$$

$$\text{EL FEXT} = \text{EL FEXT}_0 + 10 \log_{10} (L_0/100) \quad (\text{dB}/100 \text{ m}) \quad (21)$$

où

IO FEXT₀ est la télédiphonie mesurée (dB/longueur de câble);

IO FEXT est la télédiphonie ramenée à une longueur de 100 m (dB/100 m);

L₀ est la longueur de câble mesurée (m), de préférence 100 m;

α est l'affaiblissement linéique du câble (dB/100 m);

EL FEXT₀ est l'écart télédiphonique (dB/longueur de câble);

EL FEXT est l'écart télédiphonique ramené à une longueur de 100 m (dB/100 m).

Pour une longueur de câble supérieure à 300 m, il est conseillé de prendre des précautions, de façon à éviter que les mesures de IO FEXT ne se trouvent dans le bruit de l'équipement de mesure aux basses comme aux hautes fréquences.

3.3.6 Impédance caractéristique

3.3.6.1 L'impédance caractéristique peut être déterminée par diverses méthodes, telles qu'un analyseur de réseau, un voltmètre vectoriel ou un pont d'impédance. La méthode choisie doit avoir une précision de ±2 %.

La mesure doit être effectuée en condition équilibrée en connectant l'extrémité de la paire au dispositif d'essai au moyen d'un transformateur symétriseur lorsque cela est applicable. A l'extrémité réceptrice, il est recommandé de mettre à la terre les paires qui ne sont pas en essai.

3.3.5 Far-end crosstalk

The far-end crosstalk loss shall be determined at the frequency or in the frequency intervals indicated in the detail cable specification, by means of a sweep generator and selective receiver.

The measurement shall be carried out in a balanced condition, connecting both pairs to the test equipment by means of baluns. The baluns shall be selected to match the test equipment to the cable nominal impedance at the test frequency. It is recommended that the baluns are shielded by means of copper tapes or tubes. Pair and/or cable screens and balun screens shall be earthed at the receiver end.

All pairs in the cable shall be terminated in their nominal characteristic impedance. Precautions shall be taken to minimize the end effect couplings. When the cable sheath is removed, the pairs shall maintain their twist and shall be well separated.

Measurement of IO FEXT shall be carried out on a length of at least 100 m. It is recommended that the maximum cable length to be measured be limited to 300 m in order to minimize errors resulting from the noise floor of the testing equipment. For lengths greater than 100 m the measured values of IO FEXT and the calculated values of the EL FEXT shall be corrected to a length of 100 m as follows:

$$\text{IO FEXT} = \text{IO FEXT}_0 + 10 \log_{10} (L_0/100) + \alpha (1 - L_0/100) \quad (\text{dB}/100 \text{ m}) \quad (20)$$

$$\text{EL FEXT} = \text{EL FEXT}_0 + 10 \log_{10} (L_0/100) \quad (\text{dB}/100 \text{ m}) \quad (21)$$

where

IO FEXT₀ is the measured far-end crosstalk (dB/cable length);

IO FEXT is the far-end crosstalk corrected to a length of 100 m (dB/100 m);

L₀ is the measured cable length (m), preferentially 100 m;

α is the attenuation (dB/100 m);

EL FEXT₀ is the equal level far-end crosstalk (dB/cable length);

EL FEXT is the equal level far-end crosstalk corrected to a length of 100 m (dB/100 m).

For a cable length greater than 300 m care is advised, in order to avoid that measurements of IO FEXT are hidden in the noise floor of the test equipment both at low as well as at high frequencies.

3.3.6 Characteristic impedance

3.3.6.1 The characteristic impedance can be determined by a variety of methods, such as a network analyzer, vector voltmeter or impedance bridge. The method selected shall have an accuracy of ±2 %.

The measurement shall be carried out in a balanced condition connecting the pair end to the test equipment using a balun where applicable. Pairs not under test should be earthed at the receiver end.

L'impédance caractéristique, Z_c , est la moyenne géométrique des impédances d'entrée et se calcule comme suit:

$$Z_c = (Z_{(\text{fermé})} \cdot Z_{(\text{ouvert})})^{1/2} \quad (22)$$

3.3.6.2 Lorsque l'on utilise un analyseur de réseau, les coefficients de réflexion $\zeta(\text{fermé})$ et $\zeta(\text{ouvert})$ sont mesurés. Le $\zeta(\text{fermé})$ est le coefficient de réflexion d'entrée mesuré avec l'extrémité éloignée court-circuitée. Le $\zeta(\text{ouvert})$ est le coefficient de réflexion d'entrée mesuré avec l'extrémité éloignée en circuit ouvert. A partir de ceux-ci, les impédances d'entrée peuvent se calculer comme suit:

$$Z_{(\text{fermé})} = Z_b [(1 + \zeta(\text{fermé})) / (1 - \zeta(\text{fermé}))] \quad (23)$$

et
$$Z_{(\text{ouvert})} = Z_b [(1 + \zeta(\text{ouvert})) / (1 - \zeta(\text{ouvert}))] \quad (24)$$

où Z_b est l'impédance de sortie du côté équilibré du transformateur symétriseur, en ohm.

Sauf dans le cas d'un pont d'impédance, la méthode des paramètres S est recommandée pour le calibrage afin de compenser la désadaptation du transformateur symétriseur. Cela est décrit dans l'annexe A.

3.3.6.3 Lorsque l'on utilise un voltmètre vectoriel, la tension et le courant sont mesurés (module, phase) dans les deux configurations de court-circuit et de circuit ouvert. L'impédance caractéristique Z_c est ensuite calculée à partir des impédances d'entrée $Z_{(\text{fermé})}$ et $Z_{(\text{ouvert})}$ conformément à l'équation (22).

3.3.6.4 Sauf dans le cas d'un pont d'impédance, la méthode des paramètres S est recommandée pour le calibrage afin de compenser la désadaptation du transformateur symétriseur.

Pour les analyseurs de réseau, la méthode est décrite dans l'annexe A.

Pour les voltmètres vectoriels, le circuit est successivement ouvert, fermé et terminé en 50 Ω . La position de référence de la mesure est ensuite située aux points de connexion de la paire en essai.

La méthode de mesure avec pont d'impédance est décrite dans l'annexe B.

NOTE L'impédance caractéristique moyenne est seulement valable si l'affaiblissement de réflexion est suffisamment faible.

3.4 Essais mécaniques et dimensionnels

3.4.1 Mesures dimensionnelles

Les mesures d'épaisseur et de diamètre doivent être effectuées conformément à l'article 8 de la CEI 60811-1-1.

3.4.2 Allongement à la rupture du conducteur

La méthode de mesure de la charge et de l'allongement à la rupture du conducteur nu est spécifiée en 3.3 de la CEI 60189-1.

3.4.3 Résistance à la traction de l'enveloppe isolante

La méthode de mesure de la résistance à la traction de l'enveloppe isolante est spécifiée en 9.1.7 de la CEI 60811-1-1.

The characteristic impedance, Z_c , is the geometric mean of the input impedances and is derived as follows:

$$Z_c = (Z_{(\text{short})} \cdot Z_{(\text{open})})^{1/2} \quad (22)$$

3.3.6.2 When using a network analyzer, the reflection coefficients $\zeta(\text{short})$ and $\zeta(\text{open})$ are measured. The $\zeta(\text{short})$ is the input reflection coefficient measured with the far end of the pair short-circuited. The $\zeta(\text{open})$ is the input reflection coefficient measured with the far end open-circuited. From these, the input impedances can be derived as follows:

$$Z_{(\text{short})} = Z_b [(1 + \zeta(\text{short})) / (1 - \zeta(\text{short}))] \quad (23)$$

and
$$Z_{(\text{open})} = Z_b [(1 + \zeta(\text{open})) / (1 - \zeta(\text{open}))] \quad (24)$$

where Z_b is the output impedance of the balanced side of the balun in ohm.

Except in the case of an impedance bridge, a scattering parameter technique is recommended for calibration to compensate for the mismatch of the balun. This is described in annex A.

3.3.6.3 When using a vector voltmeter, voltage and current are measured (modulus, phase) in the two configurations of open- and short-circuit. The characteristic impedance Z_c is then calculated from the input impedances $Z_{(\text{short})}$ and $Z_{(\text{open})}$ according to equation (22).

3.3.6.4 Except in the case of an impedance bridge a scattering parameter technique is recommended for the calibration to compensate for the mismatch of the balun.

For network analyzers the method is described in annex A.

For vector voltmeters the circuit is successively open, shorted and terminated in 50 Ω . The reference position of the measurement is then located at the connecting points of the pair under test.

For an impedance bridge the method of measurement is described in annex B.

NOTE The mean characteristic impedance is only valid if the return loss is sufficiently low.

3.4 Mechanical and dimensional measurement tests

3.4.1 Measurement of dimensions

The measurement of thickness and diameter shall be carried out in accordance with clause 8 of IEC 60811-1-1.

3.4.2 Elongation at break of the conductor

The method of measuring the elongation at break of the conductor is specified in 3.3 of IEC 60189-1.

3.4.3 Tensile strength of the insulation

The measurement of the tensile strength of the insulation is specified in 9.1.7 of IEC 60811-1-1.

3.4.4 Allongement à la rupture de la gaine

La méthode de mesure de l'allongement à la rupture de la gaine est spécifiée en 9.2.7 de la CEI 60811-1-1.

3.4.5 Résistance à la traction de la gaine

La méthode de mesure de résistance à la traction de la gaine est spécifiée en 9.2.7 de la CEI 60811-1-1.

3.4.6 Essai d'écrasement du câble

La méthode de mesure de résistance à l'écrasement du câble est spécifiée en 3.5 de la CEI 60794-1.

3.4.7 Essai au choc du câble

La méthode de mesure de résistance au choc du câble est spécifiée en 8.5 de la CEI 60811-1-4.

3.4.8 Essai de courbures répétées du câble

La méthode de mesure de la résistance du câble aux courbures répétées est spécifiée en 3.8 de la CEI 60794-1.

3.4.9 Tenue à la traction du câble

La méthode de mesure de la tenue à la traction du câble est spécifiée en 3.3 de la CEI 60794-1.

3.5 Essais d'environnement

3.5.1 Retrait de l'enveloppe isolante

La méthode de mesure du retrait de l'enveloppe isolante est spécifiée à l'article 10 de la CEI 60811-1-3.

3.5.2 Essai d'enroulement de l'enveloppe isolante après vieillissement thermique

La méthode de mesure de la tenue au vieillissement de l'enveloppe isolante est spécifiée à l'article 10 de la CEI 60811-4-2.

3.5.3 Essai de courbure de l'enveloppe isolante à basse température

La méthode de mesure de la tenue en courbure à froid est spécifiée en 8.1 de la CEI 60811-1-4.

3.5.4 Allongement à la rupture de la gaine après vieillissement

Des échantillons de gaine sont préparés et soumis aux essais spécifiés en 9.2 de la CEI 60811-1-1 après vieillissement, conformément à 8.1 de la CEI 60811-1-2, pendant un temps et à une température qui sont indiqués dans la spécification particulière du câble.

3.5.5 Résistance à la traction de la gaine après vieillissement

Des échantillons de gaines sont préparés et soumis aux essais spécifiés en 9.2 de la CEI 60811-1-1 après vieillissement, conformément à 8.1 de la CEI 60811-1-2, pendant un temps et à une température qui sont indiqués dans la spécification particulière du câble.

3.4.4 Elongation at break of the sheath

The method of measuring the elongation at break of the sheath is specified in 9.2.7 of IEC 60811-1-1.

3.4.5 Tensile strength of the sheath

The method of measuring the tensile strength of the sheath is specified in 9.2.7 of IEC 60811-1-1.

3.4.6 Crush test of the cable

The method of measuring the crush resistance of the cable is specified in 3.5 of IEC 60794-1.

3.4.7 Impact test of the cable

The method of measuring the impact resistance of the cable is specified in 8.5 of IEC 60811-1-4.

3.4.8 Repeated bending of the cable

The method of measuring the resistance of the cable to repeated bending is specified in 3.8 of IEC 60794-1.

3.4.9 Tensile performance of the cable

The method of measuring the tensile performance of the cable is specified in 3.3 of IEC 60794-1.

3.5 Environmental tests

3.5.1 Shrinkage of the insulation

The method of measuring the shrinkage of the insulation is specified in clause 10 of IEC 60811-1-3.

3.5.2 Wrapping test of the insulation after thermal ageing

The method of measuring the ageing performance of the insulation is specified in clause 10 of IEC 60811-4-2.

3.5.3 Bending test of the insulation at low temperature

The method of measuring the cold bend test performance is specified in 8.1 of IEC 60811-1-4.

3.5.4 Elongation at break of the sheath after ageing

Samples of sheath are prepared and tested in accordance with 9.2 of IEC 60811-1-1 after ageing, in accordance with 8.1 of IEC 60811-1-2, for a time and temperature specified in the relevant detail cable specification.

3.5.5 Tensile strength of the sheath after ageing

Samples of sheath are prepared and tested in accordance with 9.2 of IEC 60811-1-1 after ageing, in accordance with 8.1 of IEC 60811-1-2, for a time and temperature specified in the relevant detail cable specification.

3.5.6 Essai de pression de la gaine à température élevée

La méthode de mesure de pression de la gaine est spécifiée en 8.2 de la CEI 60811-3-1.

3.5.7 Essai d'enroulement du câble à basse température

La méthode de mesure de la tenue du câble à la courbure à froid est spécifiée en 8.2 de la CEI 60811-1-4.

3.5.8 Essai de choc thermique

La méthode de mesure de la tenue du câble au choc thermique est spécifiée en 9.2 de la CEI 60811-3-1.

3.5.9 Caractéristiques de propagation de la flamme sur un câble isolé

La méthode de mesure de la tenue du câble à la flamme est spécifiée dans la CEI 60332-1. Quand cette méthode ne convient pas pour un petit câble, qui peut fondre à la flamme, le câble doit être essayé selon la CEI 60332-2.

3.5.10 Caractéristiques de propagation de la flamme sur câbles en nappes

La méthode de mesure de tenue à la flamme de câbles en nappes est spécifiée dans la CEI 60332-3.

3.5.11 Emission de gaz halogénés

La méthode de mesure de dégagement des gaz halogénés est spécifiée dans la CEI 60754-1.

3.5.12 Emission de fumées

La méthode de mesure de la quantité de fumées émises est spécifiée dans la CEI 61034.

3.5.13 Emission de gaz toxiques

A l'étude.

3.5.14 Essais combinés de propagation de la flamme et d'émission de fumées pour les câbles destinés à être installés dans les vides de construction

A l'étude.

3.5.6 Sheath pressure test at high temperature

The method of measuring the sheath pressure test is specified in 8.2 of IEC 60811-3-1.

3.5.7 Cold bend test of the cable

The method of measuring the cold bend test performance is specified in 8.2 of IEC 60811-1-4.

3.5.8 Heat shock test

The method of measuring the heat shock test is specified in 9.2 of IEC 60811-3-1.

3.5.9 Flame propagation characteristics of a single cable

The method of measuring the burning performance of a single cable is specified in IEC 60332-1. When this method is not suitable because a small conductor may melt under the application of the flame, the cable shall be tested in accordance with IEC 60332-2.

3.5.10 Flame propagation characteristics of bunched cables

The method of measuring the burning performance of bunched cables is specified in IEC 60332-3.

3.5.11 Halogen gas evolution

The method of measuring the evolution of halogen gas is specified in IEC 60754-1.

3.5.12 Smoke generation

The method of measuring the amount of smoke generated is specified in IEC 61034.

3.5.13 Toxic gas emission

Under consideration.

3.5.14 Combined flame and smoke test for cables in environmental air handling spaces

Under consideration.

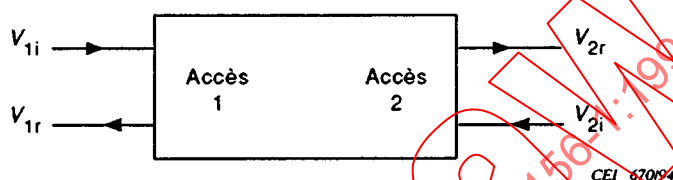
Annexe A (informative)

Calibrage du dispositif de mesure d'impédance par la méthode des paramètres S*

La méthode d'essai utilise les paramètres S et implique que les composants utilisés restent linéaires dans la gamme des fréquences de mesure.

A.1 Théorie

Un quadripôle peut être représenté comme suit:



où

V_{1i} est la racine carrée de la puissance d'entrée à l'accès 1;

V_{2i} est la racine carrée de la puissance d'entrée à l'accès 2;

V_{1r} est la racine carrée de la puissance réfléchie à l'accès 1;

V_{2r} est la racine carrée de la puissance réfléchie à l'accès 2.

On peut écrire les équations suivantes:

$$V_{1r} = S_{11} \times V_{1i} + S_{12} \times V_{2i} \quad (\text{A.1})$$

$$V_{2r} = S_{22} \times V_{2i} + S_{21} \times V_{1i} \quad (\text{A.2})$$

où

S_{11} est défini comme le coefficient de réflexion à l'entrée;

S_{12} est défini comme le coefficient de transmission en sens inverse;

S_{22} est défini comme le coefficient de réflexion à la sortie;

S_{21} est défini comme le coefficient de transmission en sens direct.

* Extrait de «Mesure de l'impédance caractéristique des paires symétriques torsadées, par les paramètres S». R. Benton Hobgood, débats du 32e IWCSS (International Wire and Cable Symposium, 1983).

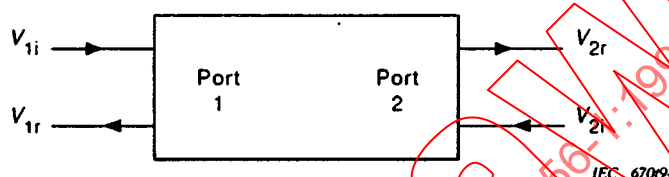
Annex A (informative)

Calibration of the impedance test set-up by means of scattering parameters S*

The test method employs scattering parameters and requires that the test set-up components behave linearly over the measurement frequency range.

A.1 Theory

A two-port network may be represented as follows:



where

V_{1i} is the square root of the power wave entering port 1;

V_{2i} is the square root of the power wave entering port 2;

V_{1r} is the square root of the power wave reflected from port 1;

V_{2r} is the square root of the power wave reflected from port 2.

The following equations may be written:

$$V_{1r} = S_{11} \times V_{1i} + S_{12} \times V_{2i} \quad (\text{A.1})$$

$$V_{2r} = S_{22} \times V_{2i} + S_{21} \times V_{1i} \quad (\text{A.2})$$

where

S_{11} is defined as the input reflection coefficient;

S_{12} is defined as the reverse transmission coefficient;

S_{22} is defined as the output reflection coefficient;

S_{21} is defined as the forward transmission coefficient.

* Derived from "Measurement of the characteristic impedance of balanced twisted pairs using scattering parameters" R. Benton Hobgood, Proceedings of the 32nd International Wire and Cable Symposium (1983).

A.2 Application

L'équipement d'essai (symétriseur compris) est caractérisé par la mesure à chaque fréquence des trois coefficients de réflexion suivants:

- $\zeta(\text{bal-co})$ qui est le coefficient de réflexion mesuré en laissant ouverte la sortie équilibrée du symétriseur;
- $\zeta(\text{bal-cc})$ qui est le coefficient de réflexion mesuré en court-circuitant la sortie équilibrée du symétriseur;
- $\zeta(\text{bal. } Z_b)$ qui est le coefficient de réflexion mesuré en fermant la sortie équilibrée du symétriseur sur son impédance nominale $\pm 1\%$ (Z_b).

A partir de ces coefficients de réflexion, les paramètres S peuvent être calculés comme suit:

$$S_{11} = \zeta(\text{bal. } Z_b) \quad (\text{A.3})$$

$$S_{22} = \frac{2 \times \zeta(\text{bal. } Z_b) - \zeta(\text{bal-cc}) - \zeta(\text{bal-co})}{\zeta(\text{bal-cc}) - \zeta(\text{bal-co})} \quad (\text{A.4})$$

$$S_{12} \times S_{21} = [\zeta(\text{bal. } Z_b) - \zeta(\text{bal-cc})] \times (1 + S_{22}) \quad (\text{A.5})$$

Les équations (A.3), (A.4) et (A.5) caractérisent le montage d'essai à chaque fréquence. Il est alors possible, pour la détermination de l'impédance caractéristique donnée en 3.3.6, de corriger les valeurs des coefficients de réflexion mesurés sur une paire avec l'extrémité ouverte, $\zeta(\text{co})$ et avec l'extrémité en court-circuit $\zeta(\text{cc})$, comme suit:

$$\zeta(\text{circuit-cc}) = \frac{\zeta(\text{cc}) - S_{11}}{S_{22}[\zeta(\text{cc}) - S_{11}] + S_{12} \times S_{21}} \quad (\text{A.6})$$

$$\zeta(\text{circuit-co}) = \frac{\zeta(\text{co}) - S_{11}}{S_{22}[\zeta(\text{co}) - S_{11}] + S_{12} \times S_{21}} \quad (\text{A.7})$$

où

$\zeta(\text{circuit-cc})$ et $\zeta(\text{circuit-co})$ sont les valeurs corrigées des coefficients de réflexion de la paire mesurée

S_{11} , S_{22} et $S_{12} \times S_{21}$ sont les paramètres caractérisant le montage d'essai

Les valeurs corrigées $\zeta(\text{circuit-cc})$ et $\zeta(\text{circuit-co})$ sont alors introduites dans les équations (22) et (23) de 3.3.6 afin de déterminer l'impédance caractéristique Z_c à partir de l'équation (22).

A.2 Application

The test set-up (balun included) is characterized by measuring at each frequency the following three reflection coefficients:

- $\zeta(\text{bal-op})$ which is the reflection coefficient measured leaving the balanced output of the balun open;
- $\zeta(\text{bal.-sh})$ which is the reflection coefficient measured shorting the balanced output of the balun
- $\zeta(\text{bal. } Z_b)$ which is the reflection coefficient measured terminating the balanced output of the balun in its nominal impedance $\pm 1\%$ (Z_b).

From these reflection coefficients the scattering parameters can be calculated as follows:

$$S_{11} = \zeta(\text{bal. } Z_b) \quad (\text{A.3})$$

$$S_{22} = \frac{2 \times \zeta(\text{bal. } Z_b) - \zeta(\text{bal-sh}) - \zeta(\text{bal-op})}{\zeta(\text{bal-sh}) - \zeta(\text{bal-op})} \quad (\text{A.4})$$

$$S_{12} \times S_{21} = [\zeta(\text{bal. } Z_b) - \zeta(\text{bal-sh})] \times (1 + S_{22}) \quad (\text{A.5})$$

The equations (A.3), (A.4) and (A.5) characterize the test set-up at each frequency. It is then possible, in the determination of the characteristic impedance given in 3.3.6, to correct the values of the reflection coefficients measured on a pair with the far end open-circuited, $\zeta(\text{open})$ and with the far end short-circuited, $\zeta(\text{short})$ as follows:

$$\zeta(\text{actual-sh}) = \frac{\zeta(\text{sh}) - S_{11}}{S_{22}[\zeta(\text{sh}) - S_{11}] + S_{12} \times S_{21}} \quad (\text{A.6})$$

$$\zeta(\text{actual-op}) = \frac{\zeta(\text{op}) - S_{11}}{S_{22}[\zeta(\text{op}) - S_{11}] + S_{12} \times S_{21}} \quad (\text{A.6})$$

where

$\zeta(\text{actual-sh})$ and $\zeta(\text{actual-op})$ are the corrected values of the measured pair reflection coefficients;

S_{11} , S_{22} and $S_{12} \times S_{21}$ are the scattering parameters characterizing the test set-up.

The corrected values $\zeta(\text{actual-sh})$ and $\zeta(\text{actual-op})$ are then introduced into equations (22) and (23) in 3.3.6 in order to determine the characteristic impedance, Z_c , from equation (22).