

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications –  
Part 1: Generic specification**

**Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quartes pour transmissions  
numériques –  
Partie 1: Spécification générique**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

### About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

#### IEC publications search - [webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

---

### A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

### A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

#### Recherche de publications IEC -

##### [webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications –  
Part 1: Generic specification**

**Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quartes pour transmissions  
numériques –  
Partie 1: Spécification générique**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 33.120.20

ISBN 978-2-8322-6373-0

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.  
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references .....	7
3 Terms and definitions .....	9
4 Installation considerations .....	14
5 Materials and cable construction .....	15
5.1 General remarks .....	15
5.2 Cable constructions .....	15
5.2.1 General .....	15
5.2.2 Conductor.....	15
5.2.3 Insulation.....	15
5.2.4 Cable element .....	16
5.2.5 Cable make-up .....	16
5.2.6 Screening of the cable core .....	17
5.2.7 Sheath.....	17
5.2.8 Identification.....	17
5.2.9 Finished cable .....	18
6 Characteristics and requirements .....	18
6.1 General remarks – Test configurations.....	18
6.2 Electrical characteristics and tests .....	19
6.2.1 Conductor resistance .....	19
6.2.2 Resistance unbalance.....	19
6.2.3 Dielectric strength.....	20
6.2.4 Insulation resistance.....	20
6.2.5 Mutual capacitance.....	20
6.2.6 Capacitance unbalance to earth.....	20
6.2.7 Transfer impedance .....	21
6.2.8 Coupling attenuation.....	21
6.2.9 Current-carrying capacity.....	21
6.3 Transmission characteristics .....	21
6.3.1 General requirements .....	21
6.3.2 Velocity of propagation (phase velocity).....	22
6.3.3 Phase delay and differential delay (delay skew).....	23
6.3.4 Attenuation .....	23
6.3.5 Unbalance attenuation .....	26
6.3.6 Near-end crosstalk .....	32
6.3.7 Far-end crosstalk.....	34
6.3.8 Alien (exogenous) near-end crosstalk .....	36
6.3.9 Alien (exogenous) far-end crosstalk.....	39
6.3.10 Alien (exogenous) crosstalk of bundled cables .....	39
6.3.11 Impedance.....	40
6.3.12 Return loss .....	42
6.4 Mechanical and dimensional characteristics and requirements.....	43
6.4.1 Measurement of dimensions .....	43
6.4.2 Elongation at break of the conductor.....	43
6.4.3 Tensile strength of the insulation .....	43

6.4.4	Elongation at break of the insulation .....	43
6.4.5	Adhesion of the insulation to the conductor.....	43
6.4.6	Elongation at break of the sheath .....	43
6.4.7	Tensile strength of the sheath.....	43
6.4.8	Crush test of the cable.....	43
6.4.9	Cold Impact test of the cable .....	43
6.4.10	Bending under tension .....	44
6.4.11	Repeated bending of the cable .....	46
6.4.12	Tensile performance of the cable.....	47
6.4.13	Shock test of the cable .....	47
6.4.14	Bump test of the cable .....	47
6.4.15	Vibration test of the cable .....	48
6.5	Environmental characteristics .....	48
6.5.1	Shrinkage of the insulation .....	48
6.5.2	Wrapping test of the insulation after thermal ageing .....	48
6.5.3	Bending test of the insulation at low temperature .....	48
6.5.4	Elongation at break of the sheath after ageing .....	48
6.5.5	Tensile strength of the sheath after ageing .....	48
6.5.6	Sheath pressure test at high temperature .....	48
6.5.7	Cold bend test of the cable .....	48
6.5.8	Heat shock test.....	49
6.5.9	Damp heat, steady state .....	49
6.5.10	Solar radiation .....	49
6.5.11	Solvents and contaminating fluids.....	49
6.5.12	Salt mist and sulphur dioxide .....	49
6.5.13	Water immersion .....	49
6.5.14	Hygroscopicity .....	49
6.5.15	Wicking.....	50
6.5.16	Flame propagation characteristics of a single cable .....	50
6.5.17	Flame propagation characteristics of bunched cables .....	51
6.5.18	Resistance to fire test method .....	51
6.5.19	Halogen gas evolution .....	51
6.5.20	Smoke generation.....	51
6.5.21	Toxic gas emission .....	51
6.5.22	Integrated fire test method for cables in environmental air handling spaces.....	51
Annex A (informative)	Acronyms for common cable constructions.....	52
Bibliography.....		54
Figure 1	– Resistor terminations in balun measurements .....	19
Figure 2	– Test set-up for the measurement of attenuation, velocity of propagation and phase delay .....	24
Figure 3	– Test set-up for the measurement of the differential-mode loss of the baluns.....	28
Figure 4	– Test set-up for the measurement of the common-mode loss of the baluns.....	28
Figure 5	– Test set-up for unbalance attenuation at near end (TCL).....	30
Figure 6	– Test set-up for unbalance attenuation at far end (TCTL) .....	30
Figure 7	– Test set-up for near-end crosstalk.....	32
Figure 8	– Test set-up for far-end crosstalk.....	34

Figure 9 – Test set-up for alien (exogenous) near-end crosstalk ..... 37

Figure 10 – Test assembly cross-section: six cables around one cable ..... 39

Figure 11 – Test assembly layout: six cables around one cable ..... 39

Figure 12 – Test set-up for characteristic impedance, terminated input impedance, and  
return loss ..... 40

Figure 13 – U-bend test configuration ..... 45

Figure 14 – S-bend test configuration ..... 45

Figure 15 – Repeated bending test configuration ..... 46

Figure 16 – Wicking test configuration ..... 50

Figure A.1 – Common cable construction examples ..... 53

Table 1 – Test balun performance characteristics ..... 26

Table A.1 – Cable construction acronyms ..... 52

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 61156-1 has been prepared by subcommittee 46C: Wires and symmetric cables, of IEC technical committee 46: Cables, wires, waveguides, RF connectors, RF and microwave passive components and accessories. It is an International Standard.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2007 and Amendment 1 published in 2009. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) modification of the scope in Clause 1 and updating of normative references documents in Clause 2;
- b) addition of PoE-related definitions in Clause 3;
- c) clarification of differential-mode and common-mode resistors, correction of formulae and addition of IEC 62153-4-9 test method for coupling attenuation in Clause 6;

- d) introduction of balunless measurement method in 6.3.1, modification of equipment requirements of unbalance attenuation in 6.3.5 and updating of balun's performance in Table 1;
- e) deletion of 'three layers of cables on a drum' method in alien (exogenous) near-end crosstalk measurement in 6.3.8 and addition of terminated input impedance in 6.3.11.4.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
46C/1242/FDIS	46C/1249/RVD

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English and French.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

A list of all parts in the IEC 61156 series, published under the general title *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

**IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

# MULTICORE AND SYMMETRICAL PAIR/QUAD CABLES FOR DIGITAL COMMUNICATIONS –

## Part 1: Generic specification

### 1 Scope

This part of IEC 61156 specifies the definitions, requirements and test methods of multicore, symmetrical pair and quad cables.

This document is applicable to communication systems such as local area networks (LANs) and data communication cables. It is also applicable to cables used for industrial applications, customer premises wiring and generic cabling comprising installation cables and cables for work area wiring which are defined in ISO/IEC 11801 (all parts).

The cables covered by this document are intended to operate with voltages and currents normally encountered in communication systems. While these cables are not intended to be used in conjunction with low impedance sources, for example the electric power supplies of public utility mains, they are intended to be used to support the delivery of low voltage remote powering applications including but not restricted to Power over Ethernet as specified in ISO/IEC/IEEE 8802-3. More information on the capacity to support these applications according to the installation practices are given in IEC 61156-1-4, IEC TR 61156-1-6 and ISO/IEC TS 29125.

### 2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60028, *International standard of resistance for copper*

IEC 60068-2-1:2007, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Tests A: Cold*

IEC 60189-1:2018, *Low-frequency cables and wires with PVC insulation and PVC sheath – Part 1: General test and measuring methods*

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

IEC 60332-1-2, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 1-2: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable – Procedure for 1 kW pre-mixed flame*

IEC 60332-2-2, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 2-2: Test for vertical flame propagation for a single small insulated wire or cable – Procedure for diffusion flame*

IEC 60332-3-24, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 3-24: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category C*

IEC 60332-3-25, *Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions – Part 3-25: Test for vertical flame spread of vertically-mounted bunched wires or cables – Category D*

IEC 60708, *Low-frequency cables with polyolefin insulation and moisture barrier polyolefin sheath*

IEC 60754-2, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 2: Determination of acidity (by pH measurement) and conductivity*

IEC 60794-1-21:2015, *Optical fibre cables – Part 1-21: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Mechanical test methods*

IEC 60811-201, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 201: General tests – Measurement of insulation thickness*

IEC 60811-202, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 202: General tests – Measurement of thickness of non-metallic sheath*

IEC 60811-203, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 203: General tests – Measurement of overall dimensions*

IEC 60811-401, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 401: Miscellaneous tests – Thermal ageing methods – Ageing in an air oven*

IEC 60811-501, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 501: Mechanical tests – Tests for determining the mechanical properties of insulating and sheathing compounds*

IEC 60811-502, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 502: Mechanical tests – Shrinkage test for insulations*

IEC 60811-504, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 504: Mechanical tests – Bending tests at low temperature for insulation and sheaths*

IEC 60811-506, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 506: Mechanical tests – Impact test at low temperature for insulations and sheaths*

IEC 60811-508, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 508: Mechanical tests – Pressure test at high temperature for insulation and sheaths*

IEC 60811-509, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 509: Mechanical tests – Test for resistance of insulations and sheaths to cracking (heat shock test)*

IEC 60811-510, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 510: Mechanical tests – Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds – Wrapping test after thermal ageing in air*

IEC 61034 (all parts), *Measurement of smoke density of cables burning under defined conditions*

IEC TR 61156-1-2<sup>1</sup>, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1-2: Electrical transmission characteristics and test methods of symmetrical pair/quad cables*

---

<sup>1</sup> IEC TR 61156-1-2 is due to become a TS in 2023.

IEC TR 61156-1-5, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1-5: Correction procedures for the measurement results of return loss and input impedance*

IEC 61196-1-105, *Coaxial communication cables – Part 1-105: Electrical test methods – Test for withstand voltage of cable dielectric*

IEC 62012-1:2002, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications to be used in harsh environments – Part 1: Generic specification*

IEC 62153-4-3:2013, *Metallic communication cables test methods – Part 4-3: Electromagnetic compatibility (EMC) – Surface transfer impedance – Triaxial method*

IEC 62153-4-5, *Metallic communication cables test methods – Part 4-5: Electromagnetic compatibility (EMC) – Screening or coupling attenuation – Absorbing clamp method*

IEC 62153-4-9, *Metallic communication cable test methods – Part 4-9: Electromagnetic compatibility (EMC) – Coupling attenuation of screened balanced cables, triaxial method*

IEC 62255 (all parts), *Multicore and symmetrical pair/quad cables for broadband digital communications (high bit rate digital access telecommunication networks) – Outside plant cables*

ISO/IEC TS 29125:2017, *Information technology – Telecommunications cabling requirements for remote powering of terminal equipment*

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

#### 3.1

##### **resistance unbalance**

difference in resistance of the conductors within a pair or one side of a quad or between pairs or quads

Note 1 to entry: Resistance unbalance is expressed as a percentage (%).

#### 3.2

##### **mutual capacitance**

electrical charge storage parameter of a pair of conductors (or with respect to the side of a quad)

Note 1 to entry: Mutual capacitance is one of the four primary transmission line parameters: mutual capacitance, mutual inductance, resistance and conductance.

Note 2 to entry: Mutual capacitance is expressed in pF/m..

#### 3.3

##### **capacitance unbalance to earth**

arithmetic difference of the capacitance to earth of the conductors of a pair or one side of a quad

Note 1 to entry: Capacitance unbalance is expressed in pF/m.

### 3.4 screen

continuous conducting layer or assembly of conducting layers having the function of reducing the penetration of an electric, magnetic or electromagnetic field into a given region

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-02-37, modified – "continuous conducting layer or assembly of conducting layers having the function of reducing " has replaced "device intended to reduce "]

### 3.5 balun

device to provide impedance transformation between balanced and unbalanced components

[SOURCE:ISO/IEC 11801-4:2017, 3.1.2]

### 3.6 balunless

virtual balun used instead of the physical transformers, achieved by mathematical algorithm, and calculated from lumped parameters or distributed parameter network

### 3.7 transfer impedance

$Z_T$

quotient of the longitudinal voltage of an electrically short uniform cable, induced in the outer circuit – formed by the screen under test and the measuring jig – and the current fed into the inner circuit – the cable under test itself or vice versa, related to unit length

Note 1 to entry: Transfer impedance is expressed in mΩ/m.

[SOURCE: IEC 62153-4-3:2013, 3.3, modified – "of an electrically short uniform cable" has been added, "outer circuit" has replaced "matched outer circuit", "the cable under test itself" has been added, "related to unit length" has replaced "(see Figure 1)".]

### 3.8 coupling attenuation

$a_c$

for a screened balanced cable, the sum of the effects of the unbalance attenuation  $a_U$  of the symmetric pair and the screening attenuation  $a_s$  of the screen of the cable under test

Note 1 to entry: For electrically long devices, i.e. above the cut-off frequency, the coupling attenuation  $a_c$  is defined as the logarithmic ratio of the feeding power  $P_1$  and the periodic maximum values of the coupled power  $P_{r, \max}$  in the outer circuit.

Note 2 to entry: Coupling attenuation is expressed in dB.

[SOURCE: IEC 62153-4-7:2021, 3.4, modified – "cable" has replaced "device", "sum of the effects" has replaced "sum", Note 2 has been added.]

### 3.9 current carrying capacity

maximum current a cable circuit (one or several conductors) can support resulting in a specified increase of the surface temperature of the conductor beyond the ambient temperature, not exceeding the maximum allowed operating temperature of the cable

**3.10****velocity of propagation**  
**phase velocity**

speed at which a sinusoidal signal propagates on a pair in the cable

Note 1 to entry: Velocity of propagation is expressed in m/s.

**3.11****phase delay**  
**delay**

time duration between the instants that the wave front of a sinusoidal travelling wave, defined by a specified phase, passes two given points in a cable

Note 1 to entry: Phase delay is expressed in s/m.

**3.12****differential phase delay**  
**delay skew**

difference in phase delay between any two pairs in the cable

Note 1 to entry: Differential phase delay (skew) is expressed in s.

**3.13****attenuation**

decrease in magnitude of power of a signal that propagates along a pair of a cable

Note 1 to entry: Attenuation is expressed in dB/m.

**3.14****ambient temperature**

temperature of the room or space surrounding the cable

Note 1 to entry: Ambient temperature is expressed in degree Celsius (°C).

**3.15****operating temperature**

surface temperature of the conductors of a cable

Note 1 to entry: The operating temperature is the sum of the ambient temperature and of the temperature increase due to the carried power.

Note 2 to entry: Operating temperature is expressed in degree Celsius (°C).

**3.16****unbalance attenuation****UA**

logarithmic ratio of the differential mode power to the common mode power in a balanced line, or vice versa

Note 1 to entry: Unbalance attenuation is expressed in dB.

Note 2 to entry: Unbalance attenuation is also often referred to as conversion loss: TCL (transverse conversion loss), TCTL (transverse conversion transfer loss), LCL (longitudinal conversion loss), LCTL (longitudinal conversion transfer loss), EL TCTL (equal level transverse conversion transfer loss) and EL LCTL (equal level longitudinal conversion loss transfer loss).

**3.17****transverse conversion loss****TCL**

logarithmic ratio of the differential-mode circuit power at the near end and the common-mode coupling power measured at the near end

**3.18**  
**equal level transverse conversion transfer loss**  
**EL TCTL**

output-to-output measurement of the logarithmic ratio of the differential-mode circuit power at the near end and the common-mode coupling power measured at the far end

Note 1 to entry: EL TCTL is calculated by the difference between the measured TCTL and the differential-mode insertion loss of the disturbed pair.

**3.19**  
**near-end crosstalk**  
**NEXT**

magnitude of the signal power coupling from a disturbing pair at the near end to a disturbed pair measured at the near end

Note 1 to entry: Near-end crosstalk is expressed in dB.

**3.20**  
**far-end crosstalk**  
**FEXT**

magnitude of the signal power coupling from a disturbing pair at the near end to a disturbed pair measured at the far end

Note 1 to entry: Far-end crosstalk is expressed in dB.

**3.21**  
**power sum of crosstalk**  
**PS**

summation of the crosstalk power from all disturbing pairs into a disturbed pair

Note 1 to entry: The summation is applicable to near-end and far-end crosstalk.

Note 2 to entry: The power sum of crosstalk is expressed in dB.

**3.22**  
**attenuation to crosstalk ratio, far-end**  
**ACR-F**

arithmetic difference between the far-end crosstalk and the attenuation of the disturbed pair

Note 1 to entry: Attenuation to crosstalk ratio, far-end, is expressed in dB.

**3.23**  
**alien (exogenous) near-end crosstalk**  
**ANEXT**

near-end crosstalk where the disturbing and disturbed pairs are contained in different cables

Note 1 to entry: Alien (exogenous) near-end crosstalk is expressed in dB.

**3.24**  
**alien (exogenous) far-end crosstalk**  
**AFEXT**

far-end crosstalk where the disturbing and disturbed pairs are contained in different cables

Note 1 to entry: Alien (exogenous) far-end crosstalk is expressed in dB.

**3.25**  
**alien (exogenous) far-end crosstalk**  
**AACR-F**

far-end crosstalk where the disturbing and disturbed pairs are contained in different cables

Note 1 to entry: Alien (exogenous) far-end crosstalk is expressed in dB.

**3.26****power sum of alien (exogenous) near-end crosstalk  
PS ANEXT**

summation of the near-end alien (exogenous) crosstalk power from all disturbing pairs into a disturbed pair in different cables

Note 1 to entry: The power sum of alien (exogenous) near-end crosstalk is expressed in dB.

**3.27****power sum of alien (exogenous) far-end crosstalk  
PS AACR-F**

summation of the alien (exogenous) far-end crosstalk power from all disturbing pairs into a disturbed pair in different cables

Note 1 to entry: The power sum of far-end alien (exogenous) crosstalk is expressed in dB.

**3.28****characteristic impedance** $Z_C$ 

impedance at the input of a homogeneous line of infinite length

Note 1 to entry: The impedance value is expressed in  $\Omega$ , at relevant frequencies, as the square root of the product of the impedance measured at the near end (input) of a cable pair when the far end is terminated by an open circuit load and then an short circuit load.

Note 2 to entry: The asymptotic value at high frequencies is denoted as  $Z_\infty$ .

Note 3 to entry: The characteristic impedance of a homogeneous cable pair is given by the quotient of a voltage wave and current wave which are propagating in the same direction, either forwards or backwards.

Note 4 to entry: For homogeneous ideal cables, this test method yields a flat smooth curve over the whole frequency range. Real cables with distortions give curves with some roughness.

**3.29****terminated input impedance** $Z_{in}$ 

impedance value, expressed in  $\Omega$ , at relevant frequencies, measured at the near end (input) when the far end is terminated with the system nominal impedance,  $Z_R$

**3.30****fitted characteristic impedance** $Z_m$ 

impedance value, expressed in  $\Omega$ , calculated by applying a least squares function fitting algorithm to the measured characteristic impedance values

**3.31****mean characteristic impedance** $Z_\infty$ 

asymptotic value at which the characteristic impedance approaches at sufficiently high frequencies ( $\approx 100$  MHz) such that the imaginary part (phase angle) is insignificant

Note 1 to entry: Normally measured from the capacitance and time delay.

Note 2 to entry: Applicable for cables with frequency independence of mutual capacitance.

**3.32****return loss****RL**

ratio of reflected power to input power at the input terminals of a cable pair

Note 1 to entry: Return loss is expressed in dB.

**3.33****bundled cable**

grouping or assembly of several individual cables that are systematically laid up

Note 1 to entry: Bundled cables are also referred to as speed-wrap, whip, or loomed cables.

**3.34****remote powering**

supply of power to application specific equipment via balanced cabling

[SOURCE: ISO/IEC TS 29125:2017, 3.1.5]

**3.35****safety extra-low voltage****SELV**

AC voltage the RMS value of which does not exceed 50 V or ripple-free DC voltage the value of which does not exceed 120 V, between conductors, or between any conductor and reference earth, in an electric circuit which has galvanic separation from the supplying electric power system by such means as a separate-winding transformer

Note 1 to entry: Maximum voltage lower than 50 V AC or 120 V ripple-free DC may be specified in particular requirements, especially when direct contact with live parts is allowed.

Note 2 to entry: The voltage limit should not be exceeded at any load between full load and no-load when the source is a safety isolating transformer.

Note 3 to entry: Ripple-free qualifies conventionally an RMS ripple voltage of not more than 10 % of the DC component; the maximum peak value does not exceed 140 V for a nominal 120 V ripple-free DC system and 70 V for a nominal 60 V ripple-free DC system.

**3.36****continuous operating temperature****COT**

maximum temperature which ensures the stability and integrity of the material for the expected life of the equipment, or part, in its intended application

**3.37****hygroscopic**

characteristic of a material to absorb moisture from the atmosphere

**3.38****wicking**

longitudinal flow of a liquid in a material due to capillary action

**4 Installation considerations**

The cables shall be designed to meet the installation conditions encountered for each area as follows.

**a) Equipment cables**

The cables are used between work stations and peripheral equipment (for example, printer).

**b) Work area cables**

The cables are used between the work station and the communication outlets.

**c) Horizontal floor wiring cables**

The cables are used between the work area communication outlet and the communication closet.

**d) Riser cables and building back-bone cables**

The cables are used for horizontal installation or vertically between floors.

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 62255 (all parts).

f) Delivery of power

For cables delivering power using only SELV systems for remote powering, the COT shall be considered.

NOTE The related document is IEC 60364-7-716.

## 5 Materials and cable construction

### 5.1 General remarks

The choice of materials and cable construction shall be suitable for the intended application and installation of the cable. Any special requirements for EMC (electromagnetic compatibility), fire performance, or SELV should be considered.

### 5.2 Cable constructions

#### 5.2.1 General

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

#### 5.2.2 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. The solid conductor shall be drawn in one piece. Joints in the solid conductor are permitted, provided that the breaking strength of a joint is not less than 85 % of the breaking strength 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 A bunched strand is not recommended for insulation displacement connection (IDC) application.

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

Joints in individual strands are permitted provided that the tensile strength of a joint is not less than 85 % of the breaking strength of the unjointed individual strand. Joints in the complete stranded conductor are not permitted unless allowed and specified in the relevant detail specification.

The conductor of the work 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. Joints in the complete element are not permitted.

#### 5.2.3 Insulation

##### 5.2.3.1 General requirements

The conductor insulation is composed of one or more suitable dielectric materials. The insulation may be solid, cellular or composite (for example, foam skin).

The insulation shall be continuous, having a uniform thickness.

The insulation shall be applied to fit closely to the conductor.

The insulated conductors may be identified by colours, additional ring markings or symbols achieved by the use of coloured insulation or by a coloured surface using extrusion, printing or painting. Colours shall be clearly identifiable and shall correspond reasonably with the standard colours shown in IEC 60304.

### **5.2.3.2 Colour code**

The colour code for insulation is given in the relevant detail specification.

## **5.2.4 Cable element**

### **5.2.4.1 General**

The cable element is

- 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 the specified length of lay.

### **5.2.4.2 Screening of the cable element**

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

- a) a metallic tape laminated to a plastic tape;
- b) a metallic 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) a metallic braid;
- d) a metallic tape laminated to a plastic tape and a metallic braid.

Coatings or other methods of protection should be considered in order to prevent galvanic interaction when putting dissimilar metals in contact with each other.

A protective wrapping may be applied either under or over the screen or both.

## **5.2.5 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, non-wicking tape.

NOTE 1 Fillers can be used to maintain a circular formation.

NOTE 2 Forming the element with a variable lay can lead to the infrequent but acceptable occurrence of the maximum lay being longer than the specified length of lay.

### **5.2.6 Screening of the cable core**

The cable core may be covered by a screen being part of the shielding and grounding system of the cabling. The possible design can be

- a) a metallic tape laminated to a plastic tape which may be bonded to the sheath, for example F/UTP structure;
- b) a metallic 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, for example F/UTP structure;
- c) a metallic braid, for example S/UTP structure;
- d) a metallic tape laminated to a plastic tape and a metallic braid, for example SF/UTP structure;
- e) plain copper or aluminium tape, for example F/UTP structure.

An unlaminated metallic tape is also permitted if it can meet the requirements of performance, for example, strength.

Coatings or other methods of protection should be considered in order to prevent galvanic interaction when putting dissimilar metals in contact with each other.

A protective wrapping may be applied either under or over the screen, or both. Typical designs and their denominations are listed in Annex A.

### **5.2.7 Sheath**

The sheath shall be a polymeric material.

The sheath shall be continuous, having a uniform thickness.

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.

The colour of the sheath may be specified in the relevant detail specification.

### **5.2.8 Identification**

#### **5.2.8.1 Cable marking**

Each length of cable shall bear the name of the supplier and the cable type and, when provided, 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, for example maximum voltage, temperature rating, etc., may be provided on the sheath as indicated in the relevant detail specification.

#### **5.2.8.2 Labelling**

The following information shall be provided either on a label attached to each length of the finished cable or on the outside of the product package:

- a) type of cable;
- b) supplier's name or logo;
- c) year of manufacture;

d) length of cable in metres.

### 5.2.9 Finished cable

The finished cable shall have adequate protection for storage and shipment.

## 6 Characteristics and requirements

### 6.1 General remarks – Test configurations

Unless otherwise specified, all the tests shall be performed assuming that the operating temperature is 20 °C. The temperature of the cable shall be stabilized at 20 °C and the test signal shall be low enough to avoid any temperature increase.

NOTE Temperature rise is expected when testing for the cable's application in remote powering installations.

The computed requirements, rounded to one decimal place, shall be used to determine compliance.

Typical test configurations for the test specimen are

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

The configurations a), b) and c) are not necessary for screened cables.

The parameters of mutual capacitance, crosstalk, characteristic impedance 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. Also, box packaging can negatively affect the cable return loss, crosstalk and characteristic impedance with full or partial recovery of cable performance after installation.

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

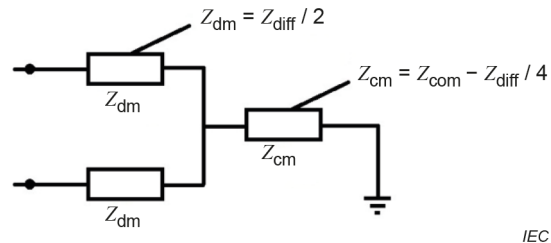
Measurement procedures for alien (exogenous) crosstalk specify the special test configurations for the mounting of the cables.

The differential-mode and common-mode termination resistors should be used to terminate inactive pairs and opposite ends of active pairs for near-end crosstalk and far-end crosstalk testing (see Figure 1). For cables having a nominal impedance ( $Z_{diff}$ ) of 100  $\Omega$ , the common-mode impedance ( $Z_{com}$ ) is:

- about 75  $\Omega$  for up to 25 pair-count unscreened pair cables,
- about 50  $\Omega$  for common screened pair cables and more than 25 pair-count unscreened pair cables,
- about 25  $\Omega$  for individually screened pair cables.

In principle in balun measurements, the test shall be carried out with the condition that differential-mode impedance ( $Z_{diff}$ ) and common mode impedance ( $Z_{com}$ ) of the test specimen are matched by the balun and the vector network analyzer (or equivalent instruments), respectively.

But in practice, as the vector network analyzer (or equivalent instrument) used in the measurement has 50 Ω ports in general and the common mode impedance of the balun is also 50 Ω, the common mode impedance of the termination shall be 50 Ω unless otherwise specified. This is to simplify measurements when the common mode impedance of the test specimen varies from 25 Ω to 75 Ω.



### Key

$Z_{dm}$  is the differential-mode termination resistor (Ω);

$Z_{cm}$  is the common-mode termination resistor (Ω).

$Z_{diff}$  is the differential-mode impedance of cable (Ω);

$Z_{com}$  is the common-mode impedance of cable (Ω).

**Figure 1 – Resistor terminations in balun measurements**

Resistor terminations in balunless measurements can be found in IEC TR 61156-1-2.

## 6.2 Electrical characteristics and tests

### 6.2.1 Conductor resistance

The measurement of the conductor resistance shall be in accordance with IEC 60189-1:2018, 8.1.

NOTE For resistance, general information can be found in IEC TR 61156-1-6.

### 6.2.2 Resistance unbalance

#### 6.2.2.1 General requirement

The measurement of the resistance unbalance and the accuracy of the measurement equipment shall be in accordance with IEC 60708.

NOTE For resistance unbalance, general information can be found in IEC TR 61156-1-6.

#### 6.2.2.2 Resistance unbalance within a pair

The resistance unbalance between conductors of a pair or on the same side of a quad is given by

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

where

$\Delta R$  is the conductor resistance unbalance (%);

$R_{\max}$  is the resistance for the conductor with the highest resistance value (Ω);

$R_{\min}$  is the resistance for the conductor with the lowest resistance value ( $\Omega$ ).

### 6.2.2.3 Resistance unbalance between pairs

The resistance unbalance between pairs or sides of quads is given by

$$\Delta RP_{i,k} = \frac{\left| R_{\max i} \times R_{\min i} (R_{\max k} + R_{\min k}) - R_{\max k} \times R_{\min k} (R_{\max i} + R_{\min i}) \right|}{R_{\max i} \times R_{\min i} (R_{\max k} + R_{\min k}) + R_{\max k} \times R_{\min k} (R_{\max i} + R_{\min i})} \times 100\% \quad (2)$$

where

$\Delta RP_{i,k}$  is the resistance unbalance between pair  $i$  and pair  $k$  (%);

$R_{\max}$  is the resistance of the wire with the highest resistance of a pair ( $\Omega$ );

$R_{\min}$  is the resistance of the wire with the lowest resistance of a pair ( $\Omega$ );

$i, k \ i \neq k$  where  $i = 1$  to  $n$  and  $k = 1$  to  $n$  for  $n =$  number of pairs.

### 6.2.3 Dielectric strength

This measurement shall be carried out before the measurement of insulation resistance described in 6.2.4.

The measurement of dielectric strength shall be in accordance with IEC 61196-1-105 for conductor/conductor, conductor/screen (if present) and screen/screen (if present).

NOTE This test is important to ensure safety is not contravened in remote powering installations.

### 6.2.4 Insulation resistance

This measurement shall be carried out after the dielectric strength test described in 6.2.3.

The measurement of insulation resistance between conductor/conductor, conductor/ screen and screen/screen shall be in accordance with IEC 60189-1:2018, 8.3. The test voltage shall be between 100 V and 500 V DC unless otherwise specified in the detail specification.

### 6.2.5 Mutual capacitance

The measurement of the mutual capacitance of pairs in a multipair or quad cable shall be in accordance with IEC 60189-1:2018, 8.4.

### 6.2.6 Capacitance unbalance to earth

The measurement of the capacitance unbalance in a multipair or quad cable shall be in accordance with IEC 60189-1:2018, 8.5.

The capacitance unbalance to earth of a pair or one side of a quad is given by

$$\Delta C_e = C_1 - C_2 \quad (3)$$

where

$\Delta C_e$  is the pair-to-earth capacitance unbalance (pF/km);

$C_1$  is the capacitance between conductor "a" and conductor "b", with conductor "b" connected to all other conductors, to the screen (if present) and to earth (pF/km);

$C_2$  is the capacitance between conductor "b" and conductor "a", with conductor "a" connected to all other conductors, to the screen (if present) and to earth (pF/km).

The test result of the capacitance unbalance to earth shall be corrected:

– for pair-to-earth and side-to-earth by

$$\Delta C_e = C_{\text{meas}} \times \frac{1000}{L} \quad (4)$$

where

$\Delta C_e$  is the capacitance unbalance to earth (pF/km);

$C_{\text{meas}}$  is the measured capacitance (pF/km);

$L$  is the length of cable under test (m).

If required, the test result of capacitance unbalance for pair-to-pair and side-to-side shall be specified in the detailed specification.

### 6.2.7 Transfer impedance

The measurement of the transfer impedance shall be in accordance with IEC 62153-4-3. All of the screens shall be connected together at the ends of the test specimen. The transfer impedance shall be measured over the frequency range indicated in the relevant sectional specification.

### 6.2.8 Coupling attenuation

The test method of the coupling attenuation shall be in accordance with IEC 62153-4-5 or IEC 62153-4-9. All of the screens shall be connected together at the ends of the test specimen. The coupling attenuation of all pairs within the specimen shall be measured over the frequency range indicated in the relevant sectional specification.

IEC 62153-4-9 shall be the referee test method to resolve doubts or dispute.

### 6.2.9 Current-carrying capacity

If required, the test method for current carrying capacity is described in IEC 61156-1-4. As the current carrying capacity is significantly determined by the installation conditions, general guidance of ISO/IEC TS 29125 should be considered.

NOTE The minimum conductor size (maximum resistance) will be used in the calculation of each cable being considered for its maximum current carrying capacity as batch deliveries can vary.

## 6.3 Transmission characteristics

### 6.3.1 General requirements

Transmission measurements are in the balanced mode with measuring equipment (network analyzer or signal generator and receiver) and baluns to connect the cable to the equipment. The baluns shall be selected to match the test equipment to the cable nominal impedance and shall have the relevant performance characteristics given in Table 1.

All the tests shall be carried out over the whole specified frequency range and at the same frequency points of the calibration procedure. A full two-port calibration shall be done to get the best accuracy, and the length of the cable for a through calibration should be as short as possible.

All the tests shall be carried out in both directions or at both ends.

An alternative to balun measurement method is the balunless measurement method which is specified in IEC TR 61156-1-2. For frequencies higher than 1 GHz, the balunless measurement method is recommended.

The length of cable under test shall be 100 m, unless otherwise specified.

### 6.3.2 Velocity of propagation (phase velocity)

The velocity of propagation shall be determined by radian frequency and phase constant.

The test equipment schematic is given in Figure 2.

The velocity of propagation is given by

$$v_{(f)} = \frac{\omega_{(f)}}{\beta_{(f)}} = \frac{2\pi f}{\beta_{(f)}} \quad (5)$$

where

- $f$  is the frequency (Hz);
- $v_{(f)}$  is the phase velocity at frequency  $f$  (m/s);
- $\beta_{(f)}$  is the phase constant (rad/m);
- $\omega_{(f)}$  is the radian frequency.

In the high frequency, the cable's propagation velocity is approximately constant, so the phase velocity may be assessed by the group velocity for an easier measurement. When signals with multiple frequency components propagate along a cable, if these frequencies are very close and their differences are much smaller than the central frequency, the group velocity is determined from Formula (6).  $\Delta f$  is the frequency interval, for which the phase of the output signal makes a  $2\pi$  radians rotation in comparison with the input signal.

$$v_{(G)} = L \times \Delta f \quad (6)$$

where

- $v_{(G)}$  is the group velocity (m/s);
- $L$  is the length of the cable under test (m);
- $\Delta f$  is the frequency interval (Hz).

In order to evaluate  $\Delta f$  with sufficient accuracy, the frequency difference  $\Delta f'$  for  $n$  rotations of  $2\pi$  radians can be measured as

$$\Delta f = \Delta f' / n \quad (7)$$

where

- $\Delta f$  is the frequency interval (Hz);
- $\Delta f'$  is the frequency difference for  $n$  rotations (Hz);
- $n$  is the number of rotations  $\leq 10$ .

Detailed information of phase velocity and group velocity can be found in IEC TR 61156-1-2.

### 6.3.3 Phase delay and differential delay (delay skew)

The phase delay is determined from the phase velocity:

$$\tau_p = \frac{L}{v_p} \quad (8)$$

where

- $\tau_p$  is the phase delay (s);
- $v_p$  is the phase velocity (m/s);
- $L$  is the cable length under test (m).

The differential phase delay (delay skew) is determined from

$$\Delta\tau_p = L \times \left| \frac{1}{v_{p,1}} - \frac{1}{v_{p,2}} \right| \quad (9)$$

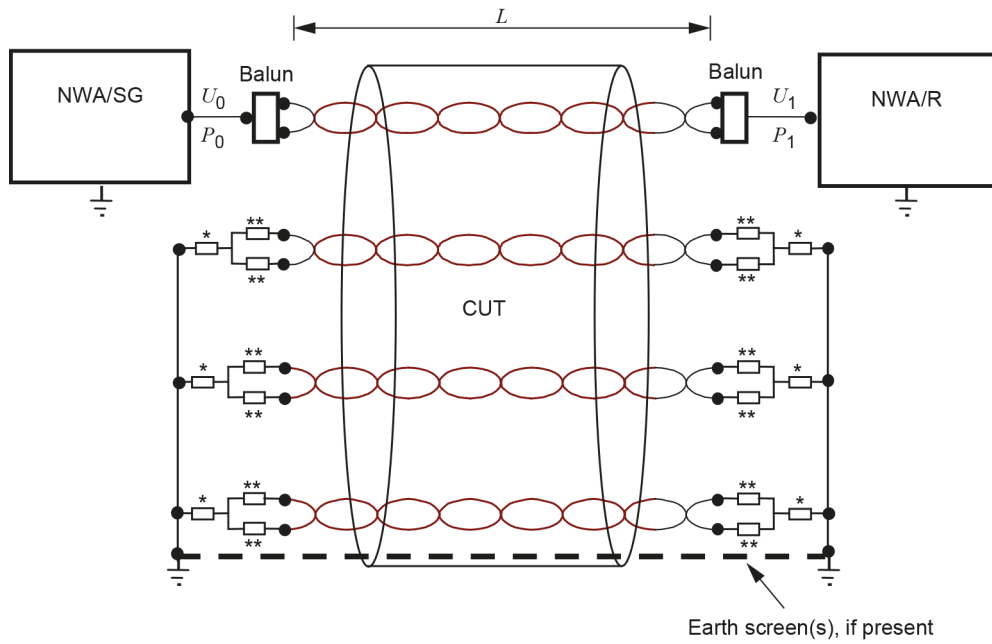
where

- $\Delta\tau_p$  is the differential phase delay (delay skew) (s);
- $v_{p,1}$  is the phase velocity of one pair (m/s);
- $v_{p,2}$  is the phase velocity of another pair (m/s).

### 6.3.4 Attenuation

#### 6.3.4.1 Attenuation at 20 °C operating temperature

The measurement shall be over the frequency range indicated in the relevant sectional specification. The test schematic is given in Figure 2.



IEC

**Key**

- CUT cable under test
- NWA/SG network analyzer port or signal generator
- NWA/R network analyzer port or receiver
- \* common-mode termination resistor
- \*\* differential-mode termination resistor (matched in pairs)
- L* length of cable under test (m)
- $U_0$  voltage at network analyzer port or signal generator (V)
- $U_1$  voltage at network analyzer port or receiver (V)
- $P_0$  power at network analyzer port or signal generator (W)
- $P_1$  power at network analyzer port or receiver (W)

**Figure 2 – Test set-up for the measurement of attenuation, velocity of propagation and phase delay**

The measurements are made at ambient temperature, and attenuation for 100 m length of cable is given by Formula (10).

$$\alpha = \left| \frac{100}{L} \right| \times 10 \lg \left| \frac{P_0}{P_1} \right| \tag{10}$$

where

$\alpha$  is the attenuation in 100 m (dB/100 m) and is corrected to 20 °C as follows.

$$\alpha_{20} = \frac{\alpha}{1 + \delta_{\text{cable}} \times (T - 20)} \tag{11}$$

where

$\alpha_{20}$  is the attenuation corrected to 20 °C (dB/100 m);

$\delta_{\text{cable}}$  is the attenuation temperature coefficient (%/°C);

$T$  is the ambient temperature (°C).

Attenuation temperature coefficient values are given in the relevant sectional specification.

### 6.3.4.2 Attenuation at elevated ambient temperatures

#### 6.3.4.2.1 Test chamber

The test chamber shall be either an air-circulating oven or an environmental chamber. The test chamber shall be capable of maintaining the required test temperature,  $\pm 2$  °C, for the duration of the test. The chamber dimensions shall be adequate to contain the sample and fixtures as required to support the sample. The chamber shall be provided with access ports for connecting the sample to the test equipment. The maximum length of the cable ends extending out of the test chamber shall be 1 m.

#### 6.3.4.2.2 Sample preparation and test configuration

The sample may be loosely coiled with a minimum diameter of 18 cm and placed in the chamber. In this configuration the wraps of the coil may be in close proximity and inter-winding coupling may appear in the test results for unscreened cable.

Alternatively, the sample may be wound on a non-metallic drum with adjacent wraps separated by a minimum of 2,5 cm which will eliminate inter-winding coupling for unscreened cable.

#### 6.3.4.2.3 Test procedure

The attenuation of the sample shall be measured at ambient temperature in accordance with 6.3.4.1 after conditioning in the chamber for at least 4 h.

The temperature in the chamber shall be maintained at the required temperature, and the attenuation of the sample shall be measured again after a time duration of between 4 h and 24 h. The test signal shall be low enough to avoid any temperature increase.

A mathematical smoothing algorithm that can be applied to the measured attenuation data to correct for inter-winding coupling is given by the following:

$$\alpha_{\text{sm}} = a \times \sqrt{f} + b \times f + c / \sqrt{f} + d \quad (12)$$

where

$\alpha_{\text{sm}}$  is the smoothed attenuation data (dB/100 m);

$a, b, c, d$  are the regression coefficients;

$f$  is the frequency (Hz).

**6.3.4.3 Attenuation temperature coefficient**

The attenuation temperature coefficient is given by Formula (13).

$$\delta_{\text{cable}} = \frac{\alpha_{T2} - \alpha_{T1}}{\alpha_{T1} \times (T_2 - T_1)} \times 100\% \tag{13}$$

where

$\delta_{\text{cable}}$  is the attenuation temperature coefficient (%/°C);

$\alpha_{T1}$  is the attenuation at temperature  $T_1$  (dB/100 m);

$\alpha_{T2}$  is the attenuation at temperature  $T_2$  (dB/100 m);

$T_1$  is the reference or ambient temperature (°C);

$T_2$  is the elevated temperature (°C).

NOTE The calculation according to Formula (13) is applicable to both the measured and the smoothed attenuation data.

**6.3.5 Unbalance attenuation**

**6.3.5.1 Equipment**

- a) A defined return (common-mode) path shall be created for unbalanced attenuation measurement. This is normally achieved by earthing all other pairs and screen(s) if present in common to the balun earth. The pairs shall be terminated with differential-mode and common-mode terminations and earthed at near and far ends. However, the cable under test may be wound onto an earthed metal drum. The drum surface may have a suitable groove, wide enough to contain the cable and shall be adequate to hold 100 m of cable in one layer.
- b) Both the balun method and the balunless method are permitted, in order to do a measure for unbalance attenuation. For the balun measurement method, the baluns shall have a common-mode port and the characteristics given in Table 1. For the balunless measurement method, the equipment shall comply with IEC TR 61156-1-2.
- c) A vector network analyzer or generator and receiver combination suitable for the required frequency and dynamic range can be used.
- d) A time domain reflectometer or a VNA having a time domain analysis function by using inverse discrete Fourier transformation can be used as optional equipment.

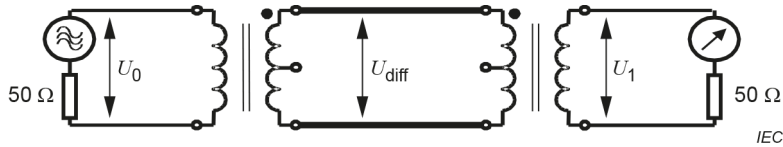
**Table 1 – Test balun performance characteristics**

Parameter	Class A-500 1 MHz to 500 MHz	Class A-1 000 1 MHz to 1 000 MHz	Class A-2 000 1 MHz to 2 000 MHz
Impedance, primary <sup>a</sup>	50 Ω unbalanced	50 Ω unbalanced	50 Ω unbalanced
Impedance, secondary	Matched balanced <sup>d</sup>	Matched balanced <sup>d</sup>	Matched balanced <sup>d</sup>
Insertion loss, maximum	2,0 dB	3,0 dB	4,5 dB
Return loss, secondary, minimum	12 dB min., 1 MHz to 15 MHz 20 dB min., 15 MHz to 500 MHz	12 dB, 4 MHz to 15 MHz 20 dB, 15 MHz to 550 MHz 17,5 dB, 550 MHz to 600 MHz 10 dB, 600 MHz to 1 000 MHz	8 dB, 1 MHz to 3 MHz 12 dB, 3 MHz to 15 MHz 20 dB, 15 MHz to 1 000 MHz 18 dB, 1 000 MHz to 2 000 MHz

Parameter	Class A-500 1 MHz to 500 MHz	Class A-1 000 1 MHz to 1 000 MHz	Class A-2 000 1 MHz to 2 000 MHz
Return loss, common mode <sup>b</sup> , minimum	15 dB min., 1 MHz to 15 MHz 20 dB min., 15 MHz to 400 MHz 15 dB min., 400 MHz to 500 MHz	15 dB, 4 MHz to 15 MHz 20 dB, 15 MHz to 400 MHz 15 dB, 400 MHz to 600 MHz 10 dB, 600 MHz to 1 000 MHz	6 dB, 1 MHz to 3 MHz 10 dB, 3 MHz to 500 MHz ffs., 500 MHz to 2 000 MHz
Power rating	0,1 W min.	0,1 W	0,1 W min.
Longitudinal balance <sup>c</sup> , minimum	60 dB min., 1 MHz to 100 MHz 50 dB min., 100 MHz to 500 MHz	60 dB, 4 MHz to 350 MHz 50 dB, 350 MHz to 600 MHz 40 dB, 600 MHz to 1 000 MHz	60 dB, 1 MHz to 100 MHz 50 dB, 100 MHz to 500 MHz 42 dB, 500 MHz to 1 000 MHz 34 dB, 1 000 MHz to 2 000 MHz
Output signal balance <sup>c</sup> , minimum	50 dB, minimum	60 dB, 4 MHz to 350 MHz 50 dB, 350 MHz to 600 MHz 40 dB, 600 MHz to 1 000 MHz	Under consideration
Common-mode rejection <sup>c</sup> , minimum	50 dB	50 dB, 4 MHz to 600 MHz 40 dB, 600 MHz to 1 000 MHz	50 dB, 1 MHz to 500 MHz 42 dB, 500 MHz to 1 000 MHz 34 dB, 1 000 MHz to 2 000 MHz
<p>Special guidelines for the use of baluns</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) For tests up to 500 MHz, class A-500 baluns should be used.</li> <li>2) For tests up to 1 000 MHz, class A-1000 baluns should be used.</li> <li>3) For tests up to 2 000 MHz, the balunless test method is preferred. See IEC TR 61156-1-2 for detailed information on the balunless test method.</li> <li>4) Common mode port of baluns are optional in 6.3 except for unbalance attenuation measurement.</li> </ol> <p><sup>a</sup> Primary impedance may differ, if necessary, to accommodate analyzer outputs other than 50 Ω.</p> <p><sup>b</sup> Measured by connecting the balanced output terminals together and measuring the return loss. The unbalanced balun input terminal shall be terminated by a 50 Ω load.</p> <p><sup>c</sup> Measured according to ITU T Recommendation G.117 and ITU-T Recommendation O.9.</p> <p><sup>d</sup> For 120 Ω cables, 120 Ω baluns will be used only in cases where it is requested by the user. Usually 100 Ω baluns will be used.</p>			

### 6.3.5.2 Balun calibration

- a) The reference line calibration (0 dB line) shall be determined by connecting coaxial cables between the analyzer input and output. The same coaxial cables shall also be used for the balun loss measurements. The calibration shall be established over the whole frequency range specified in the relevant cable specification. This calibration method is valid for closely matched baluns that satisfy the characteristics of Table 1.
- b) Figure 3 gives the schematic for the measurement of the differential-mode loss of the baluns. Two baluns are connected back to back on the symmetrical output side and their attenuation measured over the specified frequency range. The connection between the two baluns shall be made with negligible loss.



**Key**

$U_0$  voltage at network analyzer port or signal generator (V);

$U_1$  voltage at network analyzer port or receiver (V);

$U_{diff}$  voltage at symmetrical port of baluns (V).

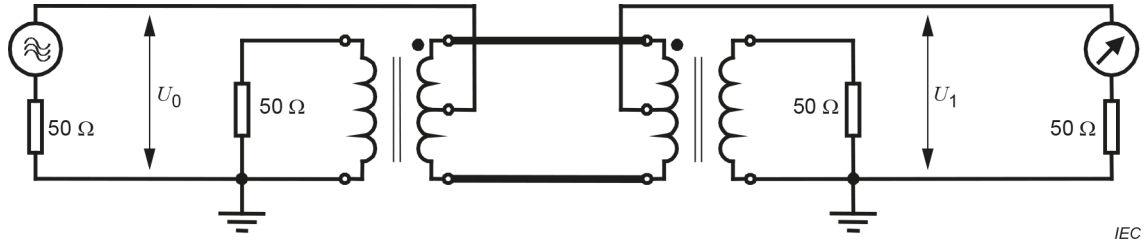
**Figure 3 – Test set-up for the measurement of the differential-mode loss of the baluns**

The differential-mode loss of the single balun is given by

$$\alpha_{diff} = 0,5 \times \left( 20 \lg \left| \frac{U_0}{U_1} \right| \right) = - 0,5 \times (20 \lg |S_{21}|) \quad (14)$$

where  $\alpha_{diff}$  is the differential-mode loss of the single balun (dB).

- c) Figure 4 gives the schematic for the measurement of the common-mode loss of the baluns. The baluns used in b) are connected together; the unbalanced balun ports are terminated with the nominal test equipment impedance, and the test equipment is connected to the common-mode port (centre tap) of the baluns.



**Key**

$U_0$  voltage at network analyzer port or signal generator (V);

$U_1$  voltage at network analyzer port or receiver (V).

**Figure 4 – Test set-up for the measurement of the common-mode loss of the baluns**

The common-mode loss of the single balun is given by

$$\alpha_{com} = 0,5 \times \left( 20 \lg \left| \frac{U_0}{U_1} \right| \right) = - 0,5 \times (20 \lg |S_{21}|) \quad (15)$$

where  $\alpha_{com}$  is the common-mode loss of the single balun (dB).

- d) The operational attenuation of the balun  $\alpha_{\text{balun}}$  takes into account the common-mode and differential-mode losses of the balun:

$$\alpha_{\text{balun}} = \alpha_{\text{diff}} + \alpha_{\text{com}} \quad (16)$$

where  $\alpha_{\text{balun}}$  is the operational attenuation or intrinsic loss of the balun (dB).

NOTE More precise results can be obtained using either poling of the baluns for  $\alpha_{\text{diff}}$  and  $\alpha_{\text{com}}$  and averaging the results or using three baluns. In the latter case, the assumption of identical baluns is not required.

- e) The voltage ratio of the balun can be expressed by the turns ratio of the balun and the operational attenuation of the balun:

$$\begin{aligned} 20\lg \left| \frac{U_{\text{diff}}}{U_0} \right| &= 10\lg \left| \frac{Z_{\text{diff}}}{Z_0} \right| - \alpha_{\text{balun}} \\ 20\lg \left| \frac{U_{\text{diff}}}{U_1} \right| &= 10\lg \left| \frac{Z_{\text{diff}}}{Z_1} \right| - \alpha_{\text{balun}} \end{aligned} \quad (17)$$

where

$U_{\text{diff}}$  is the differential-mode voltage at the input of the cable under test (V);

$U_0$  is the voltage at the network analyzer port or signal generator (V);

$U_1$  is the voltage at the input of the load (V);

$Z_{\text{diff}}$  is the characteristic impedance of the differential-mode circuit ( $\Omega$ );

$Z_0$  is the output impedance of the network analyzer or signal generator ( $\Omega$ );

$Z_1$  is the input impedance of the load ( $\Omega$ ).

### 6.3.5.3 Measurements

#### 6.3.5.3.1 Sample preparation

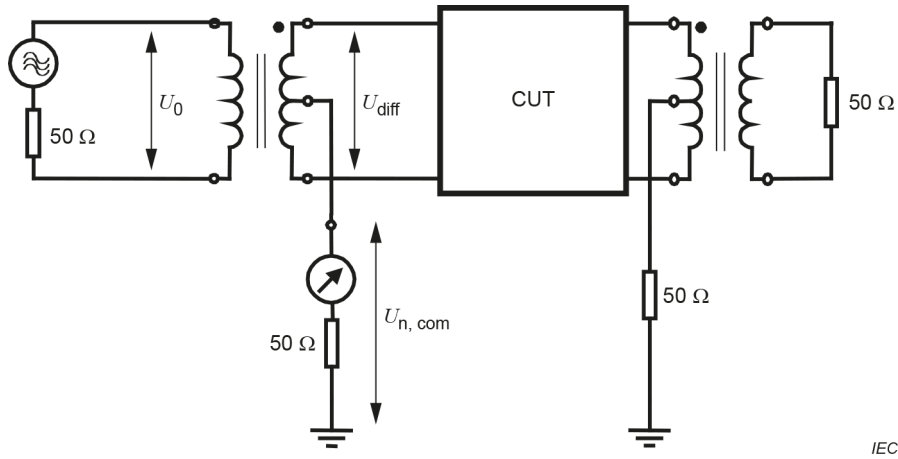
The ends of the CUT shall be prepared so that the twisting of the pairs/quads is maintained up to the terminals of the test equipment. If not otherwise specified, the CUT shall have a length of  $100 \text{ m} \pm 1 \text{ m}$ . All pairs not under test shall be connected to earth through differential-mode and common-mode terminations at the near and far end.

The impedance of the common-mode circuit  $Z_{\text{com}}$  can be measured more precisely either with a time domain reflectometer (TDR) or a network analyzer. The two conductors of the pair are connected together at both ends and the impedance is measured between these conductors and the return path.

If not otherwise specified, the common-mode terminations should be  $50 \Omega$ . The screens, if any, shall be connected to earth at both ends of the cable.

#### 6.3.5.3.2 Test set-up for unbalance measurements

Figure 5 gives a schematic of the measurement for unbalance attenuation at the near end.



**Figure 5 – Test set-up for unbalance attenuation at near end (TCL)**

$$\alpha_{\text{meas}} = 20 \lg \left| \frac{U_0}{U_{n,\text{com}}} \right| = -20 \lg |S_{21}| \quad (18)$$

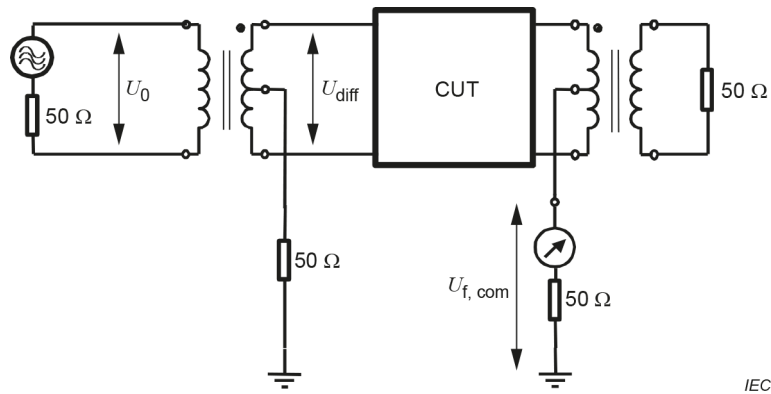
where

$\alpha_{\text{meas}}$  is the measured attenuation (dB);

$U_{n,\text{com}}$  is the voltage in the common-mode circuit at the near end balun (V);

$U_0$  is the voltage in the primary (unbalanced) circuit at the near end balun (V).

Figure 6 gives a schematic of the measurement for unbalance attenuation at the far end.



**Figure 6 – Test set-up for unbalance attenuation at far end (TCTL)**

$$\alpha_{\text{meas}} = 20 \lg \left| \frac{U_0}{U_{f,\text{com}}} \right| \quad (19)$$

where

$\alpha_{\text{meas}}$  is the measured attenuation (dB);

$U_{f,\text{com}}$  is the voltage in the common-mode circuit at the far end balun (V);

$U_0$  is the voltage in the primary (unbalanced) circuit at the near end balun (V).

### 6.3.5.3.3 Expression of test result

The unbalance attenuation is defined as the logarithmic ratio of the common-mode power to the differential-mode power.

$$\alpha_{u,n} = 10 \lg \left| \frac{P_{\text{diff}}}{P_{n,\text{com}}}\right| = 20 \lg \left| \frac{U_{\text{diff}}}{U_{n,\text{com}}}\right| + 10 \lg \left| \frac{Z_{\text{com}}}{Z_{\text{diff}}}\right| \quad (20)$$

where

$\alpha_u$  is the unbalance attenuation (dB);

$P_{\text{com}}$  is the matched common-mode power (W);

$P_{\text{diff}}$  is the matched differential-mode power (W);

n, f are the near end and far end, respectively;

$Z_{\text{diff}}$  is the characteristic impedance of the differential-mode circuit ( $\Omega$ );

$Z_{\text{com}}$  is the characteristic impedance of the common-mode circuit ( $\Omega$ ).

When measuring with S-parameter test-sets, the output voltage of the generator is measured instead of the differential-mode voltage in the cable under test. Taking the operational attenuation of the balun into account, the formula for the unbalance attenuation near or far end is:

$$\begin{aligned} \alpha_{u,n} &= 10 \lg \left| \frac{P_{\text{diff}}}{P_{n,\text{com}}}\right| = \\ &10 \lg \left| \frac{P_0}{P_{n,\text{com}}}\right| - \alpha_{\text{balun}} = \\ &\alpha_{\text{meas}} + 10 \lg \left| \frac{Z_0}{Z_{\text{com}}}\right| - \alpha_{\text{balun}} = \\ &-20 \lg |S_{21}| + 10 \lg \left| \frac{Z_0}{Z_{\text{com}}}\right| - \alpha_{\text{balun}} \end{aligned} \quad (21)$$

The equal level unbalance attenuation at the far end is then

$$\begin{aligned} EL \alpha_{u,f} &= \alpha_{\text{meas}} + 10 \lg \left| \frac{Z_0}{Z_{\text{com}}}\right| - \alpha_{\text{balun}} - \alpha_{\text{cable}} = \\ &-20 \lg |S_{21}| + 10 \lg \left| \frac{Z_0}{Z_{\text{com}}}\right| - \alpha_{\text{balun}} - \alpha_{\text{cable}} \end{aligned} \quad (22)$$

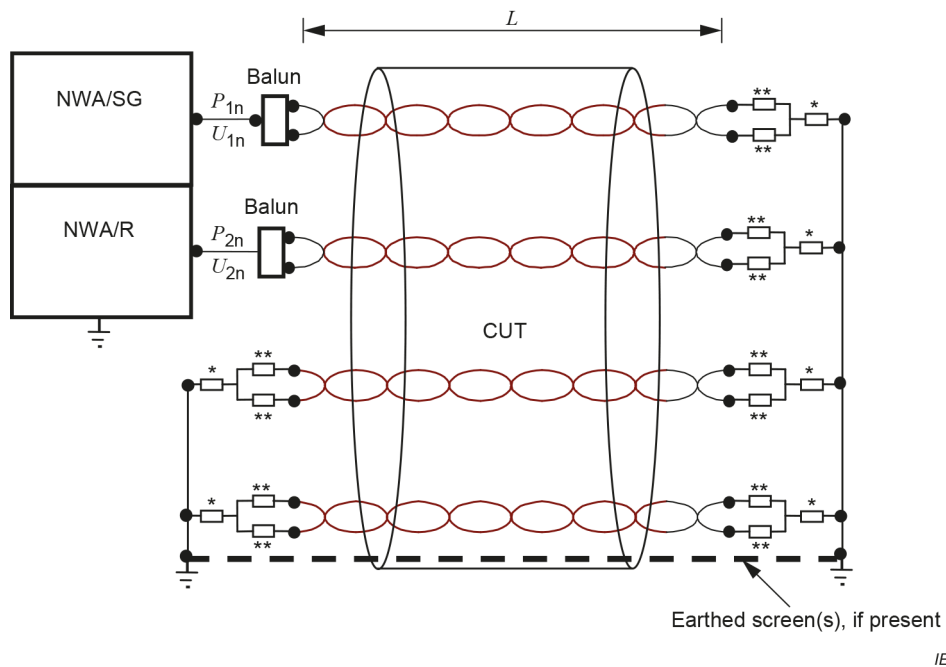
where

- $EL \alpha_{u,f}$  is the equal level unbalance attenuation at the far end (EL TCTL) (dB);
- $\alpha_{cable}$  is the attenuation of the pair under test (dB);
- $Z_0$  is the output impedance of the network analyzer or signal generator ( $\Omega$ );
- $Z_{com}$  is the operational impedance of the common-mode circuit, 50  $\Omega$ .

### 6.3.6 Near-end crosstalk

Figure 7 gives the schematic for the measurement of near-end crosstalk. The near-end crosstalk shall be measured using a network analyzer or equivalent measuring equipment over the frequency range indicated in the relevant sectional specification. One end of the pairs under test shall be connected to baluns, the other end shall be connected to earth through appropriate common-mode (see 6.1) and differential-mode terminations.

All pairs not under test shall be connected to earth through appropriate common-mode (see 6.1) and differential-mode terminations at the near and far end. The screens, if any, shall be connected to earth at both ends of the cable. End effect couplings shall be minimized. When the cable sheath is removed, the pairs shall maintain their twist and shall be well separated.



<b>Key</b>	
CUT	cable under test
NWA/SG	network analyzer port or signal generator
NWA/R	network analyzer port or receiver
*	common-mode termination resistor (see 6.1)
**	differential-mode termination resistor (matched in pairs)
$L$	length of cable under test (m)

**Figure 7 – Test set-up for near-end crosstalk**

Near-end crosstalk loss NEXT is given by

$$\begin{aligned} NEXT &= 10 \lg \left| \frac{P_{1n}}{P_{2n}} \right| = \\ &= 20 \lg \left| \frac{U_{1n}}{U_{2n}} \right| + 10 \lg \left| \frac{Z_2}{Z_1} \right| - 20 \lg |S_{21}| + 10 \lg \left| \frac{Z_2}{Z_1} \right| \end{aligned} \quad (23)$$

where

- $NEXT$  is the near-end crosstalk (dB);
- $P_{1n}$  is the input power of the disturbing pair at the near end (W);
- $P_{2n}$  is the output power of the disturbed pair at the near end (W);
- $U_{1n}$  is the input voltage of the disturbing pair at the near end (V);
- $U_{2n}$  is the output voltage of the disturbed pair at the near end (V);
- $Z_1$  is the characteristic impedance of the disturbing pair ( $\Omega$ );
- $Z_2$  is the characteristic impedance of the disturbed pair ( $\Omega$ ).

Measurements shall be 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:

$$NEXT_{100} = NEXT - 10 \lg \left[ \frac{\left( 1 - 10^{-\left(\frac{\alpha}{5}\right) \times \left(\frac{100}{L}\right)} \right)}{\left( 1 - 10^{-\left(\frac{\alpha}{5}\right)} \right)} \right] \quad (24)$$

where

- $NEXT_{100}$  is the near-end crosstalk corrected to a length of 100 m (dB);
- $NEXT$  is the near-end crosstalk on the measured cable length (dB);
- $\alpha$  is the attenuation of the measured cable length (dB).

The power sum near-end crosstalk PS NEXT is calculated from

$$PS \ NEXT_j = -10 \lg \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^m \left( 10^{\frac{-NEXT_{i,j}}{10}} \right) \quad (25)$$

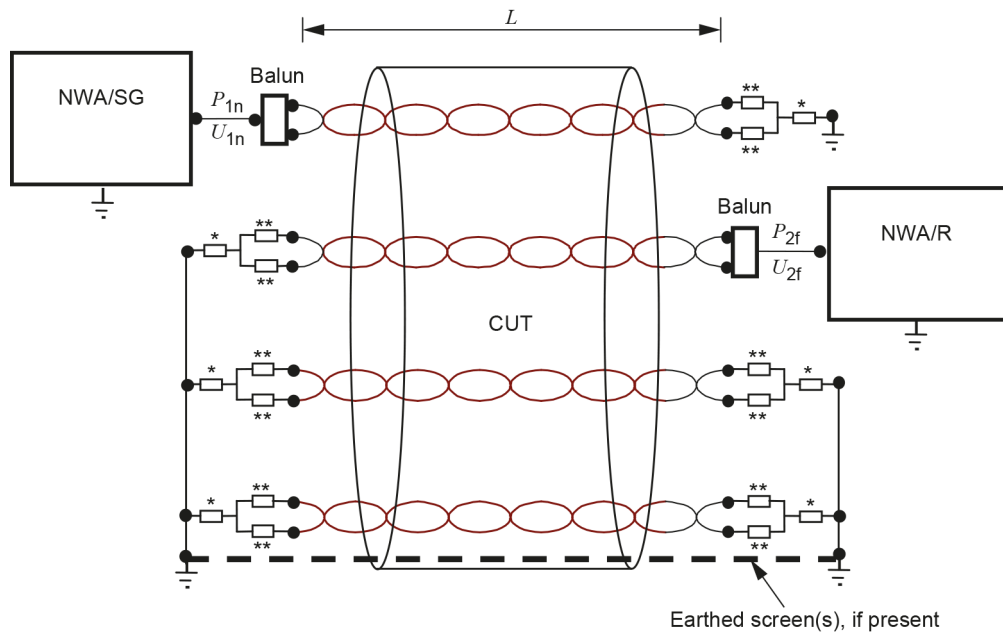
where

- $PS \ NEXT_j$  is the power sum of the pair  $j$  (dB);
- $NEXT_{i,j}$  is the crosstalk coupled from the pairs  $i$  into the pair  $j$  (dB);
- $m$  is the number of pairs contained within the cable.

**6.3.7 Far-end crosstalk**

Figure 8 gives the schematic for the measurement of far-end crosstalk. The far-end crosstalk shall be measured using a network analyzer or equivalent measuring equipment over the frequency range indicated in the relevant sectional specification. One end of the pairs under test shall be connected to baluns, the other end shall be connected to earth through appropriate common-mode (see 6.1) and differential-mode terminations.

All pairs not under test shall be connected to earth through appropriate common-mode (see 6.1) and differential-mode terminations at the near and far end. The screens, if any, shall be connected to earth at both ends of the cable. End effect couplings shall be minimized. When the cable sheath is removed, the pairs shall maintain their twist and shall be well separated.



IEC

**Key**

- CUT cable under test
- NWA/SG network analyzer port or signal generator
- NWA/R network analyzer port or receiver
- \* common-mode termination resistor (see 6.1)
- \*\* differential-mode termination resistor (matched in pairs)
- $L$  length of cable under test (in m)

**Figure 8 – Test set-up for far-end crosstalk**

The measurement shall be carried on a length of at least 100 m.

Far-end crosstalk is given by

$$\begin{aligned}
 FEXT &= 10\lg \left| \frac{P_{1n}}{P_{2f}} \right| = \\
 &20\lg \left| \frac{U_{1n}}{U_{2f}} \right| + 10\lg \left| \frac{Z_2}{Z_1} \right| = \\
 &-20\lg |S_{21}| + 10\lg \left| \frac{Z_2}{Z_1} \right|
 \end{aligned} \tag{26}$$

where

$FEXT$  is the far-end crosstalk (dB);

$P_{1n}$  is the input power of the disturbing pair at the near end (W);

$P_{2f}$  is the output power of the disturbed pair under test at the far end (W);

$U_{1n}$  is the input voltage of the disturbing pair at the near end (V);

$U_{2f}$  is the output voltage of the disturbed pair at the far end (V);

$Z_1$  is the characteristic impedance of the disturbing pair ( $\Omega$ );

$Z_2$  is the characteristic impedance of the disturbed pair ( $\Omega$ ).

Equal level far-end crosstalk loss is given by Formula (28) and related to  $FEXT$  by the attenuation of the disturbing pair in the measured cable length:

$$\begin{aligned}
 EL\ FEXT &= 10\lg \left| \frac{P_{1f}}{P_{2f}} \right| = \\
 &10\lg \left| \frac{P_{1n}}{P_{2f}} \right| - 10\lg \left| \frac{P_{1n}}{P_{1f}} \right| = \\
 &FEXT - \alpha_1
 \end{aligned} \tag{27}$$

where

$EL\ FEXT$  is the equal level far-end crosstalk (dB);

$FEXT$  is the far-end crosstalk (dB);

$P_{1f}$  is the output power of the disturbing pair at the far end (W);

$P_{2f}$  is the output power of the disturbed pair under test at the far end (W);

$P_{1n}$  is the input power of the disturbing pair at the near end (W);

$\alpha_1$  is the attenuation of the disturbing pair (dB).

It is recommended that the maximum cable length to be measured be limited to 305 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  $FEXT$  and the calculated values of the  $EL\ FEXT$  shall be corrected to a length of 100 m as follows:

$$FEXT_{100} = FEXT + 10\lg \left( \frac{L}{100} \right) + \alpha_1 \times \left( \frac{100}{L} - 1 \right) \tag{28}$$

$$EL\ FEXT_{100} = EL\ FEXT + 10\lg\left(\frac{L}{100}\right) \quad (29)$$

where

- $FEXT_{100}$  is the far-end crosstalk corrected to a length of 100 m (dB);
- $FEXT$  is the measured far-end crosstalk (dB);
- $EL\ FEXT_{100}$  is the equal level far-end crosstalk corrected to a length of 100 m (dB);
- $EL\ FEXT$  is the equal level far-end crosstalk (dB);
- $L$  is the measured cable length (m);
- $\alpha_1$  is the measured attenuation of disturbing pair (dB).

The power sum far-end crosstalk PS EL FEXT is calculated from

$$PS\ EL\ FEXT_j = -10\lg \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^m 10^{\frac{-EL\ FEXT_{i,j}}{10}} \quad (30)$$

where

- $PS\ EL\ FEXT_j$  is the power sum of the pair  $j$  (dB);
- $EL\ FEXT_{i,j}$  is the crosstalk coupled from the pairs  $i$  into the pair  $j$  (dB);
- $m$  is the number of pairs contained within the cable.

The attenuation-to-crosstalk ratio far end is defined as the ratio of the attenuation of the disturbed pair to the far-end crosstalk, both in nepers, or the difference of the far-end crosstalk and the attenuation of the disturbed pair if both are expressed in dB. Hence:

$$ACR - F_j = FEXT_{i,j} - \alpha_j \quad (31)$$

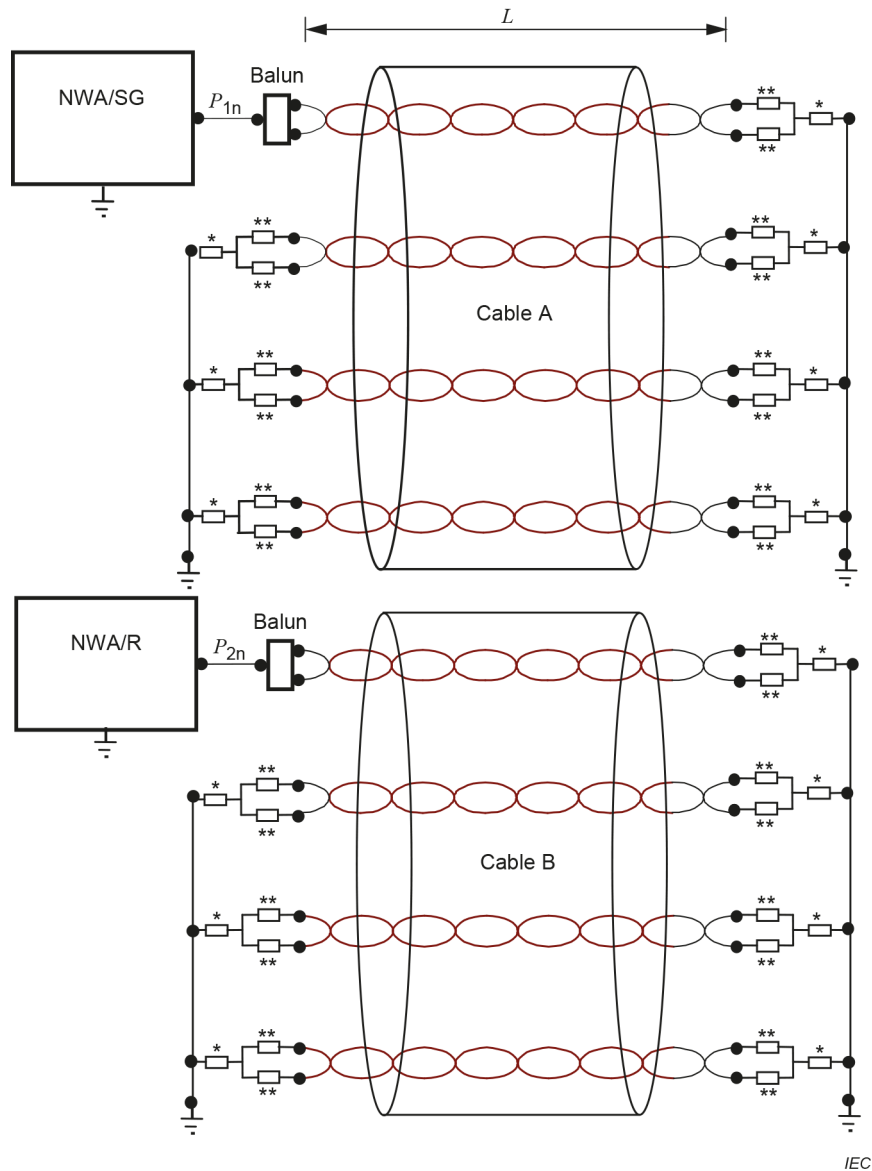
where

- $ACR - F_j$  is the attenuation to crosstalk ratio far-end in (dB);
- $\alpha_j$  is the attenuation of the disturbed pair  $j$  in (dB);
- $FEXT_{i,j}$  is the far-end crosstalk coupled from the pair  $i$  into the disturbed pair  $j$ .

### 6.3.8 Alien (exogenous) near-end crosstalk

#### 6.3.8.1 General

Figure 9 gives the schematic for the measurement of alien (exogenous) near-end crosstalk, ANEXT. The same test equipment and sample-end preparation considerations relevant to the measurement of NEXT are relevant to the measurement of ANEXT. The cable fan-out shall not be greater than 1 m. The measurement shall be over the frequency range indicated in the relevant sectional specification.

**Key**

- Cable A, B two cables in the test assembly configuration (other cables in the assembly are not shown)
- NWA/SG network analyzer port or signal generator
- NWA/R network analyzer port or receiver
- \* common mode termination resistor (see 6.1)
- \*\* differential mode termination resistor (matched in pairs)
- $L$  length of test assembly under test (in m)

**Figure 9 – Test set-up for alien (exogenous) near-end crosstalk**

Alien near-end crosstalk (ANEXT) given by

$$ANEXT = 10 \lg \left| \frac{P_{1n}}{P_{2n}} \right| \quad (32)$$

where

$ANEXT$  is the alien (exogenous) near-end crosstalk (dB);

$P_{1n}$  is the input power of the disturbing pair at the near end (W);

$P_{2n}$  is the output power of the disturbed pair at the near end (W).

The disturbing and disturbed pairs are contained within different cables.

For near-end and far-end alien (exogenous) crosstalk the power sum is defined as:

$$PS_{AX-talk_j} = -10 \lg \left( \sum_{l=1}^N \sum_{i=1}^n 10^{-\frac{AX-talk_{i,j,l}}{10}} \right) \quad (33)$$

where

$PS_{AX-talk_j}$  is the power sum of pair  $j$  (dB);

$AX-talk_{i,j,l}$  is the crosstalk between pair  $j$  of a given cable and pair  $i$  of a neighbouring cable (dB);

$j$  is the number of the disturbed pair;

$i$  is the current number of a disturbing pair in a disturbing cable;

$l$  is the number of the disturbing cable;

$N$  is the total number of disturbing cables;

$n$  is the total number of disturbing pairs.

The cables to be tested are mounted into a configuration as specified in the relevant sectional specification.

The test method configuration involves six cables around one cable.

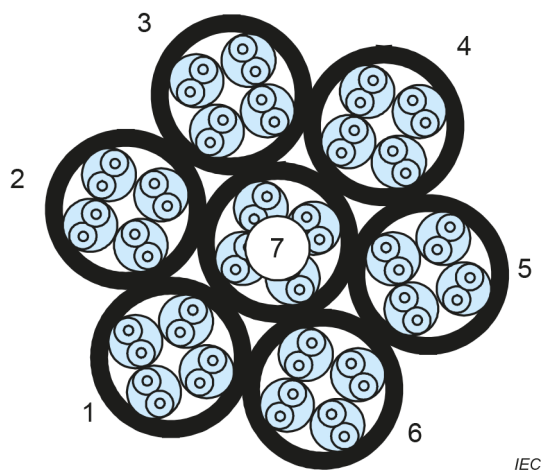
The cable arrangement shall be a bundle.

### 6.3.8.2 Six cables around one cable

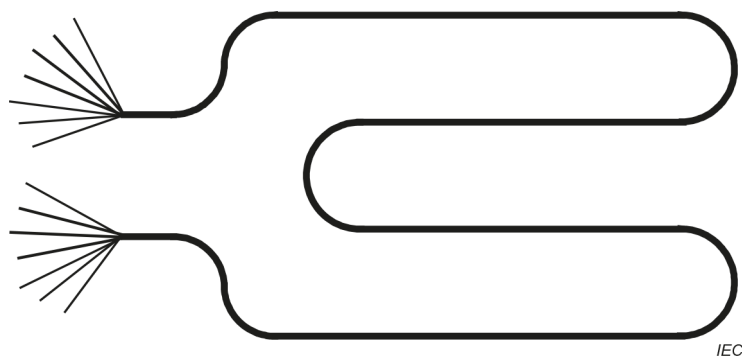
The seven cables to be tested are mounted into the test assembly configuration shown in the cross-section in Figure 10. The test assembly length shall be specified in the relevant sectional specification. The assembly cross-section shall be maintained, without longitudinal twist, throughout the assembly length by means of suitable non-metallic binder material. The binder material may be applied as discrete straps such as tie wraps and self-clinging or adhesive straps. The binder material may be applied helically about the cables in the form of a continuous thread or tape. The binder material shall not visibly compress or deform the cross-section. The spacing of the discrete binder and the pitch of the continuous binder shall be adequate to maintain the cable components in close proximity, without visible spacing, as depicted in Figure 10. The test assembly shall be laid out as depicted in Figure 11 (with serpentine looping as necessary) in a loop in such a way that a minimum separation of 10 cm is maintained between sections of the loop. A non-metallic floor is suitable for laying out the test assembly.

The crosstalk from each pair of cables 1 through 6 to each of the pairs of cable 7 shall be measured across the frequency range specified in the relevant sectional specification.

The power sum alien (exogenous) near-end crosstalk,  $PS_{ANEXT}$ , shall be calculated from the measured values according to Formula (33).



**Figure 10 – Test assembly cross-section: six cables around one cable**



**Figure 11 – Test assembly layout: six cables around one cable**

### 6.3.9 Alien (exogenous) far-end crosstalk

Measurement of alien (exogenous) far-end crosstalk, AFEXT, involves the same test equipment and sample-end preparation considerations relevant to the measurement of FEXT. The cables to be tested are mounted into a configuration, as specified in the relevant sectional specification and as described in 6.3.8.2 for six cables around one.

The PS AFEXT shall be calculated from the measured values according to Formula (33).

PS AFEXT requirements may be given in terms of PS AACR-F where AACR-F shall be calculated from the measured values according to Formula (34).

$$AACR-F = AFEXT - \alpha \quad (34)$$

where

*AACR-F* is the attenuation alien (exogenous) crosstalk ratio at the far end (dB);

*AFEXT* is the alien (exogenous) far-end crosstalk (dB);

$\alpha$  is the attenuation of the disturbed pair (dB).

### 6.3.10 Alien (exogenous) crosstalk of bundled cables

Alien (exogenous) crosstalk, (ANEXT and AFEXT), is measured directly on the bundled cable and does not require the preparation of a specific test assembly configuration.

The bundled cable shall be laid out as depicted in Figure 11 (with serpentine looping as necessary) in a loop in such a way that a minimum separation of 10 cm is maintained between sections of the loop. A non-metallic floor is suitable for laying out the test assembly.

The near-end (NEXT) and far-end (FEXT) crosstalk of each pair of one disturbed cable due to all pairs in the surrounding disturbing cables shall be measured across the frequency range specified in the relevant sectional specification.

Each cable of the bundle shall in turn be treated as the disturbed cable and the near-end (NEXT) and far-end (FEXT) crosstalk due to all pairs in the surrounding disturbing cables shall be measured across the frequency range specified in the relevant sectional specification.

The power sum alien (exogenous) crosstalk, PS ANEXT and PS AFEXT, shall be calculated from the measured values according to Formula (33).

### 6.3.11 Impedance

#### 6.3.11.1 Preparation of cable under test

Both ends of the cable under test shall be prepared to minimize end effects. For frequencies of measurements greater than or equal to 1 000 MHz, it is recommended that no more than 20 mm of jacket should be removed from pairs; for frequencies of measurements lower than 1 000 MHz, it is recommended that no more than 40 mm jacket should be removed from the pairs. When the cable sheath is removed, the pairs shall maintain their twist and shall be well separated.

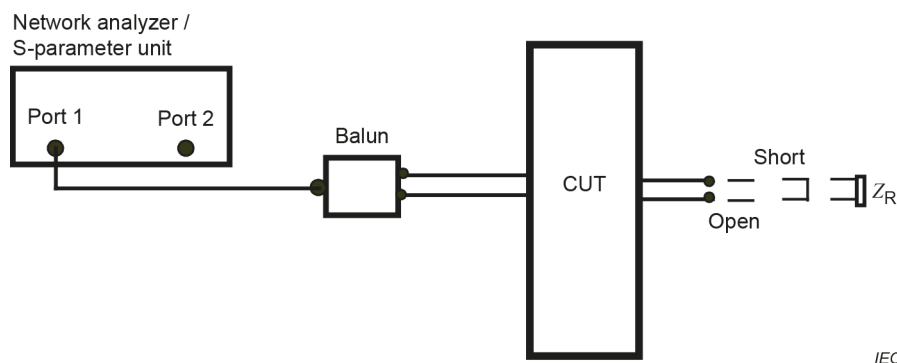
Unscreened cables shall be suspended or laid on a non-conducting surface so that multiple traversals are separated by a minimum of 25 mm.

#### 6.3.11.2 Measurement

The measurement is in a balanced configuration with a network analyzer (together with an S-parameter unit) or an impedance meter. The balun shall have the relevant characteristics given in Table 1 corresponding to the measurement frequency range; for this measurement, the common-mode balun ports in Table 1 are optional. The measurement schematic is given in Figure 12.

A three-step calibration procedure (using open-, short- and load-circuit terminations) is performed at the secondary side of the balun before the measurement.

For improvement of impedance measurement uncertainty, IEC TR 61156-1-5 should be considered.



**Figure 12 – Test set-up for characteristic impedance, terminated input impedance, and return loss**

### 6.3.11.3 Characteristic impedance

A three-step calibration procedure (using open, short and load circuit terminations) is performed at the secondary side of the balun before the measurement.

The near end of the cable under test shall be connected to the test equipment via balun, the far end shall be terminated by the open circuit termination and short circuit termination. The scattering parameter  $S_{xx}$  shall be measured to obtain characteristic impedance values. The impedance is calculated from the measured  $S_{xx}$  parameters.

$$Z_{\text{meas}} = Z_R \times \left| \frac{1 + S_{xx}}{1 - S_{xx}} \right| \quad (35)$$

where

$Z_{\text{meas}}$  is the impedance for open-circuit termination or short-circuit termination ( $\Omega$ );

$Z_R$  is the system nominal impedance ( $\Omega$ );

$S_{xx}$  is the measured wave scattering parameter for open circuit termination and short circuit termination,  $x$  is the vector network analyzer port number.

The characteristic impedance is calculated as the square root of the product of the open circuit and short circuit measured values and is given by

$$Z_C = \sqrt{|Z_{\text{OC}} \cdot Z_{\text{SC}}|} \quad (36)$$

where

$Z_C$  is the characteristic impedance ( $\Omega$ );

$Z_{\text{OC}}$  is the measured open circuit impedance ( $\Omega$ );

$Z_{\text{SC}}$  is the measured short circuit impedance ( $\Omega$ ).

### 6.3.11.4 Terminated input impedance

A single terminated impedance measurement at the near end can be made to get the terminated input impedance. In this condition, the far end of the cable under test is terminated by a load impedance in place of the open circuit termination and short circuit termination; the load impedance value should be equal to the nominal impedance  $Z_R$ .  $Z_{\text{in}}$  is calculated from the measured  $S_{xx}$  parameter.

$$Z_{\text{in}} = Z_R \times \left| \frac{1 + S_{xx}}{1 - S_{xx}} \right| \quad (37)$$

where

$Z_{\text{in}}$  is the terminated input impedance ( $\Omega$ );

$Z_R$  is the system nominal impedance ( $\Omega$ );

$S_{xx}$  is the measured wave scattering parameter for load circuit termination, and  $x$  is the vector network analyzer port number.

### 6.3.11.5 Fitted characteristic impedance

Function fitting is used for computing a smoothed characteristic impedance when the cable exhibits significant structural effects.

The fitting function is given by

$$|Z_m| = k_0 + \frac{k_1}{f^{1/2}} + \frac{k_2}{f} + \frac{k_3}{f^{3/2}} \quad (38)$$

where

$|Z_m|$  is the magnitude of the fitted characteristic impedance ( $\Omega$ );

$k_0, k_1, k_2, k_3$  are the least squares coefficients;

$f$  is the frequency (Hz).

NOTE More details of how to calculate the least squares coefficients can be found in IEC TR 61156-1-2.

### 6.3.11.6 Mean characteristic impedance

Mean characteristic impedance is calculated using the formula

$$Z_\infty = \tau/C \quad (39)$$

where

$Z_\infty$  is the mean characteristic impedance ( $\Omega$ );

$\tau$  is the time delay (s);

$C$  is the mutual capacitance (F).

This method shall only be applied to cables having a mutual capacitance which does not change over frequency. The measurement shall be done at frequencies over 100 MHz where the phase delay approaches an asymptotic value.

## 6.3.12 Return loss

### 6.3.12.1 Preparation of cable under test

The cable under test shall be prepared in accordance with 6.3.11.1.

### 6.3.12.2 Measurement

The measurement is in a balanced configuration with a network analyzer (together with a wave scattering parameter unit). The balun shall have the relevant characteristics given in Table 1 corresponding to the measurement frequency range. For return loss measurement, the common-mode port of the balun in Table 1 is optional. The measurement schematic is given in Figure 12. The load termination value shall be equal to the nominal impedance ( $Z_R$ ).

The measurement shall be done at the frequency, or in the whole frequency range, indicated in the relevant sectional specification.

### 6.3.12.3 Procedure

A three-step calibration procedure (using open, short and load circuit terminations) is performed at the secondary side of the balun before the measurement.

The near end of the cable under test shall be connected to the test equipment via balun, and the far end shall be terminated by the load circuit termination. Return loss is given by the wave scattering parameter directly from the network analyzer as follows.

$$RL = -20 \lg |S_{xx}| \quad (40)$$

where

$RL$  is the return loss (dB);

$S_{xx}$  is the measured wave scattering parameter for load circuit termination, and  $x$  is the vector network analyzer port number.

## 6.4 Mechanical and dimensional characteristics and requirements

### 6.4.1 Measurement of dimensions

Determination of insulation thickness and sheath thickness shall be in accordance with IEC 60811-201 and IEC 60811-202, respectively, and the measurement of overall dimensions shall be in accordance with IEC 60811-203.

### 6.4.2 Elongation at break of the conductor

Determination of the elongation at the break of the conductor is described in IEC 60189-1:2018, 6.3.

### 6.4.3 Tensile strength of the insulation

Determination of the tensile strength of the insulation is described in IEC 60811-501.

### 6.4.4 Elongation at break of the insulation

Determination of the elongation at the break of the insulation is described in IEC 60811-501.

### 6.4.5 Adhesion of the insulation to the conductor

Determination of the adhesion of the insulation to the conductor is described in IEC 60189-1:2018, 6.4.

### 6.4.6 Elongation at break of the sheath

Determination of the elongation at the break of the sheath is described in IEC 60811-501.

### 6.4.7 Tensile strength of the sheath

Determination of the tensile strength of the sheath is described in IEC 60811-501.

### 6.4.8 Crush test of the cable

Determination of the crush of the cable is described in IEC 62012-1:2002, 3.3.6.

### 6.4.9 Cold Impact test of the cable

Determination of the impact test of the cable is described in IEC 60811-506.

## 6.4.10 Bending under tension

### 6.4.10.1 Equipment

The apparatus consists of

- a) a tensile power device with a maximum error of  $\pm 3\%$ ;
- b) if required for a particular user application, a measuring apparatus for the determination of change in the transmission performance;
- c) for the U-bend test: one roller with radius,  $r$ , as given in the relevant sectional specification and as shown in Figure 13;
- d) for the S-bend test: two rollers each with a radius,  $R$ , and separated by distance  $Y$ , as given in the relevant sectional specification and as shown in Figure 14;
- e) a reference frame that shall be provided for locating the test sample sheath marks that are applied at points A and B as shown in Figure 13 and Figure 14.

### 6.4.10.2 Test sample

The test sample shall be taken from one end of a finished cable. Both ends of the specimen shall be terminated in such a way that the specified load can be applied and any specified transmission tests can be carried out.

The sample shall be marked at points A and B as shown in Figure 13 and Figure 14. The total length of the test sample and the length between points A and B shall be as given in the relevant sectional specification, taking into account the length needed to carry out the specified transmission tests.

### 6.4.10.3 Procedure

#### 6.4.10.3.1 General

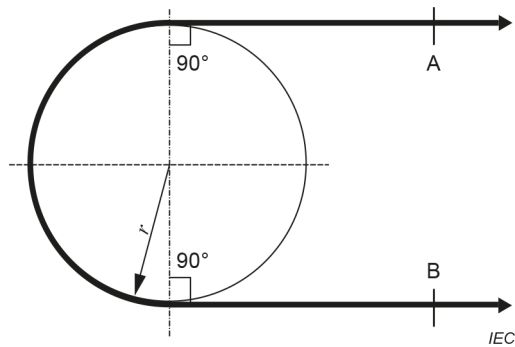
The test shall be carried out at ambient temperature. If specified in the relevant sectional specification, the transmission performance shall be recorded before the load is applied, and after the test when the load is zero. One of the two following tests shall be used, as indicated in the relevant sectional specification.

#### 6.4.10.3.2 U-bend test

The cable shall be moved around the roller through a minimum of  $180^\circ$  (U-bend) as shown in Figure 13.

The tension shall be continuously increased to the value given in the relevant sectional specification.

Moving the sample from point A to point B (see Figure 13) and then returning to point A is considered to be one cycle. The sample shall be subjected to bending under tension with the speed of movement and number of cycles given in the relevant sectional specification.

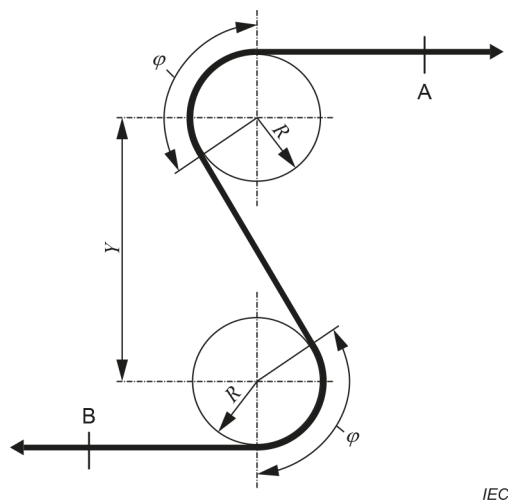


**Figure 13 – U-bend test configuration**

#### 6.4.10.3.3 S-bend test

The cable shall be moved around two rollers in an S form manner (S-bend), as shown in Figure 14.

The tension shall be continuously increased to the value given in the relevant sectional specification.



**Figure 14 – S-bend test configuration**

Moving the sample from point A to point B (see Figure 14) and then returning to point A is considered to be one cycle. The sample shall be subjected to bending under tension with the speed of movement and number of cycles given in the relevant sectional specification.

#### 6.4.10.3.4 Dielectric strength and insulation resistance

After completing the bending test, the sample shall be tested for conductor/conductor and conductor/screen dielectric strength and insulation resistance. The magnitude of the voltage and the test duration shall be as given in the relevant sectional specification.

#### 6.4.10.4 Test report

The test report shall give the following test conditions:

- bending test used (U-bend or S-bend);
- length of the test sample and the length between the sheath marks at points A and B;
- end preparation;

- tension device;
- radius,  $r$ , of rollers in the U-bend test;
- radius,  $R$ , of rollers in the S-bend test;
- roller separation,  $Y$ , in the S-bend test;
- bending angle,  $\varphi$ , in the S-bend test;
- speed of movement;
- number of moving cycles;
- applied voltage and duration of the dielectric strength and insulation resistance test;
- maximum tension applied during test;
- test temperature.

The pass or fail conditions shall be recorded as required by the relevant sectional specification.

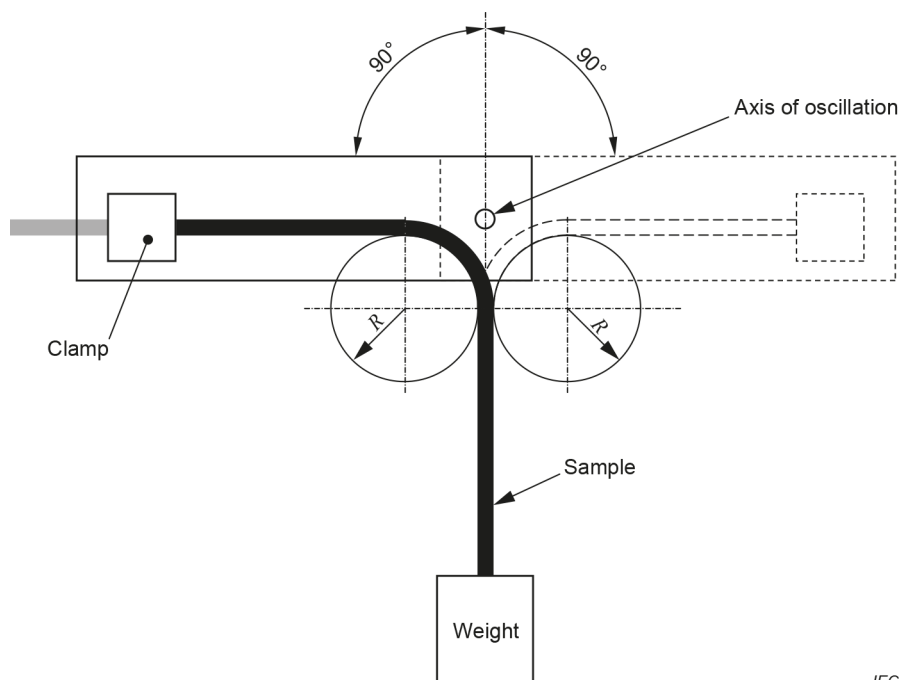
### 6.4.11 Repeated bending of the cable

#### 6.4.11.1 Equipment

The apparatus shall permit a sample to be bent backwards and forwards through angles up to  $180^\circ$ , the two extreme positions making an angle of  $90^\circ$  on both sides of the vertical, whilst being subjected to a tensile load. A suitable apparatus is shown in Figure 15. Other equivalent apparatus may be used.

The bending arm shall have an adjustable clamp or fixture to hold the test sample securely during the entire test.

The apparatus shall be capable of cycling. Displacing the sample from the vertical position, then oscillating to the extreme left position and returning to the original vertical position is considered to be one cycle. Unless otherwise specified in the relevant sectional specification, the bending rate shall be approximately one cycle in 2 s.



IEC

Figure 15 – Repeated bending test configuration

The apparatus shall include any test equipment needed to measure the changes in transmission performance requested in the relevant sectional specification.

#### **6.4.11.2 Test sample length**

The sample length shall be sufficient to carry out the testing specified. When only physical damage is to be evaluated, the length may range from 1 m (for example, for small diameter patch cords) to 5 m (for larger diameter cables). Longer lengths can be necessary to permit transmission measurements.

The length of the test sample shall be indicated in the relevant sectional specification.

#### **6.4.11.3 Procedure**

The following procedure shall be followed.

- a) Precondition the sample at ambient temperature for 24 h.
- b) Fix the sample to the apparatus as shown in Figure 15.
- c) Apply the weight of mass as shown in the relevant sectional specification.
- d) Measure the acceptance criteria parameters to establish baseline values.
- e) Carry out repeated bending for the number of cycles specified in the relevant sectional specification.
- f) Carry out acceptance criteria parameter measurements. If necessary, the sample may be removed from the apparatus for visual examination.

#### **6.4.11.4 Requirements**

The acceptance criteria for the test shall be stated in the relevant sectional specification. Typical failure modes include loss of transmission performance, loss of continuity or physical damage to the cable.

#### **6.4.11.5 Test report**

The test report shall give the following test conditions:

- angle of displacement;
- number of cycles;
- mass of the weight;
- bending radius,  $R$ ;
- test temperature.

The pass/fail conditions shall be recorded as required in the relevant sectional specification.

#### **6.4.12 Tensile performance of the cable**

The method of measuring the tensile performance of the cable is described in IEC 60794-1-21:2015, method E1.

#### **6.4.13 Shock test of the cable**

The method of measuring the shock performance of the cable is described in IEC 62012-1:2002, 3.4.4.

#### **6.4.14 Bump test of the cable**

The method of measuring the bump performance of the cable is described in IEC 62012-1:2002, 3.4.3.

#### **6.4.15 Vibration test of the cable**

The method of measuring the vibration performance of the cable is described in IEC 62012-1:2002, 3.4.2.

### **6.5 Environmental characteristics**

#### **6.5.1 Shrinkage of the insulation**

The method of measuring the shrinkage of the insulation is described in IEC 60811-502.

#### **6.5.2 Wrapping test of the insulation after thermal ageing**

The method of measuring the ageing performance of the insulation is described in IEC 60811-510.

#### **6.5.3 Bending test of the insulation at low temperature**

The method of measuring the cold bend test performance is described in IEC 60811-504.

#### **6.5.4 Elongation at break of the sheath after ageing**

Samples of sheath are prepared and tested in accordance with IEC 60811-501 after ageing, in accordance with IEC 60811-401, for a time and temperature described in the relevant sectional specification.

#### **6.5.5 Tensile strength of the sheath after ageing**

Samples of sheath are prepared and tested in accordance with IEC 60811-501 after ageing, in accordance with IEC 60811-401, for a time and temperature described in the relevant sectional specification.

#### **6.5.6 Sheath pressure test at high temperature**

The method of measuring the sheath pressure test is described in IEC 60811-508.

#### **6.5.7 Cold bend test of the cable**

##### **6.5.7.1 Equipment**

The cold bend test apparatus shall be in accordance with IEC 60811-504 with a mandrel diameter as specified in the relevant sectional specification.

##### **6.5.7.2 Test sample**

The sample shall be taken from one end of the finished cable. The length shall be approximately  $120 \times$  cable diameter and it shall be coiled to a diameter not less than  $30 \times$  cable diameter.

##### **6.5.7.3 Procedure**

The sample and test apparatus shall be cooled in a cold chamber in accordance with test Ab of IEC 60068-2-1:2007 for a period of not less than 4 h at the temperature specified in the relevant sectional specification.

If the mandrel is metal, it shall be conditioned at the same time as the sample.

After the cooling period and while still in the cold chamber, the sample shall be wrapped three times around the mandrel at a wrapping velocity of approximately 1 turn per 4 s. Alternatively, the sample may be removed from the chamber after conditioning and wound around the mandrel provided the test is completed within 30 s after removal from the chamber.

After completing the cold bend test, the sample shall be tested for conductor/conductor and conductor/screen dielectric strength and insulation resistance. The magnitude of the voltage and the test duration shall be as given in the relevant sectional specification.

After the dielectric strength test, the sample shall be stripped into its component elements.

#### **6.5.7.4 Test report**

The test report shall give the following test conditions:

- cable diameter;
- coiling diameter;
- mandrel diameter;
- applied voltage and duration of the dielectric strength test and insulation resistance;
- test temperature;

and record the pass/fail conditions as required in the relevant sectional specification.

#### **6.5.8 Heat shock test**

The method of measuring the heat shock is described in IEC 60811-509.

#### **6.5.9 Damp heat, steady state**

The method of measuring the damp-heat steady-state performance of the cable is described in IEC 62012-1:2002, 3.5.2.

#### **6.5.10 Solar radiation**

Samples of the cable sheath shall be conditioned in a carbon-arc or xenon-arc weatherometer for a specified period of time. At the end of the conditioning period, the elongation and tensile strength of the specimens shall be measured, respectively, in accordance with 6.4.6 and 6.4.7. The results shall be compared to those obtained on unconditioned specimens.

#### **6.5.11 Solvents and contaminating fluids**

The method of measuring the solvents and contaminating fluids performance of the cable is described in IEC 62012-1:2002, 3.6.1.

#### **6.5.12 Salt mist and sulphur dioxide**

The method of measuring the salt mist and sulphur dioxide performance of the cable is described in IEC 62012-1:2002, 3.6.2.

#### **6.5.13 Water immersion**

A 100 m sample of the completed cable shall be immersed in water for a specified period of time at a temperature of  $20\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ . At the end of the immersion period and while still immersed in the water, the insulation resistance of the conductors shall be measured in accordance with 6.2.4.

#### **6.5.14 Hygroscopicity**

The material is considered to be non-hygroscopic when a dry sample of the material is placed in an environment of  $65\% \pm 5\%$  relative humidity and  $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  for 3 h and the amount of moisture gained does not exceed 1 % by weight.

### 6.5.15 Wicking

#### 6.5.15.1 Equipment

The following equipment shall be used in 6.5.15.2.

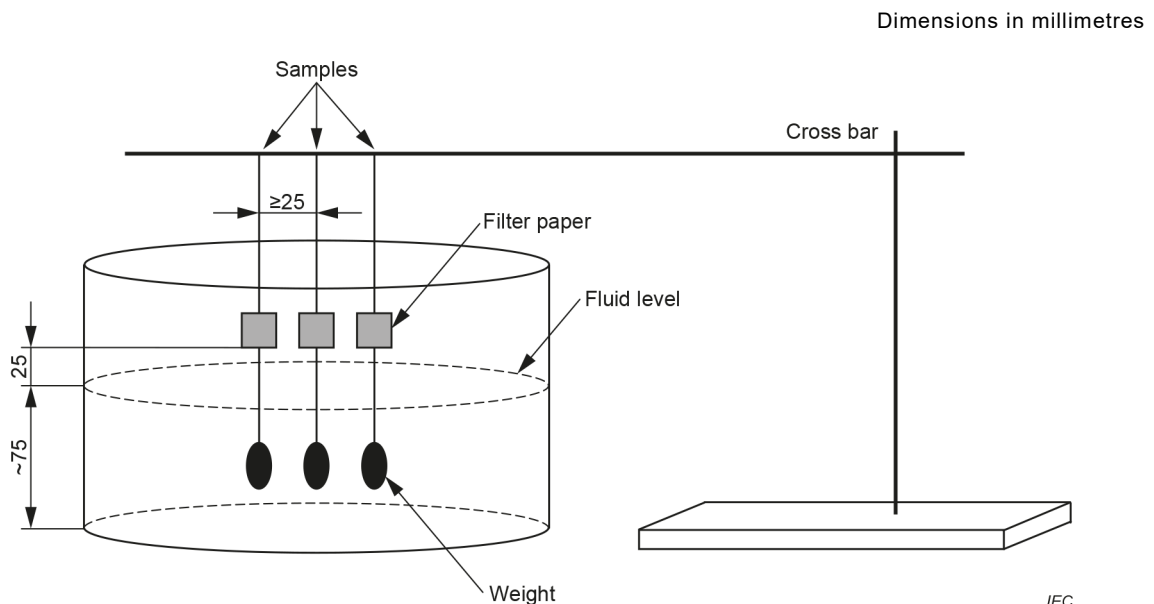
- Beaker: 500 ml to 1 000 ml.
- Laboratory stand: with movable crossbar.
- Weight: 25 g, lead sinker type (3).
- Fluorescein dye solution: 0,1 g/l of water.
- Filter paper 25 mm × 25 mm (3 pieces).

#### 6.5.15.2 Procedure

The following procedure shall be used.

- Cut three (3) lengths of material, approximately 450 mm long, to be tested and attach lead sinker type weights to one end of each sample.
- Attach the opposite end of each sample length to the crossbar with a minimum space of 25 mm between samples. See Figure 16.
- Attach one section of filter paper to each sample with a paper clip, approximately 75 mm above the weight.
- Fill the beaker with the fluorescein solution to a depth of about 75 mm.
- Position the crossbar with attached, hanging samples in place directly over the filled beaker. Lower the crossbar so that the weighted sample end enters the solution positioning the bottom of the filter paper 25 mm above the surface. Record time of entry.

The sample shall be considered “non-wicking” if the solution does not wick and wet the lower edge of the filter paper within 6 h.



**Figure 16 – Wicking test configuration**

### 6.5.16 Flame propagation characteristics of a single cable

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

**6.5.17 Flame propagation characteristics of bunched cables**

If not specified differently in the relevant detail specification or by local regulations (e.g. European Construction Products Regulation), the method of measuring the burning performance of bunched cables is specified either in IEC 60332-3-24 or IEC 60332-3-25, or both, depending on the overall dimensions of the cable.

**6.5.18 Resistance to fire test method**

Under consideration.

**6.5.19 Halogen gas evolution**

The method of measuring the evolution of halogen gas is specified in IEC 60754-2.

**6.5.20 Smoke generation**

The method of measuring the amount of smoke generated is specified in IEC 61034 (all parts).

**6.5.21 Toxic gas emission**

Under consideration.

**6.5.22 Integrated fire test method for cables in environmental air handling spaces**

The method of testing the combined flame and smoke for cables in environmental air handling spaces is described in IEC 62012-1:2002, Annex A.

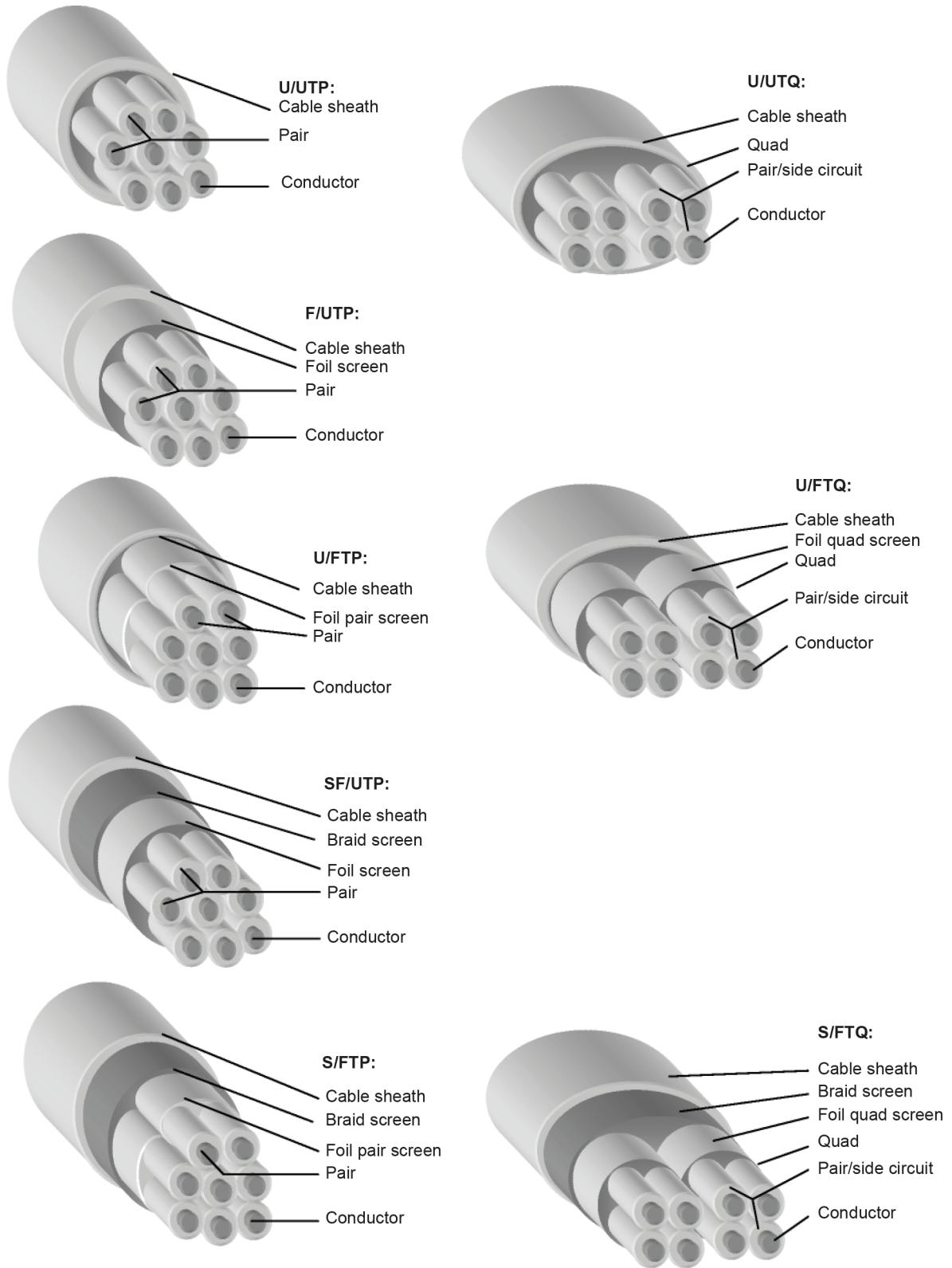
**Annex A**  
(informative)

**Acronyms for common cable constructions**

The acronym structure for the cable name is defined in Table A.1. Some common cable construction examples are given in Figure A.1.

**Table A.1 – Cable construction acronyms**

<b>Acronym</b>		
<b>XX / ABB</b>		
<b>XX – Overall screen</b>	<b>A – Cable element screen</b>	<b>BB – Cable element type</b>
U – Unscreened	U – Unscreened	TP – Twisted pair
F – Foil screened	F – Foil screened	TQ – Twisted quad
S – Braid screened		
SF – Braid and foil screened		



**Figure A.1 – Common cable construction examples**

## Bibliography

IEC 60050-195, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60050-726, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 726: Transmission lines and wave guides*

IEC 60364-7-716<sup>2</sup>, *Low-voltage electrical installations – Part 7-716: Requirements for special installations or locations – DC power distribution over information technology cable infrastructure*

IEC 61156-1-4, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1-4: Assessment of conductor heating in bundled cables due to the deployment of remote powering*

IEC TR 61156-1-6, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1-6: Nominal DC-resistance values of floor-wiring and work-area cables for digital communications*

IEC TR 62152, *Transmission properties of cascaded two-ports or quadripols – Background of terms and definitions*

IEC 62153-4-7:2021, *Metallic cables and other passive components test methods – Part 4-7: Electromagnetic compatibility (EMC) – Test method for measuring of transfer impedance  $Z_T$  and screening attenuation  $a_S$  or coupling attenuation  $a_C$  of connectors and assemblies – Triaxial tube in tube method*

ISO/IEC 11801 (all parts), *Information technology – Generic cabling for customer premises*

ISO/IEC 11801-4:2017, *Information technology – Generic cabling for customer premises – Part 4: Single-tenant homes*

ISO/IEC/IEEE 8802-3, *Telecommunications and exchange between information technology systems – Requirements for local and metropolitan area networks – Part 3: Standard for Ethernet*

ITU-T Recommendation G.117:1996, *Transmission aspects of unbalance about earth*

ITU-T Recommendation O.9:1999, *Measuring arrangements to assess the degree of unbalance about earth*

---

<sup>2</sup> Under preparation. Stage at the time of publication: IEC CDV 60364-7-716:2022.



## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	59
1 Domaine d'application .....	61
2 Références normatives .....	61
3 Termes et définitions .....	63
4 Considérations d'installation .....	69
5 Matériaux et construction du câble .....	70
5.1 Remarques générales .....	70
5.2 Constructions du câble .....	70
5.2.1 Généralités .....	70
5.2.2 Conducteur .....	70
5.2.3 Isolation .....	71
5.2.4 Élément de câble .....	71
5.2.5 Constitution du câble .....	72
5.2.6 Écran d'assemblage .....	72
5.2.7 Gaine .....	72
5.2.8 Identification .....	72
5.2.9 Câble terminé .....	73
6 Caractéristiques et exigences .....	73
6.1 Remarques générales – Configurations d'essai .....	73
6.2 Caractéristiques électriques et essais .....	74
6.2.1 Résistance du conducteur .....	74
6.2.2 Déséquilibre de résistance .....	74
6.2.3 Rigidité diélectrique .....	75
6.2.4 Résistance d'isolement .....	75
6.2.5 Capacité mutuelle .....	75
6.2.6 Déséquilibre de capacité par rapport à la terre .....	76
6.2.7 Impédance de transfert .....	76
6.2.8 Affaiblissement de couplage .....	76
6.2.9 Courant maximal admissible .....	77
6.3 Caractéristiques de transmission .....	77
6.3.1 Exigences générales .....	77
6.3.2 Vitesse de propagation (vitesse de phase) .....	77
6.3.3 Temps de propagation de phase et temps de propagation différentiel (distorsion) .....	78
6.3.4 Affaiblissement .....	79
6.3.5 Affaiblissement de symétrie .....	81
6.3.6 Paradiaphonie .....	87
6.3.7 Télédiaphonie .....	89
6.3.8 Paradiaphonie exogène (due aux câbles voisins) .....	92
6.3.9 Télédiaphonie exogène (due aux câbles voisins) .....	95
6.3.10 Diaphonie exogène (due aux câbles voisins) des câbles en faisceaux .....	96
6.3.11 Impédance .....	96
6.3.12 Affaiblissement de réflexion .....	99
6.4 Caractéristiques et exigences mécaniques et dimensionnelles .....	99
6.4.1 Mesures dimensionnelles .....	99
6.4.2 Allongement à la rupture du conducteur .....	99
6.4.3 Résistance à la traction de l'enveloppe isolante .....	99

6.4.4	Allongement à la rupture de l'enveloppe isolante .....	100
6.4.5	Adhérence de l'enveloppe isolante au conducteur .....	100
6.4.6	Allongement à la rupture de la gaine.....	100
6.4.7	Résistance à la traction de la gaine .....	100
6.4.8	Essai d'écrasement du câble .....	100
6.4.9	Essai de choc à basse température du câble .....	100
6.4.10	Courbure sous traction .....	100
6.4.11	Courbures répétées du câble.....	103
6.4.12	Tenue du câble à la traction.....	104
6.4.13	Essai de chocs du câble .....	104
6.4.14	Essai de secousses du câble.....	104
6.4.15	Essai de vibration du câble.....	104
6.5	Caractéristiques d'environnement .....	104
6.5.1	Retrait de l'enveloppe isolante.....	104
6.5.2	Essai d'enroulement de l'enveloppe isolante après vieillissement thermique .....	105
6.5.3	Essai de courbure de l'enveloppe isolante à basse température .....	105
6.5.4	Allongement à la rupture de la gaine après vieillissement .....	105
6.5.5	Résistance à la traction de la gaine après vieillissement.....	105
6.5.6	Essai de pression de la gaine à température élevée .....	105
6.5.7	Essai d'enroulement à froid du câble .....	105
6.5.8	Essai de choc thermique.....	106
6.5.9	Essai continu de chaleur humide .....	106
6.5.10	Rayonnement solaire .....	106
6.5.11	Fluides contaminants et solvants .....	106
6.5.12	Brouillard salin et dioxyde de soufre .....	106
6.5.13	Immersion dans l'eau.....	106
6.5.14	Caractère hygroscopique .....	106
6.5.15	Effet de mèche .....	107
6.5.16	Caractéristiques de propagation de la flamme sur un câble isolé .....	108
6.5.17	Caractéristiques de propagation de la flamme sur câbles en nappes .....	108
6.5.18	Méthode d'essai de tenue au feu .....	108
6.5.19	Émission de gaz halogénés .....	108
6.5.20	Émission de fumées .....	108
6.5.21	Émission de gaz toxiques .....	108
6.5.22	Méthode intégrée d'essai au feu pour les câbles dans les espaces de traitement d'air .....	108
Annexe A (informative) Acronymes pour les constructions de câbles courantes.....		109
Bibliographie.....		111
Figure 1 – Résistances de terminaison pour les mesures avec symétriseur .....		74
Figure 2 – Montage d'essai pour la mesure de l'affaiblissement, de la vitesse de propagation et du temps de propagation de phase .....		79
Figure 3 – Montage d'essai pour la mesure des pertes en mode différentiel des symétriseurs .....		83
Figure 4 – Montage d'essai pour la mesure des pertes en mode commun des symétriseurs .....		83
Figure 5 – Montage d'essai pour les mesures d'affaiblissement de symétrie à l'extrémité proche (TCL) .....		85

Figure 6 – Montage d’essai pour les mesures d’affaiblissement de symétrie à l’extrémité distante (TCTL).....	86
Figure 7 – Montage d’essai pour la paradiaphonie .....	88
Figure 8 – Montage d’essai pour la télédiaphonie .....	90
Figure 9 – Montage d’essai pour la paradiaphonie exogène (due aux câbles voisins) .....	93
Figure 10 – Section de l’assemblage d’essai: six câbles autour d’un câble .....	95
Figure 11 – Agencement de l’assemblage d’essai: six câbles autour d’un câble .....	95
Figure 12 – Montage d’essai pour l’impédance caractéristique, l’impédance d’entrée adaptée et l’affaiblissement de réflexion .....	97
Figure 13 – Configuration de l’essai de courbure en U .....	101
Figure 14 – Configuration de l’essai de courbure en S .....	102
Figure 15 – Configuration de l’essai de courbures répétées .....	103
Figure 16 – Configuration de l’essai de l’effet de mèche .....	107
Figure A.1 – Exemples courants de construction de câbles .....	110
Tableau 1 – Caractéristiques de fonctionnement du symétriseur d’essai .....	82
Tableau A.1 – Acronymes pour les constructions de câbles .....	109

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CÂBLES MULTICONDUCTEURS À PAIRES SYMÉTRIQUES  
ET QUARTES POUR TRANSMISSIONS NUMÉRIQUES –****Partie 1: Spécification générique****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 61156-1 a été établie par le sous-comité 46C: Câbles symétriques et fils, du comité d'études 46 de l'IEC: Câbles, fils, guides d'ondes, connecteurs, composants passifs pour micro-onde et accessoires. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2007 et son Amendement 1 paru en 2009. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) modification du domaine d'application à l'Article 1 et mise à jour des documents de "Références normatives" à l'Article 2;
- b) ajout de définitions liées au PoE à l'Article 3;

- c) clarification des résistances en mode différentiel et en mode commun, correction des formules et ajout de la méthode d'essai de l'IEC 62153-4-9 pour l'affaiblissement de couplage à l'Article 6;
- d) introduction de la méthode de mesure sans symétriseur en 6.3.1, modification des exigences de l'équipement relatives à l'affaiblissement de symétrie en 6.3.5 et mise à jour du fonctionnement du symétriseur dans le Tableau 1;
- e) suppression de la méthode "trois couches de câbles sur un touret" de mesure de paradiaphonie exogène (due aux câbles voisins) en 6.3.8 et ajout de l'impédance d'entrée adaptée en 6.3.11.4.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
46C/1242/FDIS	46C/1249/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

Les langues employées pour l'élaboration de cette Norme internationale sont l'anglais et le français.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61156, publiées sous le titre général *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quartes pour transmissions numériques*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera:

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

**IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

# CÂBLES MULTICONDUCTEURS À PAIRES SYMÉTRIQUES ET QUARTES POUR TRANSMISSIONS NUMÉRIQUES –

## Partie 1: Spécification générique

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61156 spécifie les définitions, les exigences et les méthodes d'essai des câbles multiconducteurs, à paires symétriques et à quartes.

Le présent document est applicable aux systèmes de transmission tels que les réseaux locaux (LAN) et les câbles de transmission de données. Il est aussi applicable aux câbles utilisés pour les applications industrielles, le câblage des locaux des clients et le câblage générique comprenant des câbles d'installation et des câbles destinés au câblage d'espaces de travail qui sont définis dans l'ISO/IEC 11801 (toutes les parties).

Les câbles couverts par le présent document sont destinés à être exploités sous des tensions et courants rencontrés conventionnellement dans les systèmes de communication. Bien que ces câbles ne soient pas destinés à être utilisés en conjonction avec des sources de basse impédance, par exemple les alimentations électriques des réseaux de services publics, ils sont destinés à être utilisés pour prendre en charge les applications de téléalimentation basse tension, y compris notamment l'alimentation par Ethernet, comme spécifié dans l'ISO/IEC/IEEE 8802-3. L'IEC 61156-1-4, l'IEC TR 61156-1-6 et l'ISO/IEC TS 29125 fournissent davantage d'informations sur la capacité à prendre en charge ces applications en fonction des pratiques de pose.

### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60028, *Spécification internationale d'un cuivre-type recuit*

IEC 60068-2-1:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-1: Essais – Essai A: Froid*

IEC 60189-1:2018, *Low-frequency cables and wires with PVC insulation and PVC sheath – Part 1: General test and measuring methods* (disponible en anglais seulement)

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

IEC 60332-1-2, *Essais des câbles électriques et à fibres optiques soumis au feu – Partie 1-2: Essai de propagation verticale de la flamme sur conducteur ou câble isolé – Procédure pour flamme à prémélange de 1 kW*

IEC 60332-2-2, *Essais des câbles électriques et à fibres optiques soumis au feu – Partie 2-2: Essai de propagation verticale de la flamme sur conducteur ou câble isolé de petite section – Procédure pour une flamme de type à diffusion*

IEC 60332-3-24, *Essais des câbles électriques et des câbles à fibres optiques soumis au feu – Partie 3-24: Essai de propagation verticale de la flamme des fils ou câbles montés en nappes en position verticale – Catégorie C*

IEC 60332-3-25, *Essais des câbles électriques et des câbles à fibres optiques soumis au feu – Partie 3-25: Essai de propagation verticale de la flamme des fils ou câbles montés en nappes en position verticale – Catégorie D*

IEC 60708, *Câbles pour basses fréquences à isolation polyoléfine et gaine polyoléfine à barrière d'étanchéité*

IEC 60754-2, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion des matériaux prélevés sur câbles – Partie 2: Détermination de la conductivité et de l'acidité (par mesure du pH)*

IEC 60794-1-21:2015, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-21: Spécification générique – Procédures fondamentales d'essais des câbles optiques – Méthodes d'essai mécanique*

IEC 60811-201, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 201: Essais généraux – Mesure de l'épaisseur des enveloppes isolantes*

IEC 60811-202, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 202: Essais généraux – Mesure de l'épaisseur des gaines non métalliques*

IEC 60811-203, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 203: Essais généraux – Mesure des dimensions extérieures*

IEC 60811-401, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 401: Essais divers – Méthodes de vieillissement thermique – Vieillissement en étuve à air*

IEC 60811-501, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 501: Essais mécaniques – Détermination des propriétés mécaniques des mélanges pour les enveloppes isolantes et les gaines*

IEC 60811-502, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 502: Essais mécaniques – Essai de rétraction des enveloppes isolantes*

IEC 60811-504, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 504: Essais mécaniques – Essai d'enroulement à basse température pour les enveloppes isolantes et les gaines*

IEC 60811-506, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 506: Essais mécaniques – Essai de choc à basse température pour les enveloppes isolantes et les gaines*

IEC 60811-508, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non métalliques – Partie 508: Essais mécaniques – Essai de pression à température élevée pour les enveloppes isolantes et les gaines*

IEC 60811-509, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 509: Essais mécaniques – Essai de résistance à la fissuration des enveloppes isolantes et des gaines (essai de choc thermique)*

IEC 60811-510, *Câbles électriques et à fibres optiques – Méthodes d'essai pour les matériaux non-métalliques – Partie 510: Essais mécaniques – Méthodes spécifiques pour les mélanges polyéthylène et polypropylène – Essai d'enroulement après vieillissement thermique dans l'air*

IEC 61034 (toutes les parties), *Mesure de la densité de fumées dégagées par des câbles brûlant dans des conditions définies*

IEC TR 61156-1-2<sup>1</sup>, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1-2: Electrical transmission characteristics and test methods of symmetrical pair/quad cables* (disponible en anglais seulement)

IEC TR 61156-1-5, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1-5: Correction procedures for the measurement results of return loss and input impedance* (disponible en anglais seulement)

IEC 61196-1-105, *Câbles coaxiaux de communication – Partie 1-105: Méthodes d'essai électrique – Essai pour la tension de tenue du diélectrique du câble*

IEC 62012-1:2002, *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quarts pour transmissions numériques utilisés en environnements sévères – Partie 1: Spécification générique*

IEC 62153-4-3:2013, *Metallic communication cables test methods – Part 4-3: Electromagnetic compatibility (EMC) – Surface transfer impedance – Triaxial method* (disponible en anglais seulement)

IEC 62153-4-5, *Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication – Partie 4-5: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Affaiblissement d'écran ou de couplage – Méthode de la pince absorbante*

IEC 62153-4-9, *Méthodes d'essai des câbles métalliques de communication – Partie 4-9: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Affaiblissement de couplage des câbles symétriques écrantés, méthode triaxiale*

IEC 62255 (toutes les parties), *Câbles multiconducteurs à paires symétriques et quarts pour transmissions numériques large bande (réseau d'accès télécommunications numériques à haut débit) – Câbles pour installations extérieures*

ISO/IEC TS 29125:2017, *Technologies de l'information – Exigences de câblage des télécommunications pour téléalimentation d'équipement terminal*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

---

<sup>1</sup> L'IEC TR 61156-1-2 est censée devenir une TS en 2023.

### 3.1

#### **déséquilibre de résistance**

différence de résistance entre conducteurs dans une paire ou un circuit d'une quarte, ou entre paires ou quartes

Note 1 à l'article: Le déséquilibre de résistance est exprimé en pourcentage (%).

### 3.2

#### **capacité mutuelle**

paramètre de stockage de charge électrique d'une paire de conducteurs (ou d'un même circuit d'une quarte)

Note 1 à l'article: La capacité mutuelle est l'un des quatre paramètres primaires d'une ligne de transmission: capacité mutuelle, inductance mutuelle, résistance et conductance.

Note 2 à l'article: La capacité mutuelle est exprimée en pF/m.

### 3.3

#### **déséquilibre de capacité par rapport à la terre**

différence arithmétique de capacité par rapport à la terre des conducteurs d'une paire ou d'un même circuit d'une quarte

Note 1 à l'article: Le déséquilibre de capacité est exprimé en pF/m.

### 3.4

#### **écran**

couche conductrice continue ou ensemble de couches conductrices ayant pour fonction de réduire la pénétration d'un champ électrique, magnétique ou électromagnétique dans une région déterminée

[SOURCE: IEC 60050-195:2021, 195-02-37, modifié, "couche conductrice continue ou ensemble de couches conductrices ayant pour fonction de réduire" a remplacé "dispositif destiné à réduire"]

### 3.5

#### **symétriseur**

dispositif fournissant une transformation d'impédance entre des composants symétriques et asymétriques

[SOURCE: ISO/IEC 11801-4:2017, 3.1.2]

### 3.6

#### **sans symétriseur**

symétriseur virtuel remplaçant les transformateurs physiques, obtenu par un algorithme mathématique et calculé à partir de paramètres à constantes localisées ou d'un réseau de paramètres à constantes réparties

### 3.7

#### **impédance de transfert**

$Z_T$

quotient de la tension longitudinale d'un câble uniforme électriquement court, induite dans le circuit extérieur, formé par l'écran en essai et le gabarit de mesure, et du courant injecté dans le circuit intérieur, le câble en essai proprement dit ou vice versa, rapporté à l'unité de longueur

Note 1 à l'article: L'impédance de transfert est exprimée en mΩ/m.

[SOURCE: IEC 62153-4-3:2013, 3.3, modifié, "d'un câble uniforme électriquement court" a été ajouté, "circuit extérieur" a remplacé "circuit extérieur adapté", "le câble en essai proprement dit" a été ajouté, "rapporté à l'unité de longueur" a remplacé "(voir Figure 1)"]

### **3.8 affaiblissement de couplage**

$a_c$

pour un câble symétrique écranté, somme des effets de l'affaiblissement de symétrie,  $a_U$ , de la paire symétrique et de l'affaiblissement d'écran,  $a_s$ , de l'écran du câble en essai

Note 1 à l'article: Pour les dispositifs électriquement longs, c'est-à-dire au-delà de la fréquence de coupure, l'affaiblissement de couplage,  $a_c$ , est défini comme le rapport logarithmique de la puissance d'alimentation,  $P_1$ , et des valeurs maximales périodiques de la puissance couplée,  $P_{r, \max}$ , dans le circuit externe.

Note 2 à l'article: L'affaiblissement de symétrie est exprimé en dB.

[SOURCE: IEC 62153-4-7:2021, 3.4, modifié, "câble" a remplacé "dispositif", "somme des effets" a remplacé "somme", la Note 2 a été ajoutée]

### **3.9 courant maximal admissible**

courant maximal qu'un circuit de câble (un ou plusieurs conducteurs) peut supporter avec une augmentation spécifiée de la température de surface du conducteur au-delà de la température ambiante, et ne dépassant pas la température maximale de fonctionnement admissible du câble

### **3.10 vitesse de propagation vitesse de phase**

vitesse à laquelle un signal sinusoïdal se propage sur une paire dans le câble

Note 1 à l'article: La vitesse de propagation est exprimée en m/s.

### **3.11 temps de propagation de phase**

temps de propagation

durée entre les instants où le front d'onde d'une onde progressive sinusoïdale, définie par une phase spécifiée, passe en deux points spécifiés dans un câble

Note 1 à l'article: Le temps de propagation de phase est exprimé en s/m.

### **3.12 temps de propagation différentiel distorsion**

différence en temps de propagation de phase entre deux paires quelconques dans le câble

Note 1 à l'article: Le temps de propagation différentiel (distorsion) est exprimé en s.

### **3.13 affaiblissement**

diminution en grandeur de la puissance d'un signal qui se propage le long d'une paire d'un câble

Note 1 à l'article: L'affaiblissement est exprimé en dB/m.

### **3.14 température ambiante**

température de la pièce ou de l'espace dans lequel se trouve le câble

Note 1 à l'article: La température ambiante est exprimée en degrés Celsius (°C).

**3.15****température de fonctionnement**

température à la surface du conducteur du câble

Note 1 à l'article: La température de fonctionnement du câble est la somme de la température ambiante et de l'augmentation de température causée par la puissance transportée.

Note 2 à l'article: La température de fonctionnement est exprimée en degrés Celsius (°C).

**3.16****affaiblissement de symétrie****UA**

rapport logarithmique de la puissance en mode différentiel à la puissance en mode commun dans une ligne symétrique, oui vice versa

Note 1 à l'article: L'affaiblissement de symétrie est exprimé en dB.

Note 2 à l'article: L'affaiblissement de symétrie est aussi souvent appelé perte de conversion: TCL (perte de conversion transverse), TCTL (perte de transfert de conversion transverse), LCL (perte de conversion longitudinale), LCTL (perte de transfert de conversion longitudinale), EL TCTL (perte de transfert de conversion transverse à niveau égal) et EL LCTL (perte de transfert de conversion longitudinale à niveau égal).

Note 3 à l'article: L'abréviation "UA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Unbalance Attenuation".

**3.17****perte de conversion transverse****TCL**

rapport logarithmique de la puissance du circuit en mode différentiel à l'extrémité proche et de la puissance de couplage en mode commun mesurée à l'extrémité proche

Note 1 à l'article: L'abréviation "TCL" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Transverse Conversion Loss".

**3.18****perte de transfert de conversion transverse à niveau égal****EL TCTL**

mesure de sortie à sortie du rapport logarithmique de la puissance du circuit en mode différentiel à l'extrémité proche et de la puissance de couplage en mode commun mesurée à l'extrémité éloignée

Note 1 à l'article: EL TCTL est calculée par la différence entre la TCTL mesurée et les pertes d'insertion en mode différentiel de la paire perturbée.

Note 2 à l'article: L'abréviation "EL TCTL" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Equal Level Transverse Conversion Transfer Loss".

**3.19****paradiaphonie****NEXT**

grandeur de la puissance d'un signal d'une paire perturbatrice à l'extrémité proche induite dans une paire perturbée mesurée à l'extrémité proche

Note 1 à l'article: La paradiaphonie est exprimée en dB.

Note 2 à l'article: L'abréviation "NEXT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Near-End CROSSTalk".

**3.20****télédiaphonie****FEXT**

grandeur de la puissance d'un signal d'une paire perturbatrice à l'extrémité proche induite dans une paire perturbée mesurée éloignée

Note 1 à l'article: La télédiaphonie est exprimée en dB.

Note 2 à l'article: L'abréviation "FEXT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Far-End CrosSTalk".

### 3.21

#### **sommation en puissance de la diaphonie**

##### **PS**

sommation de la puissance de diaphonie de toutes les paires perturbatrices vers une paire perturbée

Note 1 à l'article: La sommation est applicable à la paradiaphonie et à la télédiaphonie.

Note 2 à l'article: La sommation en puissance de la diaphonie est exprimée en dB.

Note 3 à l'article: L'abréviation "PS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Power Sum".

### 3.22

#### **rapport affaiblissement à diaphonie, en extrémité éloignée**

##### **ACR-F**

différence arithmétique entre la télédiaphonie et l'affaiblissement d'une paire perturbée

Note 1 à l'article: Le rapport affaiblissement à diaphonie, en extrémité éloignée, est exprimé en dB.

Note 2 à l'article: L'abréviation "ACR-F" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Attenuation to Crosstalk Ratio, Far-end".

### 3.23

#### **paradiaphonie exogène (due aux câbles voisins)**

##### **ANEXT**

paradiaphonie où les paires perturbatrice et perturbée sont contenues dans des câbles différents

Note 1 à l'article: La paradiaphonie exogène (due aux câbles voisins) est exprimée en dB.

Note 2 à l'article: L'abréviation "ANEXT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Alien (exogenous) Near-End CrosSTalk".

### 3.24

#### **télédiaphonie exogène (due aux câbles voisins)**

##### **AFEXT**

télédiaphonie où les paires perturbatrice et perturbée sont contenues dans des câbles différents

Note 1 à l'article: La télédiaphonie exogène (due aux câbles voisins) est exprimée en dB.

Note 2 à l'article: L'abréviation "AFEXT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Alien (exogenous) Far-End CrosSTalk".

### 3.25

#### **télédiaphonie exogène (due aux câbles voisins)**

##### **AACR-F**

télédiaphonie où les paires perturbatrice et perturbée sont contenues dans des câbles différents

Note 1 à l'article: La télédiaphonie exogène (due aux câbles voisins) est exprimée en dB.

Note 2 à l'article: L'abréviation "AACR-F" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Attenuation Alien (exogenous) Crosstalk Ratio at the Far end".

### 3.26

#### **sommation en puissance de la paradiaphonie exogène (due aux câbles voisins)**

##### **PS ANEXT**

sommation de la puissance de paradiaphonie exogène (due aux câbles voisins) de toutes les paires perturbatrices induite vers une paire perturbée dans des câbles différents

Note 1 à l'article: La sommation en puissance de la paradiaphonie exogène (due aux câbles voisins) est exprimée en dB.

Note 2 à l'article: L'abréviation "PS ANEXT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Power Sum of Alien (exogenous) Near-End Crosstalk".

### 3.27

#### **sommation en puissance de la télédiaphonie exogène (due aux câbles voisins) PS AACR-F**

sommation de la puissance de diaphonie exogène (due aux câbles voisins) de toutes les paires perturbatrices induite vers une paire perturbée dans des câbles différents

Note 1 à l'article: La sommation en puissance de la télédiaphonie exogène (due aux câbles voisins) est exprimée en dB.

Note 2 à l'article: L'abréviation "PS AACR-F" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Power Sum of Alien (exogenous) Far-end Crosstalk".

### 3.28

#### **impédance caractéristique**

$Z_C$

impédance à l'entrée d'une ligne homogène de longueur infinie

Note 1 à l'article: valeur d'impédance exprimée en  $\Omega$ , calculée, aux fréquences appropriées, comme la racine carrée du produit de l'impédance mesurée à l'extrémité proche (entrée) d'une paire de câbles, l'extrémité éloignée étant terminée d'abord par un circuit ouvert, puis par un court-circuit.

Note 2 à l'article: La valeur asymptotique aux hautes fréquences est dénotée  $Z_\infty$ .

Note 3 à l'article: L'impédance caractéristique d'une paire homogène de câbles est donnée par le quotient d'une onde de tension et d'une onde de courant qui propagent dans le même sens, soit en avant, soit en arrière.

Note 4 à l'article: Pour les câbles idéaux homogènes, cette méthode d'essai rapporte une courbe lisse plate sur la plage de fréquences entière. Les câbles réels comportant des déformations donnent des courbes irrégulières.

### 3.29

#### **impédance d'entrée adaptée**

$Z_{in}$

valeur d'impédance, exprimée en  $\Omega$ , aux fréquences appropriées, mesurée à l'extrémité proche (entrée) quand l'extrémité lointaine est terminée avec l'impédance nominale du système,  $Z_R$

### 3.30

#### **impédance caractéristique ajustée**

$Z_m$

valeur d'impédance, exprimée en  $\Omega$ , calculée au moyen d'un algorithme utilisant la fonction des moindres carrés appliquée aux valeurs de l'impédance caractéristique mesurée

### 3.31

#### **impédance caractéristique moyenne**

$Z_\infty$

valeur asymptotique vers laquelle tend l'impédance caractéristique aux hautes fréquences ( $\approx 100$  MHz) et telle que la partie imaginaire (angle de phase) soit insignifiante

Note 1 à l'article: Normalement mesurée à partir de la capacité et du décalage de temps.

Note 2 à l'article: Applicable aux câbles avec indépendance en fréquence de la capacité mutuelle.

### 3.32

#### **affaiblissement de réflexion**

**RL**

rapport de la puissance réfléchi à la puissance d'entrée aux bornes d'entrée d'une paire d'un câble

Note 1 à l'article: L'affaiblissement de réflexion est exprimé en dB.

Note 2 à l'article: L'abréviation "RL" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Return Loss".

**3.33****câble en faisceau**

groupage ou réunion de plusieurs câbles élémentaires qui sont systématiquement rassemblés

Note 1 à l'article: Les assemblages de câbles se réfèrent aussi aux faisceaux avec attaches rapides, et divers câbles sanglés entre eux.

**3.34****téléalimentation**

fourniture d'énergie à des équipements spécifiques à l'application par un câblage symétrique

[SOURCE: ISO/IEC TS 29125:2017, 3.1.5]

**3.35****très basse tension de sécurité****TBTS**

tension n'excédant pas 50 V efficaces en courant alternatif ou 120 V en courant continu lissé entre conducteurs ou entre un conducteur quelconque et la terre dans un circuit dont la séparation galvanique du réseau d'alimentation électrique est assurée par des moyens tels qu'un transformateur à enroulements séparés

Note 1 à l'article: Une tension maximale inférieure à 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu lissé peut être spécifiée dans des exigences particulières, plus spécialement lorsque le contact direct avec des parties actives est possible.

Note 2 à l'article: Lorsque la source est un transformateur de sécurité, il convient que la limite de tension ne soit pas dépassée à toute charge comprise entre la pleine charge et à vide.

Note 3 à l'article: "Lissé" se dit par convention d'une tension en courant continu lorsque le rapport de la valeur efficace de l'ondulation à la composante continue ne dépasse pas 10 %. La valeur de crête maximale ne dépasse pas 140 V pour un système en courant continu lissé de tension nominale 120 V et 70 V pour un système en courant continu lissé de tension nominale 60 V.

**3.36****température de fonctionnement continu****COT**

température maximale qui assure la stabilité et l'intégrité du matériau pendant la durée de vie prévue de l'équipement, ou de la pièce, dans l'application prévue

Note 1 à l'article: L'abréviation "COT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Continuous Operating Temperature".

**3.37****caractère hygroscopique**

caractéristique d'un matériau à absorber l'humidité de l'atmosphère

**3.38****effet de mèche**

écoulement longitudinal d'un liquide dans un matériau dû à l'action de capillarité

**4 Considérations d'installation**

Les câbles doivent être conçus pour satisfaire aux conditions d'installation rencontrées dans chaque zone, comme suit.

**a) Câbles d'équipement**

Câbles utilisés entre les postes de travail et les équipements périphériques (par exemple imprimante).

**b) Câbles de zone de travail**

Câbles utilisés entre le poste de travail et les prises de télécommunications.

c) Câbles capillaires

Câbles utilisés entre la prise de télécommunications de la zone de travail et le coffret de télécommunications.

d) Câbles de colonne et câbles de dorsale d'immeuble

Câbles utilisés pour installation horizontale ou verticalement entre étages.

e) Câbles de campus

Câbles utilisés pour interconnecter des bâtiments et devant être appropriés pour installation extérieure. Les câbles doivent être gainés et protégés conformément à l'IEC 62255 (toutes les parties).

f) Fourniture d'énergie

Pour les câbles fourniture d'énergie utilisant uniquement des systèmes TBTS pour la téléalimentation, la COT doit être prise en compte.

NOTE Le document connexe est l'IEC 60364-7-716.

## 5 Matériaux et construction du câble

### 5.1 Remarques générales

Le choix des matériaux et de la construction du câble doit convenir à l'application et l'installation envisagées pour le câble. Il convient de tenir compte de toutes les exigences spéciales relatives à la CEM (compatibilité électromagnétique), la tenue au feu ou la TBTS.

### 5.2 Constructions du câble

#### 5.2.1 Généralités

La construction des câbles doit être conforme aux détails et aux dimensions donnés dans la spécification particulière applicable.

#### 5.2.2 Conducteur

Le conducteur doit être en cuivre recuit, de qualité uniforme et exempt de défauts. Les propriétés du cuivre doivent être en conformité avec l'IEC 60028.

Le conducteur peut être massif ou câblé. Le conducteur massif doit être de section circulaire et peut être nu ou avec revêtement métallique. Le conducteur massif doit être tréfilé d'un seul tenant. Des soudures sur le conducteur massif sont permises, pourvu que la résistance à la rupture d'une soudure ne soit pas inférieure à 85 % de la résistance à la rupture d'un conducteur sans soudure.

Le conducteur câblé doit être constitué de brins de section circulaire et sans isolation entre eux, assemblés en concentrique ou en tordon.

NOTE L'utilisation de tordon n'est pas recommandée pour l'application de connexion par déplacement d'isolant (IDC).

Les brins élémentaires du conducteur peuvent être nus ou avec revêtement métallique.

Des soudures sur les brins élémentaires sont permises, pourvu que la résistance à la traction d'une soudure ne soit pas inférieure à 85 % de la résistance à la rupture d'un brin élémentaire sans soudure. Des soudures sur le conducteur câblé complet ne sont pas permises sauf dérogation dans la spécification particulière applicable.

Le conducteur des câbles de zone de travail et des câbles d'équipement peut être constitué d'un ou plusieurs éléments de rubans minces en cuivre ou alliage de cuivre qui doivent être

appliqués en hélice sur une mèche fibreuse. Des soudures sur l'élément complet ne sont pas permises.

### **5.2.3 Isolation**

#### **5.2.3.1 Exigences générales**

L'enveloppe isolante du conducteur est composée d'un ou plusieurs matériaux diélectriques appropriés. L'isolation peut être massive, cellulaire ou composite (par exemple une couche cellulaire sous une couche massive).

L'enveloppe isolante doit être continue et d'épaisseur uniforme.

L'enveloppe isolante doit être appliquée de façon à adhérer étroitement au conducteur.

Les conducteurs isolés peuvent être identifiés par couleurs, marquage additionnel par anneaux ou symboles obtenus en utilisant une enveloppe isolante colorée ou par coloration en surface à partir d'extrusion, d'impression ou de peinture. Les couleurs doivent être facilement identifiables et doivent correspondre raisonnablement aux couleurs de référence de l'IEC 60304.

#### **5.2.3.2 Code de couleurs**

Le code de couleurs de l'enveloppe isolante est donné dans la spécification particulière applicable.

### **5.2.4 Élément de câble**

#### **5.2.4.1 Généralités**

L'élément de câble est:

- une paire constituée de deux conducteurs isolés torsadés ensemble et désignés respectivement comme conducteur "a" et conducteur "b"; ou
- une quarte constituée de quatre conducteurs isolés torsadés ensemble et désignés respectivement comme conducteur "a", conducteur "c", conducteur "b" et conducteur "d", dans l'ordre de rotation.

Le choix de la longueur moyenne maximale du pas dans le câble terminé doit être effectué eu égard aux exigences spécifiées pour la diaphonie, au comportement en manipulation et à l'intégrité de la paire ou de la quarte.

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

#### **5.2.4.2 Écran de l'élément de câble**

Lorsqu'un écran est exigé sur la paire ou la quarte, il peut comporter ce qui suit:

- a) un ruban métallique contrecollé à un ruban plastique;
- b) un ruban métallique contrecollé à un ruban plastique et un fil de continuité en cuivre nu ou avec revêtement métallique par lequel le ruban métallique est en contact avec le fil de continuité;
- c) une tresse métallique;
- d) un ruban métallique contrecollé à un ruban plastique et une tresse métallique.

Il convient de considérer des revêtements ou d'autres méthodes de protection pour empêcher toute interaction galvanique lorsque des matériaux dissemblables sont mis en contact les uns avec les autres.

Un rubanage de protection peut être appliqué soit sous l'écran, soit sur celui-ci ou encore les deux à la fois.

### 5.2.5 Constitution du câble

Les éléments de câble peuvent être assemblés en couches concentriques ou en faisceaux. L'assemblage peut être protégé par un rubanage non hygroscopique, exempt d'effet de mèche.

NOTE 1 Des bourrages peuvent être utilisés pour maintenir une formation circulaire.

NOTE 2 La formation de l'élément avec un pas variable peut conduire à un pas maximal dépassant la valeur spécifiée, situation peu fréquente, mais acceptable.

### 5.2.6 Écran d'assemblage

Les éléments du câble peuvent comporter un écran faisant partie du système de blindage et de mise à la terre du câblage. Conception possible:

- a) un ruban métallique contrecollé à un ruban plastique qui peut être collé à la gaine, par exemple structure F/UTP;
- b) un ruban métallique contrecollé à un ruban plastique et un fil de continuité en cuivre nu ou avec revêtement métallique par lequel le ruban métallique est en contact avec le fil de continuité, par exemple structure F/UTP;
- c) une tresse métallique, par exemple structure S/UTP;
- d) un ruban métallique contrecollé à un ruban plastique et une tresse métallique, par exemple structure SF/UTP;
- e) un ruban en cuivre nu ou en aluminium, par exemple structure F/UTP.

Un ruban métallique non contrecollé est également admissible s'il peut satisfaire aux exigences de performance, par exemple rigidité diélectrique.

Il convient de considérer des revêtements ou d'autres méthodes de protection pour empêcher toute interaction galvanique lorsque des matériaux dissemblables sont mis en contact les uns avec les autres.

Un rubanage de protection peut être appliqué soit sous l'écran, soit sur celui-ci ou encore les deux à la fois. L'Annexe A énumère les conceptions habituelles et leurs dénominations.

### 5.2.7 Gaine

La gaine doit être constituée d'un matériau polymère.

La gaine doit être continue et d'épaisseur uniforme.

La gaine doit être appliquée de façon à adhérer étroitement aux éléments du câble. Dans le cas des câbles avec écran, la gaine ne doit pas adhérer à l'écran sauf lorsqu'elle est intentionnellement collée à lui.

La couleur de la gaine peut être spécifiée dans la spécification particulière applicable.

### 5.2.8 Identification

#### 5.2.8.1 Marquage de câble

Chaque longueur de câble doit porter le nom du fournisseur et le type de câble et, lorsqu'elle est fournie, l'année de fabrication en utilisant l'une des méthodes suivantes:

- a) des filins colorés ou rubans;
- b) un ruban imprimé;

- c) une impression sur le rubanage de l'assemblage;
- d) un marquage sur la gaine.

Des marquages supplémentaires, par exemple tension maximale, température assignée, etc. peuvent être stipulés sur la gaine comme indiqué dans la spécification particulière applicable.

### **5.2.8.2 Étiquetage**

Les informations suivantes doivent être fournies, soit sur une étiquette annexée à chaque longueur de câble terminé, soit à l'extérieur de l'emballage du produit:

- a) le type de câble;
- b) le nom du fournisseur ou son logo;
- c) l'année de fabrication;
- d) la longueur du câble en mètres.

### **5.2.9 Câble terminé**

Le câble terminé doit avoir une protection adéquate pour le stockage et l'expédition.

## **6 Caractéristiques et exigences**

### **6.1 Remarques générales – Configurations d'essai**

Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être réalisés en presumant que la température de fonctionnement est de 20 °C. La température du câble doit être stabilisée à 20 °C et le signal d'essai doit être suffisamment faible pour éviter toute augmentation de température.

NOTE Un échauffement est prévu lors des essais pour l'application du câble dans les installations de téléalimentation.

Les exigences calculées, arrondies à une décimale, doivent être utilisées pour déterminer la conformité.

Les configurations d'essai typiques pour l'éprouvette sont les suivantes:

- a) disposée sur une surface non métallique à 25 mm au moins d'une surface conductrice;
- b) maintenue en portées aériennes de sorte qu'il y ait une séparation minimale de 25 mm entre enroulements;
- c) enroulée en une seule hélice à spires non serrées sur un touret avec 25 mm au moins entre tours.

Les configurations a), b) et c) ne sont pas nécessaires pour les câbles avec écran.

Les paramètres de capacité mutuelle, diaphonie, impédance caractéristique et affaiblissement présentent quelquefois des valeurs mesurées jusqu'à 10 % plus élevées lorsque le câble est mesuré dans son emballage. Cette différence se produit du fait d'un conditionnement dense et serré, et d'un effet entre spires. L'emballage en caisse peut également affecter négativement les caractéristiques du câble affaiblissement de réflexion, diaphonie et impédance caractéristique, avec rétablissement total ou partiel des performances du câble après installation.

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

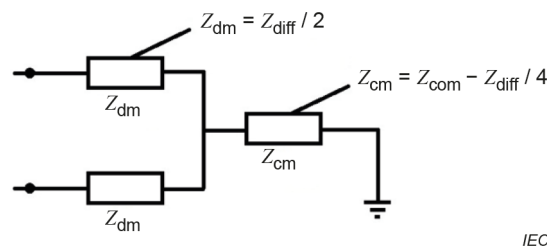
Les procédures de mesure pour la diaphonie exogène (due aux câbles voisins) spécifient les configurations d'essai spéciales pour le montage des câbles.

Il convient d'utiliser les résistances de terminaison en mode différentiel et en mode commun pour équiper les paires inactives et les extrémités opposées des paires actives pour les essais de paradiaphonie et de télédiaphonie (voir Figure 1). Pour les câbles ayant une impédance nominale ( $Z_{diff}$ ) de 100  $\Omega$ , l'impédance en mode commun ( $Z_{com}$ ) est égale à:

- environ 75  $\Omega$  pour les câbles à paires sans écran contenant jusqu'à 25 paires;
- environ 50  $\Omega$  pour les câbles à paires avec écran collectif et pour les câbles à paires sans écran contenant plus de 25 paires;
- environ 25  $\Omega$  pour les câbles à paires écrantées individuellement.

En principe, pour les mesures avec symétriseur, l'essai doit être effectué à condition que l'impédance en mode différentiel ( $Z_{diff}$ ) et l'impédance en mode commun ( $Z_{com}$ ) de l'éprouvette soient adaptées respectivement par le symétriseur et l'analyseur de réseau vectoriel (ou des instruments équivalents).

Mais en pratique, sachant que l'analyseur de réseau vectoriel (ou l'instrument équivalent) utilisé pour la mesure est équipé d'accès 50  $\Omega$  en général et que l'impédance en mode commun du symétriseur est également de 50  $\Omega$ , l'impédance en mode commun de la terminaison doit être de 50  $\Omega$ , sauf spécification contraire. Cela permet de simplifier les mesures lorsque l'impédance en mode commun de l'éprouvette varie de 25  $\Omega$  à 75  $\Omega$ .



**Légende**

- $Z_{dm}$  est la résistance de terminaison en mode différentiel ( $\Omega$ )
- $Z_{cm}$  est la résistance de terminaison en mode commun ( $\Omega$ )
- $Z_{diff}$  est l'impédance du câble en mode différentiel ( $\Omega$ )
- $Z_{com}$  est l'impédance du câble en mode commun ( $\Omega$ )

**Figure 1 – Résistances de terminaison pour les mesures avec symétriseur**

L'IEC TR 61156-1-2 fournit les valeurs des résistances de terminaison pour les mesures sans symétriseur.

**6.2 Caractéristiques électriques et essais**

**6.2.1 Résistance du conducteur**

La mesure de la résistance du conducteur doit être conforme à l'IEC 60189-1:2018, 8.1.

NOTE L'IEC TR 61156-1-6 fournit des informations générales concernant la résistance.

**6.2.2 Déséquilibre de résistance**

**6.2.2.1 Exigence générale**

La mesure du déséquilibre de résistance et la précision de l'équipement de mesure doivent être en conformité avec l'IEC 60708.

NOTE L'IEC TR 61156-1-6 fournit des informations générales concernant le déséquilibre de résistance.

### 6.2.2.2 Déséquilibre de résistance dans une paire

Le déséquilibre de résistance entre conducteurs d'une paire ou d'un même circuit d'une quarte est donné par:

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

où

$\Delta R$  est le déséquilibre de résistance entre conducteurs (%);

$R_{\max}$  est la résistance pour le conducteur ayant la valeur de résistance la plus élevée ( $\Omega$ );

$R_{\min}$  est la résistance pour le conducteur ayant la valeur de résistance la plus faible ( $\Omega$ ).

### 6.2.2.3 Déséquilibre de résistance entre paires

Le déséquilibre de résistance entre paires ou entre circuits de quartes est donné par:

$$\Delta RP_{i,k} = \frac{\left| R_{\max i} \times R_{\min i} (R_{\max k} + R_{\min k}) - R_{\max k} \times R_{\min k} (R_{\max i} + R_{\min i}) \right|}{R_{\max i} \times R_{\min i} (R_{\max k} + R_{\min k}) + R_{\max k} \times R_{\min k} (R_{\max i} + R_{\min i})} \times 100\% \quad (2)$$

où

$\Delta RP_{i,k}$  est le déséquilibre de résistance entre la paire  $i$  et la paire  $k$  (%);

$R_{\max}$  est la résistance du conducteur ayant la valeur de résistance la plus élevée d'une paire ( $\Omega$ );

$R_{\min}$  est la résistance du conducteur ayant la valeur de résistance la plus faible d'une paire ( $\Omega$ );

$i, k$   $i \neq k$  où  $i = 1$  à  $n$  et  $k = 1$  à  $n$  pour  $n =$  nombre de paires.

### 6.2.3 Rigidité diélectrique

Cette mesure doit être effectuée avant la mesure de la résistance d'isolement décrit en 6.2.4.

La mesure de la rigidité diélectrique doit être en conformité avec l'IEC 61196-1-105 entre conducteurs, entre les conducteurs et l'écran (le cas échéant) et entre les écrans (le cas échéant).

NOTE Cet essai permet de s'assurer que la sécurité n'est pas compromise dans les installations de téléalimentation.

### 6.2.4 Résistance d'isolement

Cette mesure doit être effectuée après l'essai de rigidité diélectrique décrit en 6.2.3.

La mesure de la résistance d'isolement entre conducteurs, conducteur/écran et écran/écran doit être conforme à l'IEC 60189-1:2018, 8.3. La tension d'essai doit être comprise entre 100 V et 500 V en courant continu, sauf indication contraire dans la spécification particulière.

### 6.2.5 Capacité mutuelle

La mesure de la capacité mutuelle des paires dans un câble multipaire ou à quartes doit être conforme à l'IEC 60189-1:2018, 8.4.

### 6.2.6 Déséquilibre de capacité par rapport à la terre

La mesure du déséquilibre de capacité dans un câble multipaire ou à quartes doit être conforme à l'IEC 60189-1:2018, 8.5.

Le déséquilibre de capacité par rapport à la terre d'une paire ou d'un circuit d'une quarte est donné par:

$$\Delta C_e = C_1 - C_2 \quad (3)$$

où

$\Delta C_e$  est le déséquilibre de capacité de la paire par rapport à la terre (pF/km);

$C_1$  est la capacité entre le conducteur "a" et le conducteur "b" avec le conducteur "b" connecté à tous les autres conducteurs, à l'écran (s'il existe) et à la terre (pF/km);

$C_2$  est la capacité entre le conducteur "b" et le conducteur "a" avec le conducteur "a" connecté à tous les autres conducteurs, à l'écran (s'il existe) et à la terre (pF/km).

Le résultat d'essai de déséquilibre de capacité par rapport à la terre doit être corrigé:

– pour le déséquilibre paire-terre et réel-terre par:

$$\Delta C_e = C_{\text{meas}} \times \frac{1000}{L} \quad (4)$$

où

$\Delta C_e$  est le déséquilibre de capacité par rapport à la terre (pF/km);

$C_{\text{meas}}$  est la capacité mesurée (pF/km);

$L$  est la longueur du câble en essai (m).

Si cela est exigé, le résultat d'essai de déséquilibre de capacité pour le déséquilibre entre paires et réel-réel doit être spécifié dans la spécification particulière.

### 6.2.7 Impédance de transfert

L'impédance de transfert doit être mesurée conformément à l'IEC 62153-4-3. Tous les écrans doivent être connectés ensemble aux extrémités de l'éprouvette. L'impédance de transfert doit être mesurée sur toute la plage de fréquences indiquée dans la spécification intermédiaire applicable.

### 6.2.8 Affaiblissement de couplage

La méthode d'essai de l'affaiblissement de couplage doit se faire conformément à l'IEC 62153-4-5 ou l'IEC 62153-4-9. Tous les écrans doivent être connectés ensemble aux extrémités de l'éprouvette. L'affaiblissement de couplage de toutes les paires dans l'éprouvette doit être mesuré sur toute la plage de fréquences indiquée dans la spécification intermédiaire applicable.

L'IEC 62153-4-9 doit être la méthode d'essai de référence pour résoudre les doutes ou les litiges.

### 6.2.9 Courant maximal admissible

Si cela est exigé, la méthode d'essai du courant maximal admissible est décrite dans l'IEC 61156-1-4. Comme le courant maximal admissible est déterminé de manière significative par les conditions d'installation, il convient de prendre en compte les recommandations générales de l'ISO/IEC TS 29125.

NOTE La section minimale des conducteurs (résistance maximale) est utilisée dans le calcul de chaque câble considéré pour son courant maximal admissible, car les livraisons par lots peuvent varier.

## 6.3 Caractéristiques de transmission

### 6.3.1 Exigences générales

Les mesures de transmission sont effectuées en condition équilibrée, avec équipement de mesure (analyseur de réseau ou générateur de signal et récepteur) et transformateurs symétriseurs pour connecter le câble à l'équipement. Les symétriseurs doivent être sélectionnés pour adapter l'équipement d'essai à l'impédance nominale du câble et doivent avoir les caractéristiques de fonctionnement appropriées données dans le Tableau 1.

Tous les essais doivent être effectués sur l'ensemble de la plage de fréquences spécifiée et aux mêmes points de fréquence de la procédure d'étalonnage. Un étalonnage complet des 2 accès doit être effectué pour obtenir la meilleure précision et il convient que la longueur du câble pour un étalonnage complet soit aussi courte que possible.

Tous les essais doivent être effectués dans les deux sens ou aux deux extrémités.

Une alternative à la méthode de mesure avec symétriseur est la méthode de mesure sans symétriseur qui est spécifiée dans l'IEC TR 61156-1-2. Pour les fréquences supérieures à 1 GHz, la méthode de mesure sans symétriseur est recommandée.

La longueur du câble en essai doit être égale à 100 m, sauf spécification contraire.

### 6.3.2 Vitesse de propagation (vitesse de phase)

La vitesse de propagation doit être déterminée en fonction de la vitesse angulaire et la constante de phase.

Le schéma de l'équipement d'essai est donné à la Figure 2.

La vitesse de propagation est donnée par:

$$v_{(f)} = \frac{\omega_{(f)}}{\beta_{(f)}} = \frac{2\pi f}{\beta_{(f)}} \quad (5)$$

où

$f$  est la fréquence (Hz);

$v_{(f)}$  est la vitesse de phase à la fréquence  $f$  (m/s);

$\beta_{(f)}$  est la constante de phase (rad/m);

$\omega_{(f)}$  est la vitesse angulaire.

Aux hautes fréquences, la vitesse de propagation du câble est approximativement constante, de sorte que la vitesse de phase peut être évaluée par la vitesse de groupe pour faciliter la mesure. Lorsque des signaux à composantes de fréquences multiples se propagent le long d'un câble, si ces fréquences sont très proches et que leurs différences sont beaucoup plus petites que la fréquence centrale, la vitesse de groupe est déterminée à l'aide de la Formule (6).  $\Delta f$  est l'intervalle de fréquence pour lequel la phase du signal de sortie présente une rotation de  $2\pi$  radians par rapport au signal d'entrée:

$$v_{(G)} = L \times \Delta f \quad (6)$$

où

$v_{(G)}$  est la vitesse de groupe (m/s);

$L$  est la longueur du câble en essai (m);

$\Delta f$  est l'intervalle de fréquence (Hz).

Afin d'évaluer  $\Delta f$  avec suffisamment de précision, la différence de fréquence,  $\Delta f'$ , pour  $n$  rotations de  $2\pi$  radians peut être mesurée comme:

$$\Delta f = \Delta f' / n \quad (7)$$

où

$\Delta f$  est l'intervalle de fréquence (Hz);

$\Delta f'$  est la différence de fréquence pour  $n$  rotations (Hz);

$n$  est le nombre de rotations  $\leq 10$ .

L'IEC TR 61156-1-2 fournit des informations détaillées de la vitesse de phase et de la vitesse de groupe.

### 6.3.3 Temps de propagation de phase et temps de propagation différentiel (distorsion)

Le temps de propagation de phase est déterminé à partir de la vitesse de phase:

$$\tau_p = \frac{L}{v_p} \quad (8)$$

où

$\tau_p$  est le temps de propagation de phase (s);

$v_p$  est la vitesse de phase (m/s);

$L$  est la longueur du câble en essai (m).

Le temps de propagation différentiel (distorsion) est déterminé à l'aide de:

$$\Delta\tau_p = L \times \left| \frac{1}{v_{p,1}} - \frac{1}{v_{p,2}} \right| \quad (9)$$

où

$\Delta\tau_p$  est le temps de propagation différentiel (distorsion) (s);

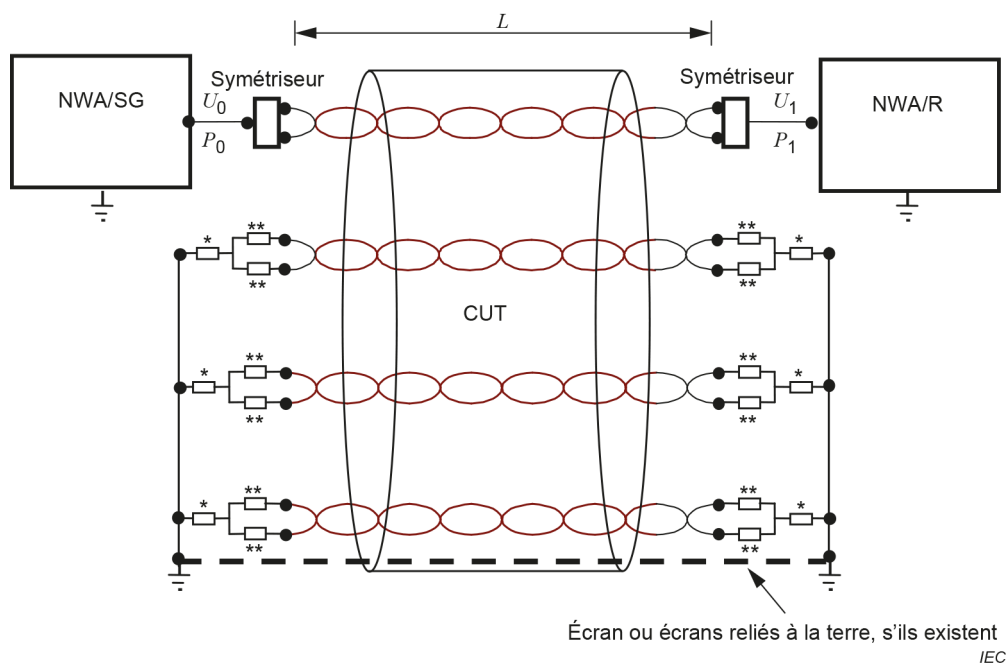
$v_{p,1}$  est la vitesse de phase d'une paire (m/s);

$v_{p,2}$  est la vitesse de phase d'une autre paire (m/s).

### 6.3.4 Affaiblissement

#### 6.3.4.1 Affaiblissement à la température de fonctionnement de 20 °C

La mesure doit être effectuée sur la plage de fréquences indiquée dans la spécification intermédiaire applicable. Le schéma d'essai est donné à la Figure 2.



#### Légende

- CUT câble en essai (CUT, Cable Under Test)
- NWA/SG accès à l'analyseur de réseau ou au générateur de signal (NetWork Analyzer port or Signal Generator)
- NWA/R accès à l'analyseur de réseau ou au récepteur (NetWork Analyzer port or Receiver)
- \* résistance de terminaison en mode commun
- \*\* résistance de terminaison en mode différentiel (adapté en paires)
- $L$  longueur du câble en essai (m)
- $U_0$  tension à l'accès analyseur de réseau ou au générateur de signal (V)
- $U_1$  tension à l'accès analyseur de réseau ou au récepteur (V)
- $P_0$  puissance à l'accès analyseur de réseau ou au générateur de signal (W)
- $P_1$  puissance à l'accès analyseur de réseau ou au récepteur (W)

**Figure 2 – Montage d'essai pour la mesure de l'affaiblissement, de la vitesse de propagation et du temps de propagation de phase**

Les mesures sont effectuées à température ambiante et l'affaiblissement sur une longueur de câble de 100 m est donné par la Formule (10):

$$\alpha = \left| \frac{100}{L} \right| \times 10 \lg \left| \frac{P_0}{P_1} \right| \quad (10)$$

où

$\alpha$  est l'affaiblissement sur 100 m (dB/100 m) et est corrigé à 20 °C comme suit:

$$\alpha_{20} = \frac{\alpha}{1 + \delta_{\text{cable}} \times (T - 20)} \quad (11)$$

où

$\alpha_{20}$  est l'affaiblissement corrigé à 20 °C (dB/100 m);

$\delta_{\text{cable}}$  est le coefficient de température de l'affaiblissement (%/°C);

$T$  est la température ambiante (°C).

Les valeurs du coefficient de température de l'affaiblissement sont données dans la spécification intermédiaire applicable.

### 6.3.4.2 Affaiblissement à température ambiante élevée

#### 6.3.4.2.1 Chambre d'essai

La chambre d'essai doit être soit une étuve à circulation d'air, soit une chambre climatique. La chambre d'essai doit être en mesure de maintenir la température d'essai exigée à  $\pm 2$  °C, pour la durée de l'essai. Les dimensions de la chambre doivent être appropriées pour contenir l'échantillon et les aménagements tels que cela est exigé pour maintenir l'échantillon. La chambre d'essai doit être équipée d'accès pour la connexion de l'échantillon à l'équipement d'essai. La longueur maximale des extrémités de câble hors de la chambre d'essai doit être de 1 m.

#### 6.3.4.2.2 Préparation de l'échantillon et configuration de l'essai

L'échantillon peut être enroulé non serré avec un diamètre minimal de 18 cm et placé dans la chambre. Dans cette configuration, les spires de l'enroulement peuvent être en étroite proximité et des couplages entre spires peuvent apparaître dans les résultats d'essai pour les câbles sans écran.

L'échantillon peut, comme alternative, être enroulé sur un touret non métallique avec les spires adjacentes séparées au minimum de 2,5 cm, ce qui élimine les couplages entre spires pour les câbles sans écran.

#### 6.3.4.2.3 Procédure d'essai

L'affaiblissement de l'échantillon doit être mesuré à la température ambiante conformément à 6.3.4.1 après conditionnement dans la chambre pendant au moins 4 h.

La température dans la chambre doit être maintenue à la température exigée et l'affaiblissement de l'échantillon doit être mesuré de nouveau après une durée comprise entre 4 h et 24 h. Le signal d'essai doit être suffisamment faible afin d'éviter tout accroissement de température.

Un algorithme mathématique de lissage qui peut être appliqué aux données de mesure de l'affaiblissement pour corriger les couplages entre spires est donné par la formule suivante:

$$\alpha_{sm} = a \times \sqrt{f} + b \times f + c / \sqrt{f} + d \quad (12)$$

où

$\alpha_{sm}$  est la valeur lissée de l'affaiblissement (dB/100 m);

$a$ ,  $b$ ,  $c$  et  $d$  sont les coefficients de régression;

$f$  est la fréquence (Hz).

### 6.3.4.3 Coefficient de température de l'affaiblissement

Le coefficient de température de l'affaiblissement est donné par la Formule (13).

$$\delta_{cable} = \frac{\alpha_{T2} - \alpha_{T1}}{\alpha_{T1} \times (T_2 - T_1)} \times 100\% \quad (13)$$

où

$\delta_{cable}$  est le coefficient de température de l'affaiblissement (%/°C);

$\alpha_{T1}$  est l'affaiblissement à la température  $T_1$  (dB/100 m);

$\alpha_{T2}$  est l'affaiblissement à la température  $T_2$  (dB/100 m);

$T_1$  est la température de référence ou température ambiante (°C);

$T_2$  est la température ambiante (°C).

NOTE Le calcul à l'aide de la Formule (13) est applicable à la fois aux données mesurées et aux données lissées de l'affaiblissement.

## 6.3.5 Affaiblissement de symétrie

### 6.3.5.1 Équipement

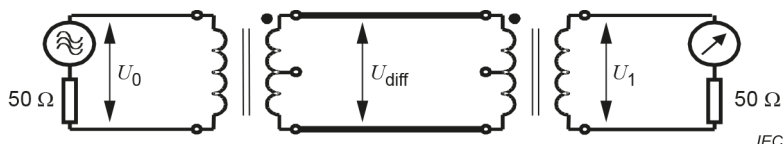
- a) Un chemin de retour défini (mode commun) doit être créé pour la mesure de l'affaiblissement déséquilibré. Cela est normalement obtenu en mettant à la terre toutes les autres paires et écrans, s'ils existent, en commun à la terre du symétriseur. Les paires doivent être terminées sur des extrémités en mode différentiel et en mode commun, et mises à la terre aux extrémités proche et distante. Toutefois, le câble en essai peut être enroulé sur un touret métallique mis à la terre. La surface du touret peut avoir une rainure appropriée, suffisamment large pour contenir le câble et doit permettre de mettre 100 m de câble en une seule couche.
- b) Les deux méthodes avec ou sans symétriseur sont admises pour mesurer l'affaiblissement de symétrie. Pour la méthode de mesure avec symétriseur, les symétriseurs doivent avoir un accès en mode commun et les caractéristiques données dans le Tableau 1. Pour la méthode de mesure sans symétriseur, l'équipement doit être conforme à l'IEC 61156-1-2.
- c) Un analyseur de réseau vectoriel ou une combinaison générateur et récepteur convenant pour la fréquence exigée et la dynamique peut être utilisé.
- d) Un réflectomètre fonctionnant dans le domaine temporel ou un analyseur de réseau vectoriel disposant d'une fonction d'analyse du domaine temporel en utilisant la transformée de Fourier discrète inverse peut être utilisé en tant qu'équipement facultatif.

**Tableau 1 – Caractéristiques de fonctionnement du symétriseur d'essai**

Paramètre	Classe A-500 1 MHz à 500 MHz	Classe A-1 000 1 MHz à 1 000 MHz	Classe A-2 000 1 MHz à 2 000 MHz
Impédance, primaire <sup>a</sup>	50 Ω non symétrique	50 Ω non symétrique	50 Ω non symétrique
Impédance, secondaire	Symétrique, adapté <sup>d</sup>	Symétrique, adapté <sup>d</sup>	Symétrique, adapté <sup>d</sup>
Perte d'insertion, maximale	2,0 dB	3,0 dB	4,5 dB
Affaiblissement de réflexion, secondaire, minimal	12 dB min, 1 MHz à 15 MHz 20 dB min, 15 MHz à 500 MHz	12 dB, 4 MHz à 15 MHz 20 dB, 15 MHz à 550 MHz 17,5 dB, 550 MHz à 600 MHz 10 dB, 600 MHz à 1 000 MHz	8 dB, 1 MHz à 3 MHz 12 dB, 3 MHz à 15 MHz 20 dB, 15 MHz à 1 000 MHz 18 dB, 1 000 MHz à 2 000 MHz
Affaiblissement de réflexion, mode commun <sup>b</sup> , minimal	15 dB min, 1 MHz à 15 MHz 20 dB min, 15 MHz à 400 MHz 15 dB min, 400 MHz à 500 MHz	15 dB, 4 MHz à 15 MHz 20 dB, 15 MHz à 400 MHz 15 dB, 400 MHz à 600 MHz 10 dB, 600 MHz à 1 000 MHz	6 dB, 1 MHz à 3 MHz 10 dB, 3 MHz à 500 MHz pour étude ultérieure, 500 MHz à 2 000 MHz
Puissance assignée	0,1 W min.	0,1 W	0,1 W min.
Équilibre longitudinal <sup>c</sup> , minimal	60 dB min, 1 MHz à 100 MHz 50 dB min, 100 MHz à 500 MHz	60 dB, 4 MHz à 350 MHz 50 dB, 350 MHz à 600 MHz 40 dB, 600 MHz à 1 000 MHz	60 dB, 1 MHz à 100 MHz 50 dB, 100 MHz à 500 MHz 42 dB, 500 MHz à 1 000 MHz 34 dB, 1 000 MHz à 2 000 MHz
Équilibre signal de sortie <sup>c</sup> , minimal	50 dB, au minimum	60 dB, 4 MHz à 350 MHz 50 dB, 350 MHz à 600 MHz 40 dB, 600 MHz à 1 000 MHz	A l'étude
Réjection en mode commun <sup>c</sup> , minimale	50 dB	50 dB, 4 MHz à 600 MHz 40 dB, 600 MHz à 1 000 MHz	50 dB, 1 MHz à 500 MHz 42 dB, 500 MHz à 1 000 MHz 34 dB, 1 000 MHz à 2 000 MHz
Lignes directrices spéciales pour l'utilisation des symétriseurs			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Pour les essais jusqu'à 500 MHz, il convient d'utiliser des symétriseurs de classe A-500.</li> <li>2) Pour les essais jusqu'à 1 000 MHz, il convient d'utiliser des symétriseurs de classe A-1000.</li> <li>3) Pour les essais jusqu'à 2 000 MHz, la méthode d'essai sans symétriseur est préférentielle. Voir l'IEC TR 61156-1-2 pour des informations détaillées sur la méthode d'essai sans symétriseur.</li> <li>4) L'accès en mode commun des symétriseurs est facultatif en 6.3 à l'exception de la mesure de l'affaiblissement de symétrie.</li> </ol>			
<sup>a</sup> L'impédance primaire peut être différente, si nécessaire, pour s'ajuster à des sorties de l'analyseur autres que 50 Ω.			
<sup>b</sup> Mesuré en connectant ensemble les bornes de sortie symétriques et en mesurant l'affaiblissement de réflexion. La borne d'entrée non symétrique du symétriseur doit être terminée par une charge de 50 Ω.			
<sup>c</sup> Mesuré suivant la Recommandation UIT-T G.117 et la Recommandation UIT-T O.9.			
<sup>d</sup> Pour les câbles de 120 Ω, des symétriseurs de 120 Ω sont utilisés seulement au cas où l'utilisateur le demande. Généralement, des symétriseurs de 100 Ω sont utilisés.			

### 6.3.5.2 Étalonnage du symétriseur

- a) L'étalonnage de la ligne de référence (ligne 0 dB) doit être déterminé en connectant des câbles coaxiaux entre l'entrée et la sortie de l'analyseur. Les mêmes câbles coaxiaux doivent être utilisés pour les mesures de pertes du symétriseur. L'étalonnage doit être confirmé sur la totalité de la plage de fréquences spécifiée dans la spécification de câble applicable. Cette méthode d'étalonnage est valide pour des symétriseurs étroitement adaptés qui satisfont les caractéristiques du Tableau 1.
- b) La Figure 3 représente le schéma pour la mesure des pertes en mode différentiel des symétriseurs. Deux symétriseurs sont connectés dos à dos sur le côté sortie symétrique et leur affaiblissement est mesuré sur la plage spécifiée de fréquences. La connexion entre les deux symétriseurs doit se faire avec des pertes négligeables.



#### Légende

$U_0$  tension à l'accès analyseur de réseau ou au générateur de signal (V)

$U_1$  tension à l'accès analyseur de réseau ou au récepteur (V)

$U_{diff}$  tension à l'accès symétrique des symétriseurs (V)

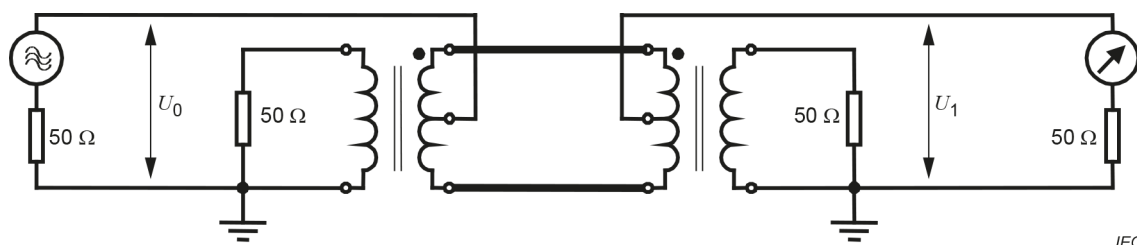
**Figure 3 – Montage d'essai pour la mesure des pertes en mode différentiel des symétriseurs**

Les pertes en mode différentiel du symétriseur unique sont données par:

$$\alpha_{diff} = 0,5 \times \left( 20 \lg \left| \frac{U_0}{U_1} \right| \right) = -0,5 \times (20 \lg |S_{21}|) \quad (14)$$

où  $\alpha_{diff}$  sont les pertes en mode différentiel du symétriseur unique (dB).

- c) La Figure 4 représente le schéma pour la mesure des pertes en mode commun des symétriseurs. Les symétriseurs utilisés en b) sont connectés ensemble; les accès non équilibrés des symétriseurs sont terminés avec l'impédance nominale de l'équipement d'essai, l'équipement d'essai est connecté à l'accès en mode commun (point central) des symétriseurs.



#### Légende

$U_0$  tension à l'accès analyseur de réseau ou au générateur de signal (V)

$U_1$  tension à l'accès analyseur de réseau ou au récepteur (V)

**Figure 4 – Montage d'essai pour la mesure des pertes en mode commun des symétriseurs**

Les pertes en mode commun du symétriseur unique sont données par:

$$\alpha_{\text{com}} = 0,5 \times \left( 20 \lg \left| \frac{U_0}{U_1} \right| \right) = -0,5 \times (20 \lg |S_{21}|) \quad (15)$$

où  $\alpha_{\text{com}}$  sont les pertes en mode commun du symétriseur unique (dB).

- d) L'affaiblissement opérationnel du symétriseur,  $\alpha_{\text{balun}}$ , prend en compte les pertes du symétriseur en mode commun et en mode différentiel:

$$\alpha_{\text{balun}} = \alpha_{\text{diff}} + \alpha_{\text{com}} \quad (16)$$

où  $\alpha_{\text{balun}}$  est l'affaiblissement opérationnel du symétriseur ou perte intrinsèque du symétriseur (dB).

NOTE Des résultats plus précis peuvent être obtenus soit en inversant les bornes des symétriseurs pour  $\alpha_{\text{diff}}$  et  $\alpha_{\text{com}}$ , et en moyennant les résultats, soit en utilisant trois symétriseurs. Dans le dernier cas, l'hypothèse de symétriseurs identiques n'est pas exigée.

- e) Le rapport des tensions du symétriseur peut être exprimé par le rapport du nombre de spires du symétriseur et à partir de l'affaiblissement en fonctionnement du symétriseur:

$$\begin{aligned} 20 \lg \left| \frac{U_{\text{diff}}}{U_0} \right| &= 10 \lg \left| \frac{Z_{\text{diff}}}{Z_0} \right| - \alpha_{\text{balun}} \\ 20 \lg \left| \frac{U_{\text{diff}}}{U_1} \right| &= 10 \lg \left| \frac{Z_{\text{diff}}}{Z_1} \right| - \alpha_{\text{balun}} \end{aligned} \quad (17)$$

où

$U_{\text{diff}}$  est la tension en mode différentiel à l'entrée du câble en essai (V);

$U_0$  est la tension à l'accès de l'analyseur de réseau ou au générateur de signal (V);

$U_1$  est la tension à l'entrée de la charge (V);

$Z_{\text{diff}}$  est l'impédance caractéristique du circuit en mode différentiel ( $\Omega$ );

$Z_0$  est l'impédance de sortie de l'analyseur de réseau ou du générateur de signal ( $\Omega$ );

$Z_1$  est l'impédance d'entrée de la charge ( $\Omega$ ).

### 6.3.5.3 Mesures

#### 6.3.5.3.1 Préparation d'échantillon

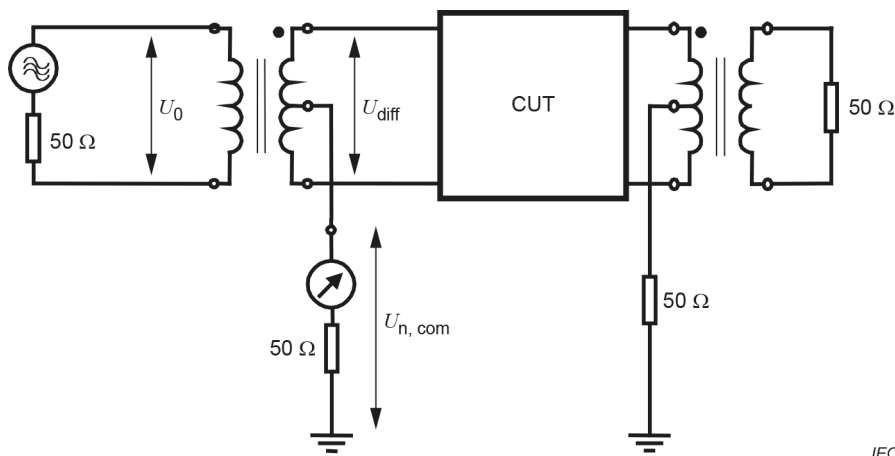
Les extrémités du CUT doivent être préparées de sorte que le torsadage des paires/quartes soit maintenu jusqu'aux terminaux de l'équipement d'essai. Sauf spécification contraire, le CUT doit avoir une longueur de  $(100 \pm 1)$  m. Toutes les paires qui ne sont pas en essai doivent être connectées à la terre par des terminaisons en mode différentiel et en mode commun, à l'extrémité proche et à l'extrémité distante.

L'impédance du circuit en mode commun,  $Z_{\text{com}}$ , peut être mesurée avec plus de précision soit avec un réflectomètre fonctionnant dans le domaine temporel (TDR), soit avec un analyseur de réseau. Les deux conducteurs de la paire sont connectés ensemble aux deux extrémités et l'impédance est mesurée entre ces conducteurs et le trajet de retour.

Sauf spécification contraire, il convient que les terminaisons en mode commun soient égales à 50 Ω. Les écrans, lorsqu'ils existent, doivent être connectés à la terre aux deux extrémités du câble.

### 6.3.5.3.2 Montage d'essai pour les mesures d'affaiblissement de symétrie

La Figure 5 représente un schéma de la mesure de l'affaiblissement de symétrie à l'extrémité proche.



**Figure 5 – Montage d'essai pour les mesures d'affaiblissement de symétrie à l'extrémité proche (TCL)**

$$\alpha_{\text{meas}} = 20 \lg \left| \frac{U_0}{U_{n,\text{com}}} \right| = -20 \lg |S_{21}| \quad (18)$$

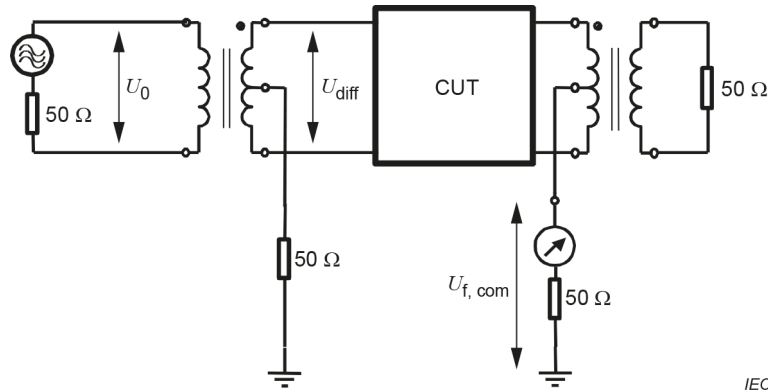
où

$\alpha_{\text{meas}}$  est l'affaiblissement mesuré (dB);

$U_{n,\text{com}}$  est la tension dans le circuit en mode commun au symétriseur de l'extrémité proche (V);

$U_0$  est la tension dans le circuit primaire (non symétrique) au symétriseur de l'extrémité proche (V).

La Figure 6 représente un schéma de la mesure de l'affaiblissement de symétrie à l'extrémité distante.



**Figure 6 – Montage d’essai pour les mesures d’affaiblissement de symétrie à l’extrémité distante (TCTL)**

$$\alpha_{\text{meas}} = 20 \lg \left| \frac{U_0}{U_{f, \text{com}}} \right| \tag{19}$$

où

$\alpha_{\text{meas}}$  est l’affaiblissement mesuré (dB);

$U_{f, \text{com}}$  est la tension dans le circuit en mode commun au symétriseur de l’extrémité distante (V);

$U_0$  est la tension dans le circuit primaire (non symétrique) au symétriseur de l’extrémité proche (V).

### 6.3.5.3.3 Expression du résultat d’essai

L’affaiblissement de symétrie est défini comme le rapport logarithmique de la puissance en mode commun à la puissance en mode différentiel:

$$\alpha_{u, n} = 10 \lg \left| \frac{P_{\text{diff}}}{P_{n, \text{com}}}\right| = 20 \lg \left| \frac{U_{\text{diff}}}{U_{n, \text{com}}}\right| + 10 \lg \left| \frac{Z_{\text{com}}}{Z_{\text{diff}}}\right| \tag{20}$$

où

$\alpha_u$  est l’affaiblissement de symétrie (dB);

$P_{\text{com}}$  est la puissance en mode commun adapté (W);

$P_{\text{diff}}$  est la puissance en mode différentiel adapté (W);

n, f sont respectivement l’extrémité proche et l’extrémité distante;

$Z_{\text{diff}}$  est l’impédance caractéristique du circuit en mode différentiel ( $\Omega$ );

$Z_{\text{com}}$  est l’impédance caractéristique du circuit en mode commun, ( $\Omega$ ).

Lors de mesures avec des dispositifs d’essai de paramètres S, la tension de sortie du générateur est mesurée au lieu de la tension en mode différentiel dans le câble en essai. En tenant compte de l’affaiblissement opérationnel du symétriseur, la formule pour l’affaiblissement de symétrie en extrémité proche ou distante est:

$$\begin{aligned}
\alpha_{u, n} &= 10 \lg \left| \frac{P_{\text{diff}}}{P_{n, \text{com}}}_{f, \text{com}} \right| = \\
10 \lg \left| \frac{P_0}{P_{n, \text{com}}}_{f, \text{com}} \right| - \alpha_{\text{balun}} &= \\
\alpha_{\text{meas}} + 10 \lg \left| \frac{Z_0}{Z_{\text{com}}} \right| - \alpha_{\text{balun}} &= \\
-20 \lg |S_{21}| + 10 \lg \left| \frac{Z_0}{Z_{\text{com}}} \right| - \alpha_{\text{balun}} &
\end{aligned} \tag{21}$$

L'affaiblissement de symétrie normé à l'extrémité distante est alors:

$$\begin{aligned}
EL \alpha_{u, f} &= \alpha_{\text{meas}} + 10 \lg \left| \frac{Z_0}{Z_{\text{com}}} \right| - \alpha_{\text{balun}} - \alpha_{\text{cable}} = \\
-20 \lg |S_{21}| + 10 \lg \left| \frac{Z_0}{Z_{\text{com}}} \right| - \alpha_{\text{balun}} - \alpha_{\text{cable}} &
\end{aligned} \tag{22}$$

où

$EL \alpha_{u, f}$  est l'affaiblissement de symétrie normé à l'extrémité distante (EL TCTL) (dB);

$\alpha_{\text{cable}}$  est l'affaiblissement de la paire en essai (dB);

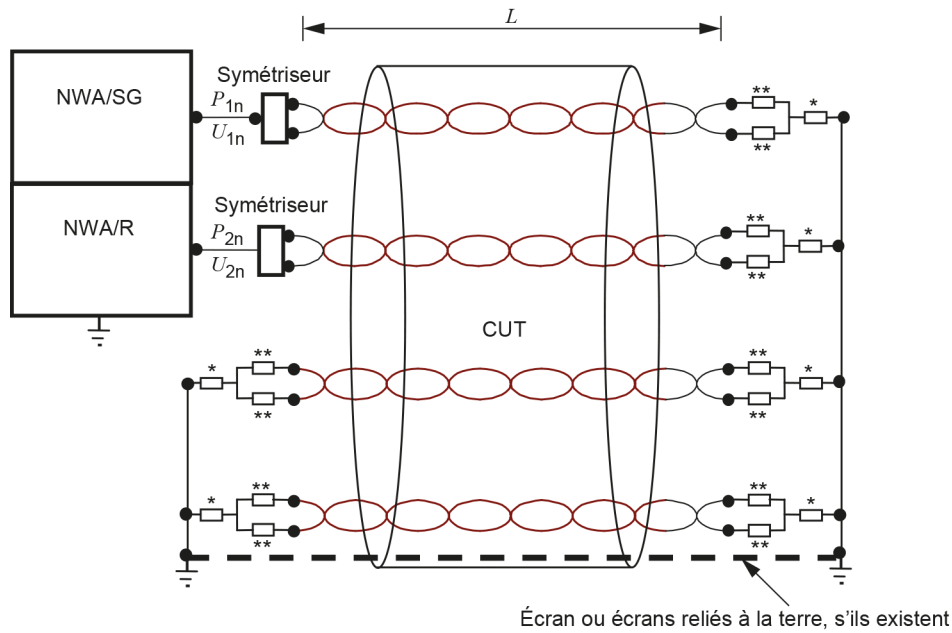
$Z_0$  est l'impédance de sortie de l'analyseur de réseau ou du générateur de signal ( $\Omega$ );

$Z_{\text{com}}$  est l'impédance de fonctionnement du circuit en mode commun, 50  $\Omega$ .

### 6.3.6 Paradiaphonie

La Figure 7 représente le schéma pour la mesure de paradiaphonie. La paradiaphonie doit être mesurée en utilisant un analyseur de réseau ou un équipement de mesure équivalent sur la plage de fréquences indiquée dans la spécification intermédiaire applicable. Une extrémité des paires en essai doit être connectée à des symétriseurs, l'autre extrémité doit être connectée à la terre à travers des terminaisons appropriées en mode commun (voir 6.1) et en mode différentiel.

Toutes les paires qui ne sont pas en essai doivent être connectées à la terre par des terminaisons appropriées en mode commun (voir 6.1) et en mode différentiel, à l'extrémité proche et à l'extrémité distante. Les écrans, lorsqu'ils existent, doivent être connectés à la terre aux deux extrémités du câble. Des précautions doivent être prises pour réduire le plus possible les couplages d'effet d'extrémité. Lorsque la gaine du câble est retirée, les paires doivent maintenir leurs torsades et doivent être bien séparées.



IEC

**Légende**

- CUT           câble en essai
- NWA/SG      accès à l'analyseur de réseau ou au générateur de signal
- NWA/R       accès à l'analyseur de réseau ou au récepteur
- \*             résistance de terminaison en mode commun (voir 6.1)
- \*\*            résistance de terminaison en mode différentiel (adapté en paires)
- L             longueur du câble en essai (m)

**Figure 7 – Montage d'essai pour la paradiaphonie**

L'affaiblissement de paradiaphonie, NEXT, est donné par:

$$\begin{aligned}
 NEXT &= 10\lg \left| \frac{P_{1n}}{P_{2n}} \right| = \\
 &20\lg \left| \frac{U_{1n}}{U_{2n}} \right| + 10\lg \left| \frac{Z_2}{Z_1} \right| = \\
 &-20\lg |S_{21}| + 10\lg \left| \frac{Z_2}{Z_1} \right|
 \end{aligned}
 \tag{23}$$

où

- NEXT       est la paradiaphonie (dB);
- $P_{1n}$        est la puissance d'entrée de la paire perturbatrice à l'extrémité proche (W);
- $P_{2n}$        est la puissance de sortie de la paire perturbée à l'extrémité proche (W);
- $U_{1n}$        est la tension d'entrée de la paire perturbatrice à l'extrémité proche (V);
- $U_{2n}$        est la tension de sortie de la paire perturbée à l'extrémité proche (V);
- $Z_1$         est l'impédance caractéristique de la paire perturbatrice ( $\Omega$ );
- $Z_2$         est l'impédance caractéristique de la paire perturbée ( $\Omega$ ).

Les mesures doivent être effectuées sur une longueur d'au moins 100 m. Si la longueur est supérieure à 100 m, les valeurs mesurées peuvent être rapportées à 100 m en utilisant la formule de correction suivante:

$$NEXT_{100} = NEXT - 10 \lg \left[ \frac{\left( 1 - 10^{-\left(\frac{\alpha}{5}\right) \times \left(\frac{100}{L}\right)} \right)}{\left( 1 - 10^{-\left(\frac{\alpha}{5}\right)} \right)} \right] \quad (24)$$

où

$NEXT_{100}$  est la paradiaphonie rapportée à une longueur de 100 m (dB);

$NEXT$  est la paradiaphonie sur la longueur de câble mesurée (dB);

$\alpha$  est l'affaiblissement sur la longueur de câble mesurée (dB).

La paradiaphonie en somme cumulée, PS NEXT, est calculée à l'aide de:

$$PS \ NEXT_j = -10 \lg \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^m \left( 10^{\frac{-NEXT_{i,j}}{10}} \right) \quad (25)$$

où

$PS \ NEXT_j$  est la puissance cumulée de la paire  $j$  (dB);

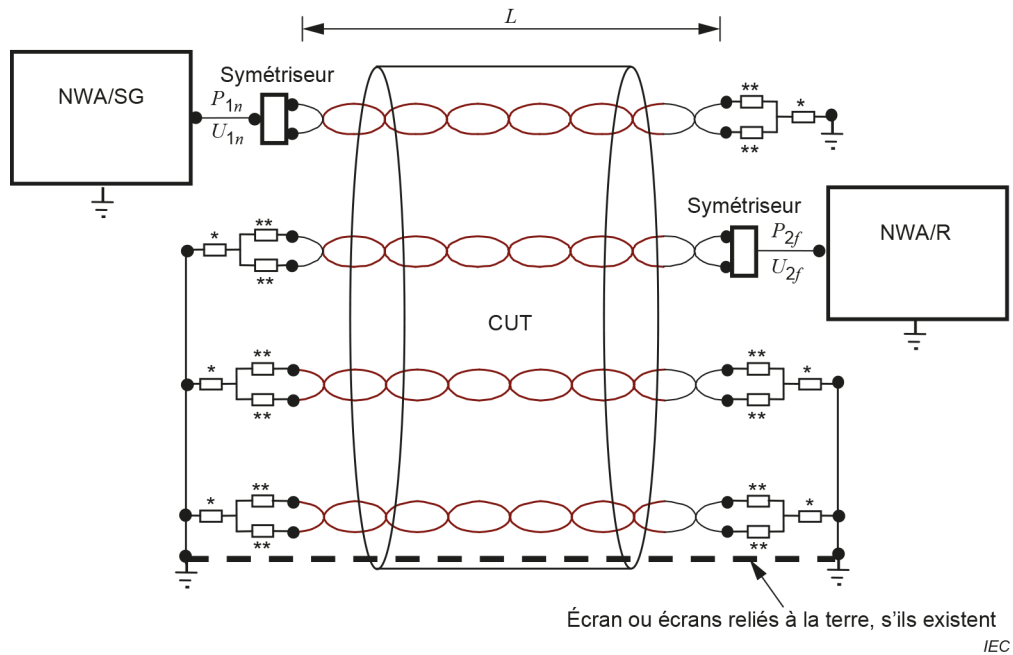
$NEXT_{i,j}$  est la diaphonie induite par la paire  $i$  dans la paire  $j$  (dB);

$m$  est le nombre de paires contenues dans le câble.

### 6.3.7 Télédiaphonie

La Figure 8 représente le schéma pour la mesure de télédiaphonie. La télédiaphonie doit être mesurée en utilisant un analyseur de réseau ou un équipement de mesure équivalent sur la plage de fréquences indiquée dans la spécification intermédiaire applicable. Une extrémité des paires en essai doit être connectée à des symétriseurs, l'autre extrémité doit être connectée à la terre à travers des terminaisons appropriées en mode commun (voir 6.1) et en mode différentiel.

Toutes les paires qui ne sont pas en essai doivent être connectées à la terre par des terminaisons appropriées en mode commun (voir 6.1) et en mode différentiel, à l'extrémité proche et à l'extrémité distante. Les écrans, lorsqu'ils existent, doivent être connectés à la terre aux deux extrémités du câble. Des précautions doivent être prises pour réduire le plus possible les couplages d'effet d'extrémité. Lorsque la gaine du câble est retirée, les paires doivent maintenir leurs torsades et doivent être bien séparées.



**Légende**

- CUT câble en essai
- NWA/SG accès à l'analyseur de réseau ou au générateur de signal
- NWA/R accès à l'analyseur de réseau ou au récepteur
- \* résistance de terminaison en mode commun (voir 6.1)
- \*\* résistance de terminaison en mode différentiel (adapté en paires)
- L longueur du câble en essai (m)

**Figure 8 – Montage d'essai pour la télédiaphonie**

La mesure doit se faire sur une longueur d'au moins 100 m.

La télédiaphonie est donnée par:

$$\begin{aligned}
 FEXT &= 10 \lg \left| \frac{P_{1n}}{P_{2f}} \right| = \\
 &= 20 \lg \left| \frac{U_{1n}}{U_{2f}} \right| + 10 \lg \left| \frac{Z_2}{Z_1} \right| - 20 \lg |S_{21}| + 10 \lg \left| \frac{Z_2}{Z_1} \right|
 \end{aligned}
 \tag{26}$$

où

- $FEXT$  est la télédiaphonie (dB);
- $P_{1n}$  est la puissance d'entrée de la paire perturbatrice à l'extrémité proche (W);
- $P_{2f}$  est la puissance de sortie de la paire perturbée en essai à l'extrémité distante (W);
- $U_{1n}$  est la tension d'entrée de la paire perturbatrice à l'extrémité proche (V);
- $U_{2f}$  est la tension de sortie de la paire perturbée à l'extrémité distante (V);
- $Z_1$  est l'impédance caractéristique de la paire perturbatrice ( $\Omega$ );
- $Z_2$  est l'impédance caractéristique de la paire perturbée ( $\Omega$ ).

L'écart télédiaphonique est donné par la Formule (28) et est lié à FEXT par l'affaiblissement de la paire perturbatrice sur la longueur de câble mesurée:

$$\begin{aligned}
 EL\ FEXT &= 10\lg \left| \frac{P_{1f}}{P_{2f}} \right| = \\
 &10\lg \left| \frac{P_{1n}}{P_{2f}} \right| - 10\lg \left| \frac{P_{1n}}{P_{1f}} \right| = \\
 &FEXT - \alpha_1
 \end{aligned} \tag{27}$$

où

$EL\ FEXT$  est l'écart télédiaphonique (dB);

$FEXT$  est la télédiaphonie (dB);

$P_{1f}$  est la puissance de sortie de la paire perturbatrice à l'extrémité distante (W);

$P_{2f}$  est la puissance de sortie de la paire perturbée en essai à l'extrémité distante (W);

$P_{1n}$  est la puissance d'entrée de la paire perturbatrice à l'extrémité proche (W);

$\alpha_1$  est l'affaiblissement de la paire perturbatrice (dB).

Il est recommandé que la longueur de câble maximale soumise à l'essai soit limitée à 305 m de manière à limiter les erreurs résultant du bruit plancher de l'équipement de mesure. Pour les longueurs dépassant 100 m, les valeurs mesurées de FEXT et les valeurs calculées de EL FEXT doivent être corrigées à une longueur de 100 m comme suit:

$$FEXT_{100} = FEXT + 10\lg \left( \frac{L}{100} \right) + \alpha_1 \times \left( \frac{100}{L} - 1 \right) \tag{28}$$

$$EL\ FEXT_{100} = EL\ FEXT + 10\lg \left( \frac{L}{100} \right) \tag{29}$$

où

$FEXT_{100}$  est la télédiaphonie rapportée à une longueur de 100 m (dB);

$FEXT$  est la télédiaphonie mesurée (dB);

$EL\ FEXT_{100}$  est l'écart télédiaphonique rapporté à une longueur de 100 m (dB);

$EL\ FEXT$  est l'écart télédiaphonique (dB);

$L$  est la longueur du câble en essai (m);

$\alpha_1$  est l'affaiblissement mesuré de la paire perturbatrice (dB).

La télédiaphonie en somme cumulée PS EL FEXT est calculée à l'aide de:

$$PS\ EL\ FEXT_j = -10 \lg \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^m 10^{\frac{-EL\ FEXT_{i,j}}{10}} \quad (30)$$

où

$PS\ EL\ FEXT_j$  est la puissance cumulée de la paire  $j$  (dB);

$EL\ FEXT_{i,j}$  est la diaphonie induite par la paire  $i$  dans la paire  $j$  (dB);

$m$  est le nombre de paires contenues dans le câble.

Le rapport affaiblissement-à-télédiaphonie est défini comme le rapport de l'affaiblissement de la paire perturbée à la télédiaphonie, les deux en népers, ou la différence de la télédiaphonie et de l'affaiblissement de la paire perturbée si les deux sont exprimés en dB. D'où:

$$ACR - F_j = FEXT_{i,j} - \alpha_j \quad (31)$$

où

$ACR - F_j$  est le rapport affaiblissement à diaphonie en extrémité distante (dB);

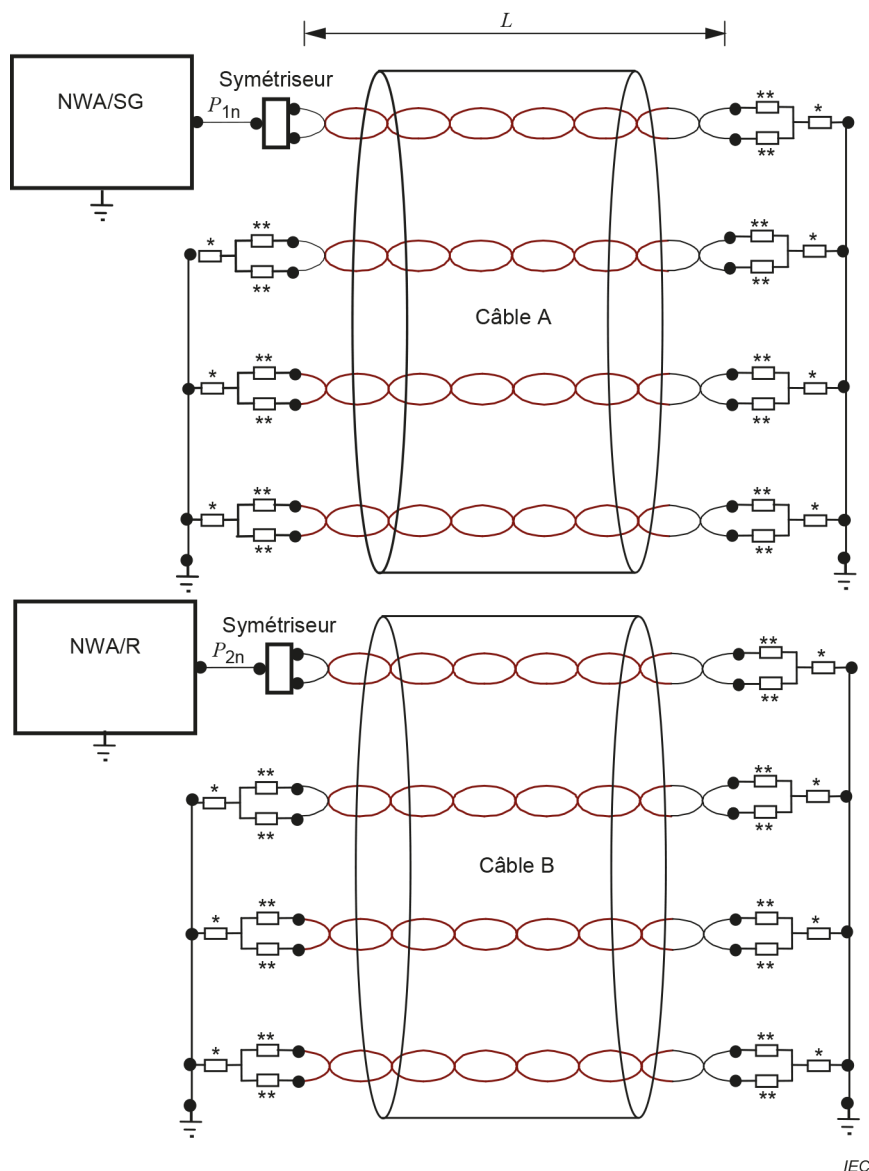
$\alpha_j$  est l'affaiblissement de la paire perturbée  $j$  (dB);

$FEXT_{i,j}$  est la télédiaphonie induite de la paire  $i$  dans la paire perturbée  $j$ .

### 6.3.8 Paradiaphonie exogène (due aux câbles voisins)

#### 6.3.8.1 Généralités

La Figure 9 représente le schéma pour la mesure de paradiaphonie exogène (due aux câbles voisins), ANEXT. Le même équipement de mesure et les considérations de préparation d'extrémité de l'échantillon applicables pour la mesure de NEXT sont applicables à la mesure de ANEXT. Le câble déployé ne doit pas dépasser 1 m. La mesure doit être effectuée sur la plage de fréquences indiquée dans la spécification intermédiaire applicable.



IEC

### Légende

- Câble A, B deux câbles dans la configuration en assemblage d'essai (les autres câbles de l'assemblage ne sont pas représentés)
- NWA/SG accès à l'analyseur de réseau ou au générateur de signal
- NWA/R accès à l'analyseur de réseau ou au récepteur
- \* résistance de terminaison en mode commun (voir 6.1)
- \*\* résistance de terminaison en mode différentiel (adapté en paires)
- $L$  longueur de l'assemblage d'essai en essai (m)

**Figure 9 – Montage d'essai pour la paradiaphonie exogène (due aux câbles voisins)**

La paradiaphonie exogène (ANEXT) est donnée par:

$$ANEXT = 10 \lg \left| \frac{P_{1n}}{P_{2n}} \right| \quad (32)$$

où

$ANEXT$  est la paradiaphonie exogène (due aux câbles voisins) (dB);

$P_{1n}$  est la puissance d'entrée de la paire perturbatrice à l'extrémité proche (W);

$P_{2n}$  est la puissance de sortie de la paire perturbée à l'extrémité proche (W).

Les paires perturbatrice et perturbée sont contenues dans des câbles différents.

Pour les paradiaphonie et télédiaphonie exogènes (due aux câbles voisins), la somme cumulée est définie comme:

$$PS_{AX-talk_j} = -10 \lg \left( \sum_{l=1}^N \sum_{i=1}^n 10^{-\frac{AX-talk_{i,j,l}}{10}} \right) \quad (33)$$

où

$PS_{AX-talk_j}$  est la puissance cumulée de la paire  $j$  (dB);

$AX-talk_{i,j,l}$  est la diaphonie entre la paire  $j$  d'un câble donné et la paire  $i$  d'un câble voisin (dB);

$j$  est le numéro de la paire perturbée;

$i$  est le numéro courant d'une paire perturbatrice dans un câble perturbateur;

$l$  est le numéro du câble perturbateur;

$N$  est le nombre total de câbles perturbateurs;

$n$  est le nombre total de paires perturbatrices.

Les câbles à soumettre à essai sont montés suivant une configuration spécifiée dans la spécification intermédiaire applicable.

La méthode d'essai met en œuvre six câbles entourant un câble.

La disposition des câbles doit être en faisceau.

### 6.3.8.2 Six câbles autour d'un câble

Les sept câbles à soumettre à essai sont montés suivant la configuration d'assemblage d'essai telle que représentée en coupe à la Figure 10. La longueur de l'assemblage d'essai doit être spécifiée dans la spécification intermédiaire applicable. La section droite de l'assemblage doit être maintenue, sans torsade longitudinale, sur toute la longueur de l'assemblage au moyen de liens non métalliques appropriés. Le lien peut être appliqué en bandes espacées telles que liens enroulés comme les attaches autobloquantes et velcro ou rubans adhésifs. Le lien peut être appliqué de manière hélicoïdale autour des câbles sous la forme d'un fil ou d'un ruban continu. Le lien ne doit pas sensiblement comprimer ou déformer la section droite. L'écartement des liens espacés et le pas du lien continu doivent être adéquats pour maintenir les composants du câble en étroite proximité, sans espacement visible, comme représenté à la Figure 10. L'assemblage d'essai doit être disposé comme représenté à la Figure 11 en une boucle (sinueuse si nécessaire) de telle manière qu'une séparation minimale de 10 cm soit maintenue entre les parties de la boucle. Un plancher non métallique convient pour disposer l'assemblage d'essai.

La diaphonie de chaque paire de câbles 1 à 6 par rapport à chacune des paires du câble 7 doit être mesurée sur toute la plage de fréquences spécifiée dans la spécification intermédiaire applicable.

La somme cumulée de paradiaphonie exogène (due aux câbles voisins),  $PS_{ANEXT}$ , doit être calculée à partir des valeurs mesurées à l'aide de la Formule (33).

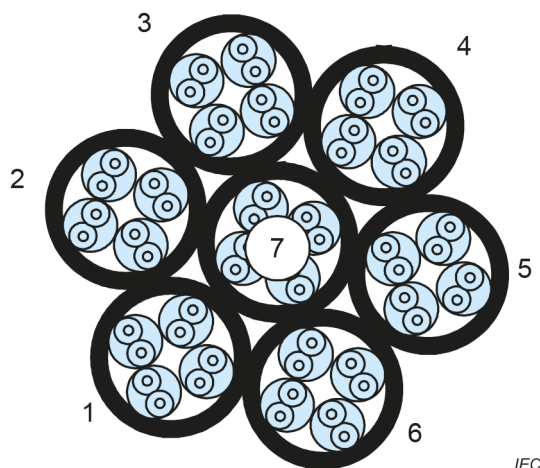


Figure 10 – Section de l'assemblage d'essai: six câbles autour d'un câble

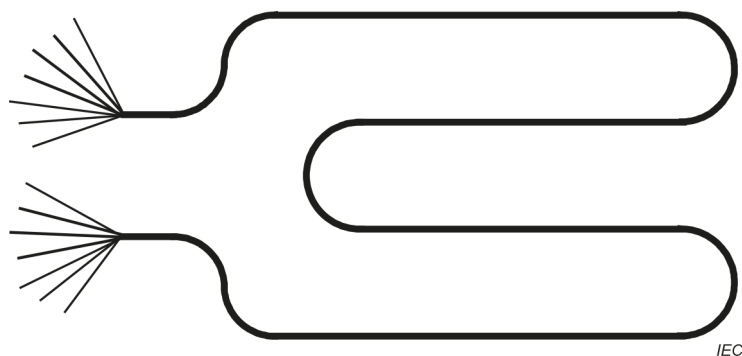


Figure 11 – Agencement de l'assemblage d'essai: six câbles autour d'un câble

### 6.3.9 Télédiphonie exogène (due aux câbles voisins)

La mesure de télédiphonie exogène (due aux câbles voisins), AFEXT, implique les mêmes équipements de mesure et les mêmes considérations de préparation d'extrémité de l'échantillon que ceux applicables pour la mesure de FEXT. Les câbles à soumettre à essai sont montés suivant une configuration spécifiée dans la spécification intermédiaire applicable et tel que décrit en 6.3.8.2 pour la configuration de six câbles autour d'un câble.

La PS AFEXT doit être calculée à partir des valeurs mesurées à l'aide de la Formule (33).

Les exigences pour PS AFEXT peuvent être données sous forme de PS AACR-F où AACR-F doit être calculé à partir des valeurs mesurées à l'aide de la Formule (34).

$$AACR-F = AFEXT - \alpha \quad (34)$$

où

*AACR-F* est le rapport affaiblissement à la diaphonie exogène (due aux câbles voisins) en extrémité distante (dB);

*AFEXT* est la télédiphonie exogène (due aux câbles voisins) (dB);

$\alpha$  est l'affaiblissement de la paire perturbée (dB).

### **6.3.10 Diaphonie exogène (due aux câbles voisins) des câbles en faisceaux**

Les diaphonies exogènes (dues aux câbles voisins), ANEXT et AFEXT, sont mesurées directement sur le câble en faisceau et n'exigent pas la préparation d'une configuration d'assemblage d'essai spécifique.

Le câble en faisceau doit être disposé comme représenté à la Figure 11 en une boucle (sinueuse si nécessaire) de telle manière qu'une séparation minimale de 10 cm soit maintenue entre les parties de la boucle. Un plancher non métallique convient pour disposer l'assemblage d'essai.

La paradiaphonie (NEXT) et la télédiaphonie (FEXT) de chaque paire d'un câble perturbé dues à toutes les paires dans les câbles perturbateurs environnants doivent être mesurées sur toute la plage de fréquences spécifiée dans la spécification intermédiaire applicable.

Chaque câble du faisceau doit à tour de rôle être traité comme câble perturbé, et la paradiaphonie (NEXT) et la télédiaphonie (FEXT) dues à toutes les paires dans les câbles perturbateurs environnants doivent être mesurées sur toute la plage de fréquences spécifiée dans la spécification intermédiaire applicable.

Les sommes cumulées des diaphonies exogènes (due aux câbles voisins), PS ANEXT et PS AFEXT, doivent être calculées à partir des valeurs mesurées à l'aide de la Formule (33).

### **6.3.11 Impédance**

#### **6.3.11.1 Préparation du câble en essai**

Les deux extrémités du câble en essai doivent être préparées pour réduire le plus possible les effets d'extrémité. Pour les fréquences de mesure supérieures ou égales à 1 000 MHz, il est recommandé de ne pas dénuder plus de 20 mm de gaine des paires; pour les fréquences de mesure inférieures à 1 000 MHz, il est recommandé de ne pas dénuder plus de 40 mm de gaine des paires. Lorsque la gaine du câble est retirée, les paires doivent maintenir leurs torsades et doivent être bien séparées.

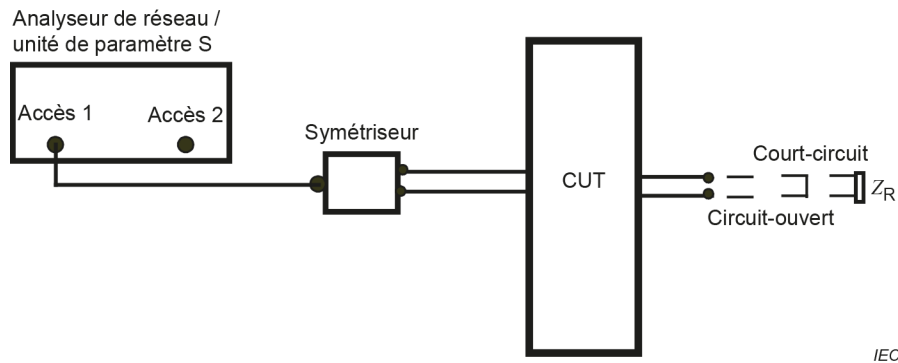
Les câbles sans écran doivent être suspendus ou étalés sur une surface non conductrice de manière que les multiples méandres soient séparés d'au moins 25 mm.

#### **6.3.11.2 Mesure**

La mesure se fait dans une configuration symétrique avec un analyseur de réseau (ensemble avec une unité de paramètre S) ou un impédancemètre. Le symétriseur doit avoir les caractéristiques appropriées données dans le Tableau 1 correspondant à la plage de fréquences de mesure, pour cette mesure, les accès au symétriseur en mode commun dans le Tableau 1 sont facultatifs. Le schéma de mesure est donné à la Figure 12.

Une procédure d'étalonnage en trois étapes (en utilisant les terminaisons circuit ouvert, court-circuit et circuit en charge de référence) est exécutée au secondaire du symétriseur avec la mesure.

Pour améliorer l'incertitude des mesures d'impédance, il convient de prendre en compte l'IEC TR 61156-1-5.



**Figure 12 – Montage d’essai pour l’impédance caractéristique, l’impédance d’entrée adaptée et l’affaiblissement de réflexion**

### 6.3.11.3 Impédance caractéristique

Une procédure d’étalonnage en trois étapes (en utilisant les terminaisons circuit ouvert, court-circuit et circuit en charge de référence) est exécutée au secondaire du symétriseur avec la mesure.

L’extrémité proche du câble en essai doit être connectée à l’équipement d’essai par l’intermédiaire du symétriseur, l’extrémité distante doit être terminée par la terminaison circuit ouvert et la terminaison court-circuit. Le paramètre de dispersion,  $S_{xx}$ , doit être mesuré pour obtenir les valeurs de l’impédance caractéristique. L’impédance est calculée à partir des paramètres  $S_{xx}$  mesurés:

$$Z_{\text{meas}} = Z_R \times \left| \frac{1 + S_{xx}}{1 - S_{xx}} \right| \quad (35)$$

où

$Z_{\text{meas}}$  est l’impédance pour la terminaison circuit ouvert et la terminaison court-circuit ( $\Omega$ );

$Z_R$  est l’impédance nominale du système ( $\Omega$ );

$S_{xx}$  est le paramètre de dispersion d’onde mesuré pour des terminaisons en circuit ouvert et court-circuit,  $x$  est le numéro de l’accès de l’analyseur de réseau vectoriel.

L’impédance caractéristique est calculée comme la racine carrée du produit des valeurs mesurées en circuit ouvert et en court-circuit, et est donnée par:

$$Z_C = \sqrt{|Z_{OC} \cdot Z_{SC}|} \quad (36)$$

où

$Z_C$  est l’impédance caractéristique ( $\Omega$ );

$Z_{OC}$  est l’impédance mesurée en circuit ouvert ( $\Omega$ );

$Z_{SC}$  est l’impédance mesurée en court-circuit ( $\Omega$ ).

#### 6.3.11.4 Impédance d'entrée adaptée

Une mesure unique de l'impédance adaptée à l'extrémité proche peut être effectuée pour obtenir l'impédance d'entrée adaptée. Dans cette condition, l'extrémité distante du câble en essai est terminée par une impédance de charge à la place de la terminaison circuit ouvert et la terminaison court-circuit; il convient que la valeur de l'impédance de charge soit égale à l'impédance nominale,  $Z_R$ .  $Z_{in}$  est calculée à partir des paramètres  $S_{xx}$  mesurés.

$$Z_{in} = Z_R \times \left| \frac{1 + S_{xx}}{1 - S_{xx}} \right| \quad (37)$$

où

$Z_{in}$  est l'impédance d'entrée adaptée ( $\Omega$ );

$Z_R$  est l'impédance nominale du système ( $\Omega$ );

$S_{xx}$  est le paramètre de dispersion d'onde mesuré pour la terminaison en circuit en charge et  $x$  est le numéro d'accès de l'analyseur de réseau vectoriel.

#### 6.3.11.5 Impédance caractéristique ajustée

L'ajustement de la fonction est utilisé pour calculer une impédance caractéristique lissée lorsque le câble présente des effets structurels significatifs.

La fonction d'ajustement est donnée par:

$$|Z_m| = k_0 + \frac{k_1}{f^{1/2}} + \frac{k_2}{f} + \frac{k_3}{f^{3/2}} \quad (38)$$

où

$Z_m$  est l'amplitude de l'impédance caractéristique ajustée ( $\Omega$ );

$k_0, k_1, k_2, k_3$  sont les coefficients des moindres carrés;

$f$  est la fréquence (Hz);

NOTE L'IEC TR 61156-1-2 fournit davantage de détails sur les coefficients des moindres carrés.

#### 6.3.11.6 Impédance caractéristique moyenne

L'impédance caractéristique moyenne est calculée à partir de la formule suivante:

$$Z_{\infty} = \tau / C \quad (39)$$

où

$Z_{\infty}$  est l'impédance caractéristique moyenne ( $\Omega$ );

$\tau$  est le décalage de temps (s);

$C$  est la capacité mutuelle (F).

Cette méthode doit être uniquement appliquée aux câbles ayant une capacité mutuelle qui ne varie pas avec la fréquence. La mesure doit être effectuée à des fréquences supérieures à 100 MHz où le temps de propagation de phase s'approche d'une valeur asymptotique.

### 6.3.12 Affaiblissement de réflexion

#### 6.3.12.1 Préparation du câble en essai

Le câble en essai doit être préparé conformément à 6.3.11.1.

#### 6.3.12.2 Mesure

La mesure se fait dans une configuration symétrique avec un analyseur de réseau (ensemble avec une unité de paramètre de dispersion d'onde). Le symétriseur doit avoir les caractéristiques appropriées données dans le Tableau 1 correspondant à la plage de fréquences de mesure. Pour la mesure de l'affaiblissement de réflexion, l'accès en mode commun du symétriseur dans le Tableau 1 est facultatif. Le schéma de mesure est donné à la Figure 12. La valeur de la terminaison de charge doit être égale à l'impédance nominale ( $Z_R$ ).

La mesure doit être effectuée à la fréquence ou dans toute la plage de fréquences indiquée dans la spécification intermédiaire applicable.

#### 6.3.12.3 Procédure

Une procédure d'étalonnage en trois étapes (en utilisant les terminaisons circuit ouvert, court-circuit et circuit en charge de référence) est exécutée au secondaire du symétriseur avec la mesure.

L'extrémité proche du câble en essai doit être connectée à l'équipement d'essai par l'intermédiaire du symétriseur et l'extrémité distante doit être terminée par la terminaison circuit en charge. L'affaiblissement de réflexion est donné par le paramètre de dispersion d'onde directement à partir de l'analyseur de réseau comme suit:

$$RL = -20 \lg |S_{xx}| \quad (40)$$

où

$RL$  est l'affaiblissement de réflexion (dB);

$S_{xx}$  est le paramètre de dispersion d'onde mesuré pour la terminaison en circuit en charge,  $x$  est le numéro de l'accès de l'analyseur de réseau vectoriel.

## 6.4 Caractéristiques et exigences mécaniques et dimensionnelles

### 6.4.1 Mesures dimensionnelles

La détermination de l'épaisseur de l'isolation et la détermination de l'épaisseur de la gaine doivent être conformes respectivement à l'IEC 60811-201 et à l'IEC 60811-202, et la mesure des dimensions extérieures doit être conforme à l'IEC 60811-203.

### 6.4.2 Allongement à la rupture du conducteur

La détermination de l'allongement à la rupture du conducteur est décrite dans l'IEC 60189-1:2018, 6.3.

### 6.4.3 Résistance à la traction de l'enveloppe isolante

La détermination de la résistance à la traction de l'enveloppe isolante est décrite dans l'IEC 60811-501.

#### **6.4.4 Allongement à la rupture de l'enveloppe isolante**

La détermination de l'allongement à la rupture de l'enveloppe isolante est décrite dans l'IEC 60811-501.

#### **6.4.5 Adhérence de l'enveloppe isolante au conducteur**

La détermination de l'adhérence de l'enveloppe isolante au conducteur est décrite dans l'IEC 60189-1:2018, 6.4.

#### **6.4.6 Allongement à la rupture de la gaine**

La détermination de l'allongement à la rupture de la gaine est décrite dans l'IEC 60811-501.

#### **6.4.7 Résistance à la traction de la gaine**

La détermination de la résistance à la traction de la gaine est décrite dans l'IEC 60811-501.

#### **6.4.8 Essai d'écrasement du câble**

La détermination de l'écrasement du câble est décrite dans l'IEC 62012-1:2002, 3.3.6.

#### **6.4.9 Essai de choc à basse température du câble**

La détermination de l'essai de choc du câble est décrite dans l'IEC 60811-506.

#### **6.4.10 Courbure sous traction**

##### **6.4.10.1 Équipement**

L'appareillage se compose des éléments suivants:

- a) un dispositif générateur de traction avec une erreur maximale de  $\pm 3 \%$ ;
- b) si cela est exigé pour une application d'un utilisateur particulier, un appareillage de mesure pour la détermination de variations dans les performances de transmission;
- c) pour l'essai de courbure en U: un rouleau de rayon  $r$  comme indiqué dans la spécification intermédiaire applicable et comme représenté à la Figure 13;
- d) pour l'essai de courbure en S: deux rouleaux, chacun de rayon  $R$  et séparés l'un de l'autre d'une distance  $Y$  comme indiqué dans la spécification intermédiaire applicable et comme représenté à la Figure 14;
- e) un référentiel doit être prévu pour situer les marques sur gaine de l'échantillon d'essai qui sont appliquées aux points A et B comme représenté à la Figure 13 et à la Figure 14.

##### **6.4.10.2 Échantillon d'essai**

L'échantillon d'essai doit être prélevé à l'une des extrémités d'un câble terminé. Les deux extrémités de l'éprouvette doivent être terminées de telle manière que la charge spécifiée puisse être appliquée et que tout essai de transmission spécifié puisse être effectué.

L'échantillon doit être marqué aux points A et B comme représenté à la Figure 13 et à la Figure 14. La longueur totale de l'échantillon et la longueur entre les points A et B doivent être comme indiqué dans la spécification intermédiaire applicable, en tenant compte de la longueur nécessaire pour effectuer les essais de transmission spécifiés.

### 6.4.10.3 Procédure

#### 6.4.10.3.1 Généralités

L'essai doit être réalisé à température ambiante. Lorsque spécifié dans la spécification intermédiaire applicable, le comportement en transmission doit être enregistré avant application de la charge et après l'essai lorsque la charge est nulle. L'un des deux essais suivants doit être utilisé, comme indiqué dans la spécification intermédiaire applicable.

#### 6.4.10.3.2 Essai de courbure en U

Le câble doit tourner autour du rouleau suivant un angle d'au moins  $180^\circ$  (courbure en U), comme représenté à la Figure 13.

La tension doit être augmentée de manière continue jusqu'à la valeur donnée dans la spécification intermédiaire applicable.

Déplacer l'échantillon du point A au point B (voir Figure 13) puis revenir au point A, est considéré comme un cycle. L'échantillon doit être soumis à la courbure sous tension à la vitesse et suivant le nombre de cycles donnés par la spécification intermédiaire applicable.

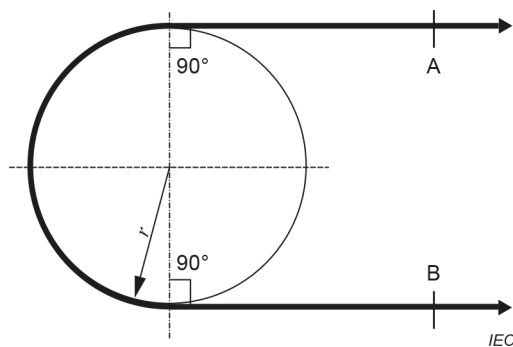
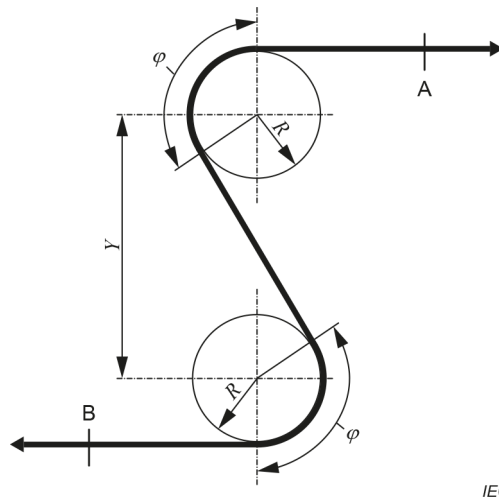


Figure 13 – Configuration de l'essai de courbure en U

#### 6.4.10.3.3 Essai de courbure en S

Le câble doit tourner autour de deux rouleaux de manière à former un S (courbure en S), comme représenté à la Figure 14.

La tension doit être augmentée de manière continue jusqu'à la valeur donnée dans la spécification intermédiaire applicable.



**Figure 14 – Configuration de l’essai de courbure en S**

Déplacer l’échantillon du point A au point B (voir Figure 14) puis revenir au point A, est considéré comme un cycle. L’échantillon doit être soumis à la courbure sous tension à la vitesse et suivant le nombre de cycles donnés par la spécification intermédiaire applicable.

#### 6.4.10.3.4 Rigidité diélectrique et résistance d’isolement

Après achèvement de l’essai de courbure, l’échantillon doit être soumis à l’essai de rigidité diélectrique et de résistance d’isolement entre conducteurs et entre conducteur et écran. La valeur de la tension et la durée de l’essai doivent être telles que précisées dans la spécification intermédiaire applicable.

#### 6.4.10.4 Rapport d’essai

Le rapport d’essai doit préciser les conditions d’essai suivantes:

- l’essai de courbure utilisé (courbure en U ou courbure en S);
- la longueur de l’échantillon d’essai et longueur entre marques sur gaine aux points A et B;
- la préparation des extrémités;
- le dispositif de tension;
- le rayon,  $r$ , des rouleaux dans l’essai de courbure en U;
- le rayon,  $R$ , des rouleaux dans l’essai de courbure en S;
- la séparation entre rouleaux,  $Y$ , dans l’essai de courbure en S;
- l’angle de courbure,  $\varphi$ , dans l’essai de courbure en S;
- la vitesse du mouvement;
- le nombre de cycles de déplacement;
- la tension appliquée et durée de l’essai de rigidité diélectrique et de résistance d’isolement;
- la tension maximale appliquée durant l’essai;
- la température d’essai.

Les conditions d’acceptation/refus doivent être enregistrées comme cela est exigé par la spécification intermédiaire applicable.

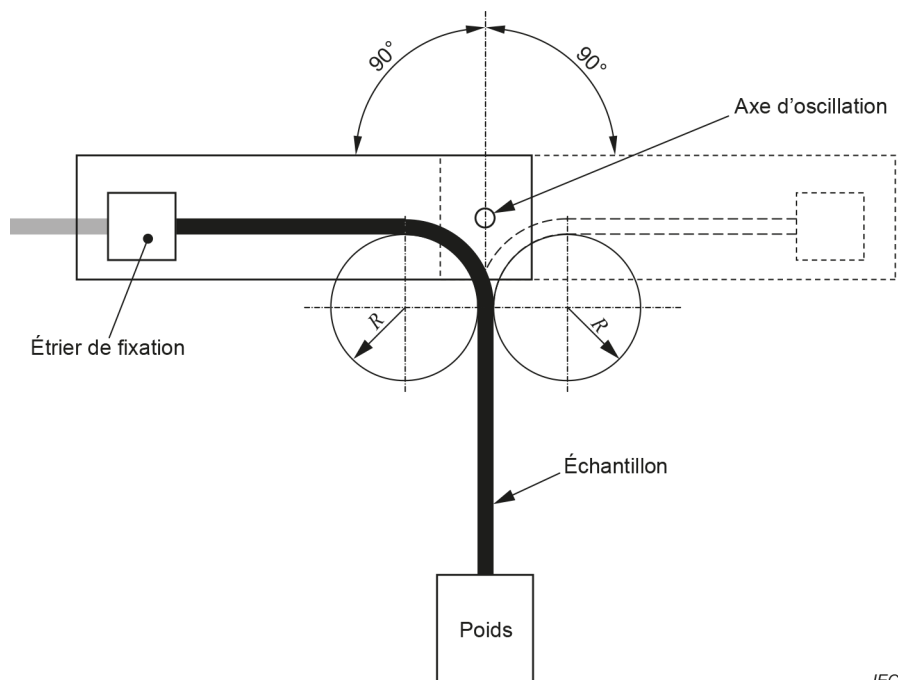
## 6.4.11 Courbures répétées du câble

### 6.4.11.1 Équipement

L'appareillage doit permettre de courber l'échantillon d'avant en arrière et d'arrière en avant suivant des angles jusqu'à 180°, les deux positions extrêmes faisant un angle de 90° de chaque côté de la verticale, pendant qu'il est soumis à une charge de traction. Un appareillage approprié est représenté à la Figure 15. D'autres appareillages équivalents peuvent être utilisés.

Le bras de flexion doit avoir une pince ou un ancrage pour maintenir solidement l'échantillon d'essai durant tout l'essai.

L'appareillage doit être capable d'effectuer des cycles. Déplacer l'échantillon de la position verticale à la position à l'extrême droite puis osciller jusqu'à la position à l'extrême gauche et revenir à la position verticale d'origine est considéré comme un cycle. Sauf indication contraire dans la spécification intermédiaire applicable, la vitesse de flexion doit être approximativement d'un cycle en 2 s.



**Figure 15 – Configuration de l'essai de courbures répétées**

L'appareillage doit inclure tout équipement d'essai nécessaire pour mesurer les variations en performances de transmission prescrites par la spécification intermédiaire applicable.

### 6.4.11.2 Longueur d'échantillon

La longueur de l'échantillon doit être suffisante pour effectuer le programme d'essai spécifié. Lorsque seuls des dommages physiques sont à évaluer, la longueur peut varier de 1 m (par exemple pour les cordons de petit diamètre) à 5 m (pour les câbles de plus grand diamètre). Des longueurs plus grandes peuvent être nécessaires pour permettre des mesures de transmission.

La longueur de l'échantillon d'essai doit être indiquée dans la spécification intermédiaire applicable.

### 6.4.11.3 Procédure

La procédure suivante doit être suivie:

- a) préconditionner l'échantillon à la température ambiante pendant 24 h;
- b) fixer l'échantillon à l'appareillage comme représenté à la Figure 15;
- c) appliquer le poids dont la masse est indiquée dans la spécification intermédiaire applicable;
- d) mesurer les paramètres des critères d'acceptation pour établir les valeurs de base;
- e) effectuer les courbures répétées pour le nombre de cycles spécifiés dans la spécification intermédiaire applicable;
- f) effectuer les mesures des paramètres des critères d'acceptation. Si nécessaire, il est admis de retirer l'échantillon de l'appareillage pour un examen visuel.

### 6.4.11.4 Exigences

Les critères d'acceptation pour l'essai doivent être énoncés dans la spécification intermédiaire applicable. Les modes typiques de défaillance comprennent la perte de fonctionnement en transmission, la perte de continuité ou le dommage physique au câble.

### 6.4.11.5 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit préciser les conditions d'essai suivantes:

- l'angle de déplacement,
- le nombre de cycles,
- la masse du poids,
- le rayon de courbure,  $R$ ,
- la température d'essai.

Les conditions d'acceptation/refus doivent être enregistrées comme cela est exigé par la spécification intermédiaire applicable.

### 6.4.12 Tenue du câble à la traction

La méthode de mesure de la tenue à la traction de l'enveloppe isolante est décrite dans l'IEC 60794-1-21:2015, méthode E1.

### 6.4.13 Essai de chocs du câble

La méthode de mesure de la tenue du câble aux chocs est décrite dans l'IEC 62012-1:2002, 3.4.4.

### 6.4.14 Essai de secousses du câble

La méthode de mesure de la tenue du câble aux secousses est décrite dans l'IEC 62012-1:2002, 3.4.3.

### 6.4.15 Essai de vibration du câble

La méthode de mesure de la tenue du câble aux vibrations est décrite dans l'IEC 62012-1:2002, 3.4.2.

## 6.5 Caractéristiques d'environnement

### 6.5.1 Retrait de l'enveloppe isolante

La méthode de mesure de la rétraction de l'enveloppe isolante est décrite dans l'IEC 60811-502.

### **6.5.2 Essai d'enroulement de l'enveloppe isolante après vieillissement thermique**

La méthode de mesure de la tenue au vieillissement de l'enveloppe isolante est décrite dans l'IEC 60811-510.

### **6.5.3 Essai de courbure de l'enveloppe isolante à basse température**

La méthode de mesure de l'essai d'enroulement à froid est décrite dans l'IEC 60811-504.

### **6.5.4 Allongement à la rupture de la gaine après vieillissement**

Des échantillons de gaine sont préparés et soumis aux essais conformément à l'IEC 60811-501 après vieillissement, conformément à l'IEC 60811-401, pendant un temps et à une température indiqués dans la spécification intermédiaire applicable.

### **6.5.5 Résistance à la traction de la gaine après vieillissement**

Des échantillons de gaine sont préparés et soumis aux essais conformément à l'IEC 60811-501 après vieillissement, conformément à l'IEC 60811-401, pendant un temps et à une température indiqués dans la spécification intermédiaire applicable.

### **6.5.6 Essai de pression de la gaine à température élevée**

La méthode de mesure de la pression de la gaine est décrite dans l'IEC 60811-508.

### **6.5.7 Essai d'enroulement à froid du câble**

#### **6.5.7.1 Équipement**

L'appareillage pour l'essai d'enroulement à froid doit être conforme à l'IEC 60811-504 avec un diamètre de mandrin tel que spécifié dans la spécification intermédiaire applicable.

#### **6.5.7.2 Échantillon d'essai**

L'échantillon doit être prélevé à une extrémité du câble terminé. La longueur doit être approximativement  $120 \times$  le diamètre du câble et doit être enroulée sur un diamètre d'au moins  $30 \times$  le diamètre du câble.

#### **6.5.7.3 Procédure**

L'échantillon et l'appareillage d'essai doivent être refroidis dans une chambre froide conformément à l'essai Ab de l'IEC 60068-2-1:2007 pour une durée d'au moins 4 h à la température spécifiée dans la spécification intermédiaire applicable.

Si le mandrin est métallique, il doit être conditionné en même temps que l'échantillon.

Après la période de refroidissement et pendant qu'il est encore dans la chambre froide, l'échantillon doit être enroulé trois fois autour du mandrin à une vitesse de 1 tour en 4 s approximativement. Alternativement, l'échantillon peut être retiré de la chambre après conditionnement et être enroulé autour du mandrin, pourvu que l'essai soit achevé dans les 30 s après avoir retiré l'échantillon de la chambre.

Après achèvement de l'essai d'enroulement à froid, l'échantillon doit être soumis à l'essai de rigidité diélectrique et de résistance d'isolement entre conducteurs et entre conducteur et écran. La valeur de la tension et la durée de l'essai doivent être telles que précisées dans la spécification intermédiaire applicable.

Après l'essai en rigidité diélectrique, l'échantillon doit être dépouillé en ses éléments constituants.

#### **6.5.7.4 Rapport d'essai**

Le rapport d'essai doit préciser les conditions d'essai suivantes:

- le diamètre du câble;
- le diamètre d'enroulement;
- le diamètre du mandrin;
- la tension appliquée et durée de l'essai de rigidité diélectrique et de résistance d'isolement;
- la température d'essai;

Les conditions d'acceptation/refus exigées par la spécification intermédiaire applicable doivent aussi y être consignées.

#### **6.5.8 Essai de choc thermique**

La méthode de mesure du choc thermique est décrite dans l'IEC 60811-509.

#### **6.5.9 Essai continu de chaleur humide**

La méthode pour mesurer le comportement en conditions continues de chaleur humide du câble est décrite dans l'IEC 62012-1:2002, 3.5.2.

#### **6.5.10 Rayonnement solaire**

Des échantillons de la gaine du câble doivent être conditionnés dans une chambre climatique à lampe à arc carbone ou xénon pendant une durée spécifiée. A la fin de la période de conditionnement, l'allongement et la résistance à la traction des éprouvettes doivent être mesurés, respectivement, conformément à 6.4.6 et à 6.4.7. Les résultats doivent être comparés à ceux obtenus sur des éprouvettes non conditionnées.

#### **6.5.11 Fluides contaminants et solvants**

La méthode pour mesurer la tenue aux fluides contaminants et aux solvants du câble est décrite dans l'IEC 62012-1:2002, 3.6.1.

#### **6.5.12 Brouillard salin et dioxyde de soufre**

La méthode pour mesurer le comportement au brouillard salin et au dioxyde de soufre du câble est décrite dans l'IEC 62012-1:2002, 3.6.2.

#### **6.5.13 Immersion dans l'eau**

Un échantillon de 100 m de câble terminé doit être immergé dans l'eau pour une durée spécifiée à une température de  $(20 \pm 3)$  °C. A la fin de la durée d'immersion et étant encore immergée dans l'eau, la résistance d'isolement des conducteurs doit être mesurée conformément à 6.2.4.

#### **6.5.14 Caractère hygroscopique**

Le matériau est considéré comme non hygroscopique lorsqu'un échantillon sec du matériau est placé pendant 3 h dans un environnement à  $(65 \pm 5)$  % d'humidité relative et à  $(20 \pm 1)$  °C, et que l'augmentation du taux d'humidité n'excède pas 1 % en poids.

## 6.5.15 Effet de mèche

### 6.5.15.1 Équipement

L'équipement suivant doit être utilisé en 6.5.15.2.

- Un bécher: 500 ml à 1 000 ml.
- Une potence de laboratoire: avec barre horizontale amovible.
- Un poids: 25 g, type plomb de pêche (3).
- Un bain colorant à la fluorescéine: 0,1 g/l d'eau.
- Un filtre papier: 25 mm × 25 mm (3 pièces).

### 6.5.15.2 Procédure

La procédure suivante doit être utilisée.

- Couper trois (3) longueurs du matériau à soumettre à essai, approximativement de 450 mm de longueur, et attacher les poids type plomb de pêche à une extrémité de chaque échantillon.
- Attacher l'extrémité opposée de chaque échantillon à la barre horizontale avec un espace minimal de 25 mm entre les échantillons. Voir Figure 16.
- Attacher à chaque échantillon un morceau de papier filtre au moyen d'un trombone, à approximativement 75 mm au-dessus du poids.
- Remplir le bécher avec la solution de fluorescéine à hauteur d'environ 75 mm.
- Positionner la barre avec les échantillons fixés suspendus en place juste au-dessus du bécher rempli. Abaisser la barre de manière à ce que l'extrémité lestée de l'échantillon pénètre dans la solution en plaçant le bas du papier filtre 25 mm au-dessus de la surface. Noter l'heure correspondante.

L'échantillon doit être considéré comme exempt d'effet de mèche, si, dans les 6 h, il n'y a pas de remontée par capillarité de la solution qui mouille l'extrémité basse du filtre papier.

Dimensions en millimètres

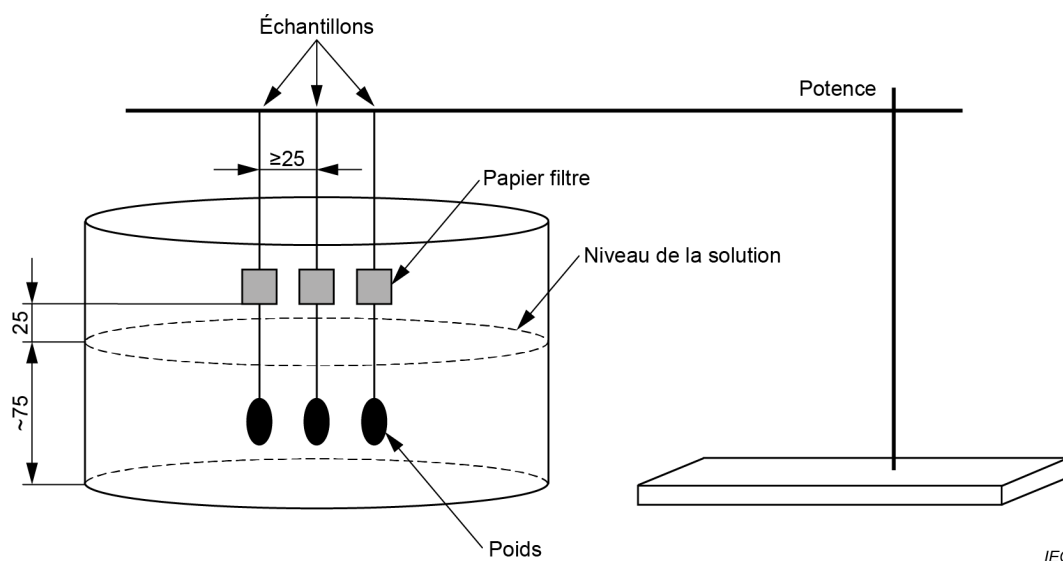


Figure 16 – Configuration de l'essai de l'effet de mèche

#### **6.5.16 Caractéristiques de propagation de la flamme sur un câble isolé**

La méthode de mesure de la tenue à la flamme d'un câble unique est spécifiée dans l'IEC 60332-1-2. Lorsque cette méthode ne convient pas parce qu'un petit conducteur peut fondre sous l'application de la flamme, le câble doit être soumis à essai conformément à l'IEC 60332-2-2.

#### **6.5.17 Caractéristiques de propagation de la flamme sur câbles en nappes**

Sauf spécification contraire dans la spécification particulière applicable ou les réglementations locales (par exemple le règlement européen des Produits de Construction), la méthode de mesure de la tenue à la flamme des câbles en faisceau est spécifiée soit dans l'IEC 60332-3-24, soit dans l'IEC 60332-3-25, ou dans les deux, en fonction des dimensions extérieures du câble.

#### **6.5.18 Méthode d'essai de tenue au feu**

À l'étude.

#### **6.5.19 Émission de gaz halogénés**

La méthode de mesure de dégagement des gaz halogénés est spécifiée dans l'IEC 60754-2.

#### **6.5.20 Émission de fumées**

La méthode de mesure de la quantité de fumées émises est spécifiée dans l'IEC 61034 (toutes les parties).

#### **6.5.21 Émission de gaz toxiques**

À l'étude.

#### **6.5.22 Méthode intégrée d'essai au feu pour les câbles dans les espaces de traitement d'air**

La méthode d'essai combinant propagation de la flamme et émission de fumées pour les câbles dans les espaces de traitement d'air est décrite dans l'IEC 62012-1:2002, Annexe A.

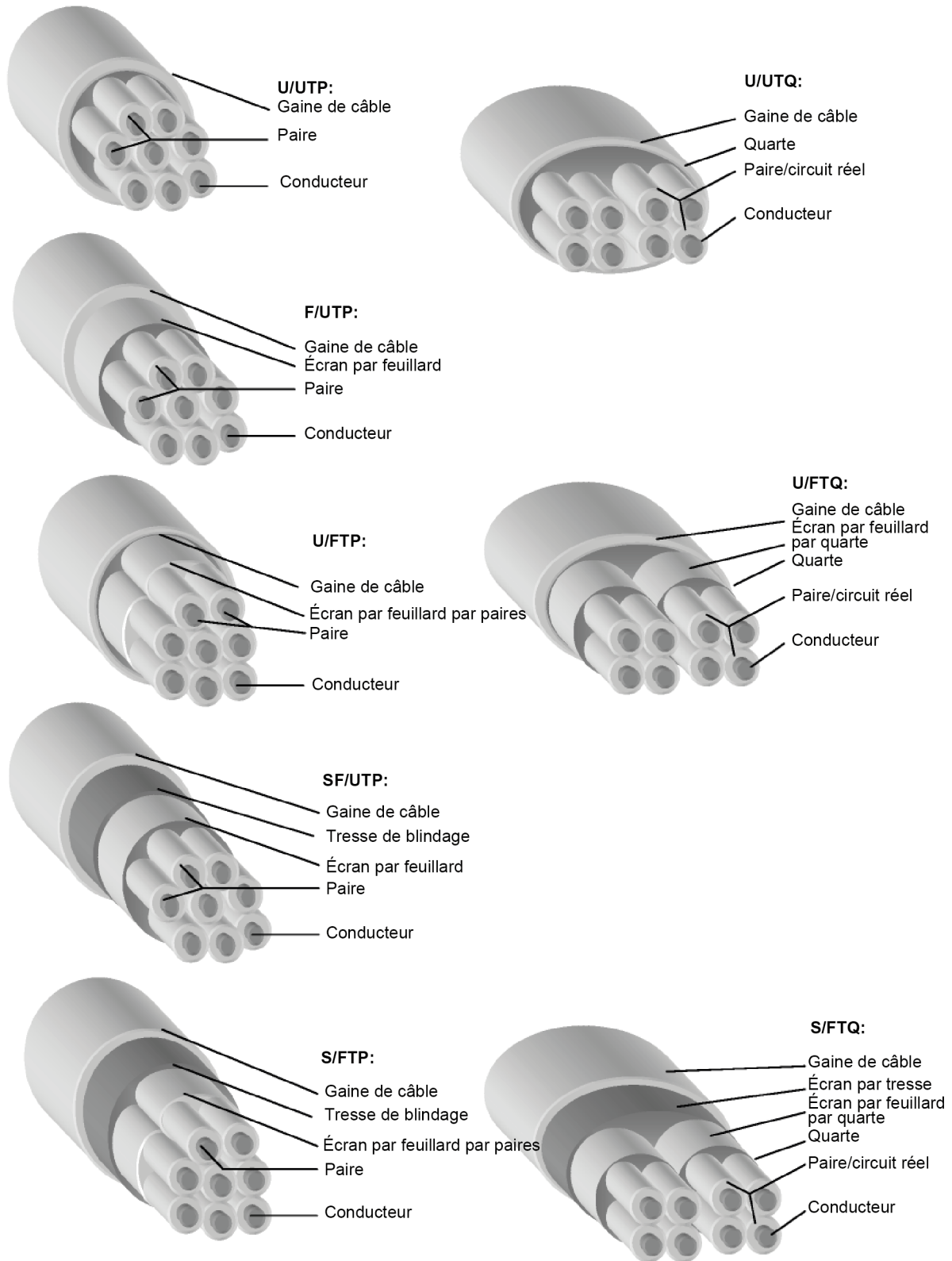
## Annexe A (informative)

### Acronymes pour les constructions de câbles courantes

La structure de l'acronyme pour le nom du câble est définie dans le Tableau A.1. La Figure A.1 donne quelques exemples courants de construction de câbles.

**Tableau A.1 – Acronymes pour les constructions de câbles**

Acronyme		
XX / ABB		
XX – Avec écran général	A – Avec écran d'élément de câble	BB – Type d'élément de câble
U – Sans écran F – Avec écran par feuillard  S – Avec écran par tresse SF – Avec écran par feuillard et tresse	U – Sans écran  F – Avec écran par feuillard	TP – Paire torsadée  TQ – A quatre conducteurs torsadés



IEC

Figure A.1 – Exemples courants de construction de câbles

## Bibliographie

IEC 60050-195, *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV) – Partie 195: Mise à la terre et protection contre les chocs électriques*

IEC 60050-726, *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV) – Partie 726: Lignes de transmission et guides d'ondes*

IEC 60364-7-716<sup>2</sup>, *Installations électriques à basse tension – Partie 7-716: Exigences pour les installations et emplacements spéciaux – Distribution de l'alimentation en courant continu sur l'infrastructure de câbles des technologies de l'information*

IEC 61156-1-4, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1-4: Assessment of conductor heating in bundled cables due to the deployment of remote powering* (disponible en anglais seulement)

IEC TR 61156-1-6, *Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications – Part 1-6: Nominal DC-resistance values of floor-wiring and work-area cables for digital communications* (disponible en anglais seulement)

IEC TR 62152, *Transmission properties of cascaded two-ports or quadripols – Background of terms and definitions* (disponible en anglais seulement)

IEC 62153-4-7:2021, *Méthodes d'essai des câbles métalliques et autres composants passifs – Partie 4-7: Compatibilité électromagnétique (CEM) – Méthode d'essai pour mesurer l'impédance de transfert,  $Z_T$ , et l'affaiblissement d'écrantage,  $a_S$ , ou l'affaiblissement de couplage,  $a_C$ , des connecteurs et des cordons – Méthode triaxiale en tubes concentriques*

ISO/IEC 11801 (toutes les parties), *Technologies de l'information – Câblage générique des locaux d'utilisateurs*

ISO/IEC 11801-4:2017, *Information technology – Generic cabling for customer premises – Part 4: Single-tenant homes* (disponible en anglais seulement)

ISO/IEC/IEEE 8802-3, *Télécommunications et échange entre systèmes informatiques – Exigences pour les réseaux locaux et métropolitains – Partie 3: Norme pour Ethernet*

Recommandation UIT-T G.117:1996, *Dissymétrie par rapport à la terre du point de vue de la transmission*

Recommandation UIT-T O.9:1999, *Montages pour la mesure du degré de dissymétrie par rapport à la terre*

---

<sup>2</sup> En cours d'établissement. Stade au moment de la publication: IEC CDV 60364-7-716:2022.





INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)